설비공학 분야의 최근 연구 동향 : 2011년 학회지 논문에 대한 종합적 고찰

한 화 택[†], 이 대 영^{*}, 김 서 영^{*}, 최 종 민^{**}, 백 용 규^{***}, 김 수 민^{****}

국민대학교 기계시스템공학부, ^{*}한국과학기술연구원, ^{**}국립한밭대학교 기계공학과,

^{***}서일대학 건축과, ^{****}숭실대학교 건축학부

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

Hwataik Han[†], Dae-Young Lee^{*}, Seo Young Kim^{*}, Jong Min Choi^{**},
Yong-Kyoo Paik^{***}, Sumin Kim^{****}

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

^{}Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea*

^{**}Department of Mechanical Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

^{***}Department of Architect, Seoil College, Seoul 131-208, Korea

^{****}School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

ABSTRACT: This article reviews the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering during 2011. 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) Research trends of thermal and fluid engineering have been surveyed as groups of fluid machinery and fluid flow, thermodynamic cycle, and new and renewable energy. Various topics were presented in the field of fluid machinery and fluid flow. Research issues mainly focused on the rankine cycle in the field of thermodynamic cycle. In the new and renewable energy area, researches were presented on geothermal energy, fuel cell, biogas, reformer, solar water heating system, and methane hydration.

(2) Research works on heat transfer area have been reviewed in the categories of heat transfer characteristics, pool boiling and condensing heat transfer, nanofluids and industrial heat exchangers. Researches on heat transfer characteristics included heat transfer above liquid helium surface in a cryostat, methane hydrate formation, heat and mass transfer in a liquid desiccant dehumidifier, thermoelectric air-cooling system, heat transfer in multiple slot impinging jet, and heat transfer enhancement by protrusion-in-dimples. In the area of pool boiling and condensing heat transfer, researches on pool boiling of water in low-fin and turbo-B surfaces, pool boiling of R245a, convective boiling two-phase flow in trapezoidal microchannels, condensing of FC-72 on pin-finned surfaces, and natural circulation vertical evaporator were actively performed. In the area of nanofluids, thermal characteristics of heat pipes using water-based MWCNT nanofluids and the thermal conductivity and viscosity were measured. In the area of industrial heat exchangers, researches on fin-tube heat exchangers for waste gas heat recovery and Chevron type plate heat exchanger were implemented.

(3) Refrigeration systems with alternative refrigerants such as CO₂, hydrocarbons, and mixed refrigerants were studied. Heating performance improvement of heat pump systems were tried applying supplementary components such as a refrigerant heater or a solar collector. The effects of frost growth were studied on the operation characteristic of refrigeration systems and the energy performance of various defrost methods were evaluated. The current situation of the domestic cold storage facilities was analyzed and the future demand was predicted.

(4) In building mechanical system fields, a variety of studies were conducted to achieve effective consumption of heat and maximize efficiency of heat in buildings. Various researches were performed to maximize performance of mechanical devices and optimize the operation of HVAC systems.

(5) In the fields of architectural environment and energy, diverse purposes of studies were conducted such as indoor environment, building energy, and renewable energy. In particular, renewable energy and building energy-related researches have mainly been studied as reflecting the global interests. In addition, various researches have been performed for reducing cooling load in a building using spot exhaust air, natural ventilation and energy efficiency systems.

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 pipe(히트파이프), Phase change(상변화), Alternative refrigerants(대체냉매), Heating(난방), Ventilation(환기), Indoor air quality(실내공기질), Thermal comfort(온열쾌적성), Load analysis(부하계산)

1. 서 론

본 논문은 2011년도 한 해 동안 설비공학 논문집에 발표된 논문을 분석하여 설비공학 분야의 최근 연구동향을 파악하기 위한 것이다. 주제에 따라 열유동 분야, 열전달 및 열교환기 분야, 냉동 분야, 건축기계 설비 분야, 건축환경 및 에너지 분야로 분류하고, 각 분야를 다시 세 분류로 나누어 고찰하였다. 논문집에 게재된 109편의 논문에 대한 평가와 리뷰를 통하여 설비 분야의 전반적인 연구 동향을 파악함으로써 앞으로의 연구 방향을 설정하는데 유익한 정보가 될 것으로 기대한다.

2. 열유동

2.1 개관

열유동 분야 연구는 크게 유체기계 및 유체유동,

열역학적 사이클, 신재생에너지 분야로 분류될 수 있으며, 각 세부분야에서 다양한 주제의 연구가 수행되었다.

2.2 유체기계 및 유체유동

Oh et al.⁽⁴⁾은 전자기 저항을 사용하는 열공압 마이크로 펌프에 대하여 Hartmann 수에 따른 수치적 연구를 수행하였다. Hartmann 수가 5일 때 전자기 저항을 갖는 열공압형 마이크로 펌프와 디퓨저/노즐을 갖는 열공압형 펌프와의 성능을 비교 분석하였다.

Jeon et al.⁽⁴⁶⁾은 급기구 유입각도에 따른 실내 환기효율 검토에 대한 연구를 수행하였다. 해석적 연구결과로부터 디퓨저가 배기효율을 저하시킬 수 있으며, 실내에 적절한 유동장이 형성될 때 배기효율이 증가한다는 결과를 얻었다.

Choi et al.⁽⁹³⁾은 에어컨 실외기의 송풍 시스템인 프로펠러 팬에 대한 유동분석과 토출그릴에 대한 연구를 수행하였다. 프로펠러 팬 끝전에서의 후류와 토출그릴과의 간섭소음 최소화 방안을 제시하였으며, 토출그릴의 유동 저항 최소화를 위한 설계 자료를 도출하였다.

† Corresponding author

Tel.: +82-2-910-4687; fax: +82-2-910-4839

E-mail address: hhan@kookmin.ac.kr

Lee and Jo⁽³⁾는 마이크로 T자관에서 2상 환상류 유동분배 특성에 관한 연구를 수행하였다. 마이크로 T자관에서 분기관으로의 낮은 분기비에 대해 액체의 분기가 낮게 나타났는데, 이는 액막에 작용하는 원심력 및 표면장력에 의한 출구관으로의 직진 운동 때문인 것으로 분석하였다. 높은 분기비 조건에서는 액체의 분기가 높게 나타났으며, 이는 액막에 작용하는 구심력과 표면장력에 의한 액막의 막힘 현상에 기인한 것으로 분석되었다.

Kim et al.⁽¹⁴⁾은 채널 바닥부분에 액적을 형성시킨 후 바닥면이 이동될 때 액적의 접촉각과 바닥면의 속도 및 액적의 크기에 따른 액적의 거동 특성을 조사하였다. 바닥면의 속도가 작은 경우에는 액적이 초기형상을 유지하고, 액적의 크기가 크면 액적이 분리되거나, 바닥면에서 이동함을 관찰하였다.

Hong et al.⁽¹⁸⁾은 간극이 있는 채널에서의 맥동유동 발생과 이에 따른 열전달 향상에 관한 수치해석적 연구를 수행하였다. 간극이 좁을수록 주파수는 높게 나타나고, 열전달은 간극이 넓어질수록 향상된다는 연구결과를 얻었다.

Yoon and Sung.⁽⁴⁸⁾은 스테레오 PIV 기법을 이용하여 원형 개수로 유동의 3차원 속도분포 측정 및 속도분포 함수를 구하였다. 또한, 속도분포 함수를 미분하여 벽마찰계수를 구하였다.

Kim et al.⁽⁶¹⁾은 배관에서 국부감속 현상 분석에 대한 실험 및 수치해석적 연구를 수행하였다. Kim et al.⁽⁸⁶⁾은 Smooth 실린더, Wavy 실린더, Torsional 실린더 형상에 대한 실린더 주위의 강제대류 열전달 특성에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다.

Kim et al.⁽¹⁰⁹⁾은 다양한 접촉각을 갖는 평평한 바닥면과 사격형 및 원형의 팁 사이에 존재하는 물 메니스커스의 형상 특성에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해 팁의 형상과 속도, 바닥면의 접촉각과 팁의 접촉각 변화에 대한 물 메니스커스 동적거동 특성을 분석하였다.

2.3 열역학 사이클

Kim⁽³⁰⁾은 암모니아-물 작동유체의 부분증발 유동시에 재생 랭킨사이클의 성능을 분석하였다. 열원공기의 질량유량에 대한 작동유체의 질량유량비는 암모니아 질량분율에 따라 증가한다는 결과를 얻었다. 또한, 열원공기 단위질량당 비동력이나 열효율은 암모니아 분율에 따라 증가하지만 터빈입구압력

에 대해서는 최대값을 갖는다는 결과를 얻었다.

Park et al.⁽⁸⁵⁾은 급액가열기와 재생기 적용 ORC에 대한 열역학적 사이클 성능을 해석하였다. 작동유체 변화에 따른 사이클 효율에 대한 분석을 수행하였다. 급액가열기 적용 ORC 사이클은 사이클 효율을 최대화하기 위한 최적의 증발압력과 응축압력이 존재함을 밝혔다.

Baik et al.⁽⁷¹⁾은 100°C의 열원과 20°C의 열침사이에서 작동하는 열기관의 이론 최대출력을 연소-카르노 사이클 모델을 이용하여 해석하였다.

Kim and Kim⁽⁴¹⁾은 내연기관으로부터 배출되는 배기가스의 배열을 회수하기 위한 스팀 랭킨 사이클에서 스팀의 열에너지를 유효동력으로 전환시킬 수 있는 사판식 팽창기에 대한 개념설계를 제시하고 이에 대한 성능 해석에 관한 연구를 수행하였다. 입구압력과 온도에 따른 팽창기 출력과 효율을 분석하였으며, 배기가스 폐열량 변화에 따른 팽창기와 랭킨 사이클 효율 변화를 고찰하였다.

Shin et al.⁽¹⁰⁰⁾은 스크롤팽창기를 이용하는 ORC 시스템의 출력 및 열효율 특성에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 이를 통해 스크롤팽창기를 ORC 시스템에 적용 가능성을 밝혔으며, 운전변수에 따른 스크롤팽창기의 성능과 ORC 사이클 특성에 대한 분석을 수행하였다.

Yu et al.⁽¹⁰⁵⁾은 엔진냉각수 폐열을 회수하여 유용한 축동력으로 전환하기 위한 연구를 수행하였으며, 이를 통해 에탄올 랭킨사이클에 적용하기 위한 스크롤팽창기를 설계하고 성능을 분석하였다.

Kim⁽¹⁰⁶⁾은 로터리 제습기의 열역학적 해석 모델을 개발하기 위해 2차원 과도에너지 및 질량보존방정식에 기반한 동적 수치해석모델을 개발하고, 지배방정식을 단순화하기 위한 1차원 선형연립방정식을 제시하였다.

2.4 신재생에너지

Lim et al.⁽¹³⁾은 지중열교환기 길이, 그라우팅 재료, 스페이서 설치 유무 등이 지중열교환기의 유효열전도도 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 현장 열응답 시험을 통하여 지중열교환기 길이 증가와 그라우팅 재료의 열전도도 증가 및 스페이서 설치에 따라 지중 유효 열전도도가 증가한다는 결과를 얻었다.

Chang and Kang⁽⁷²⁾은 이산화탄소 자연냉매를 사용한 지열 히트펌프의 운전변수에 따른 냉난방 성

능 특성에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 이를 통해 냉매충전량과 EEV 개도 및 압축기 주파수 변화에 따른 지열 히트펌프의 성능 특성을 제시하였다.

Park et al.⁽²³⁾은 PEM 연료전지의 저온시동시의 문제점인 미세 다공질층 내 수분동결 거동 분석을 위하여 GDL 표면상의 액적에 대한 냉각 동결 실험을 수행하였다. 실험결과로부터 PTFE 코팅의 유무에 관계없이 액적의 양이 증가함에 따라 액적의 평균과냉도는 감소하고, GDL의 PTFE 코팅을 증가에 따라 액적의 평균과냉도는 증가한다는 결과를 얻었다. 또한, 반복 냉각 실험을 통하여 GDL표면에서의 PTFE 코팅의 박리가 발생하여, 이로 인해 접촉각과 과냉도가 감소함을 확인하였다.

Kim et al.⁽³⁷⁾은 바이오가스로부터 고순도 CH₄를 회수하여 발전용 연료전지의 연료로 공급하기 위한 4탑 6단계의 PSA 공정에 대한 실험적 연구를 진행하였다. 공정의 주기가 반복됨에 따라 제품가스의 순도와 회수율 및 압력과 온도의 변화가 일정하게 유지되는 결과를 얻었다. P/F비의 증가는 세정단계에서 버려지는 제품 가스의 양을 증가시켜 회수율에 큰 영향을 미친다는 결과를 얻었다. 또한, 주기시간의 증가는 제품가스의 회수율을 증가시키지만, 순도는 낮아진다는 결과를 얻었다.

Kim et al.⁽⁴³⁾은 자연순환형 태양열온수기의 옥외배관 동파를 해결하기 위해 배관집합 온수트레이싱법을 제안하였다. 또한, 실증실험을 수행하여 가열온수관으로부터 수도관으로 적절한 열전달이 이루어지며, 기존의 전열선 트레이싱법에 비하여 전력량 저감효과가 있음을 밝혔다.

Kim et al.⁽⁵⁰⁾은 개질기 내부에 대한 화학반응과 유동 및 열전달에 대한 수치코드를 개발하였다. 수치코드에서 각 반응의 반응율, 각 기체의 전환율 및 출구에서의 조성비에 따른 개질기의 성능을 분석하였다.

Park et al.⁽⁹⁹⁾은 THF와 산화탄소나노 유체를 이용한 하이드레이트 생성에 관한 실험적 연구를 수행하여, 다양한 운전조건에서의 하이드레이트 생성 영역과 생성에 소모되는 가스의 양 등에 대한 특성을 고찰하였다.

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, 나노유체의 특성 및 탄소나노튜브 히트파이프 특성에 관한 연구, 그리고 각종 산업용 열교환기 효율 향상에 관한 연구가 수행되었다.

3.2 열전달 일반

극저온용기 액체헬륨 표면 상부에서 저온 용기벽의 전도열전달, 헬륨기체 전도열전달 및 전류도입선 열전달의 상호 연결성을 고려한 열전달해석이 Choi et al.⁽²⁰⁾에 의해 수행되었다.

천연가스 고체수송 및 저장을 위하여 제올라이트 혼합유체와 메탄가스를 반응시켜 하이드레이트를 생성시키는 연구가 Park et al.⁽³⁴⁾에 의해 수행되었으며, 제올라이트를 첨가한 경우 하이드레이트에 포획되는 메탄가스의 양은 동일한 과냉도에서 최대 4.5배까지 증가함을 보고하였다.

Chang and Lee⁽⁴⁰⁾은 확장표면을 가진 평판형 액체식 제습기에서 제습과정을 해석하여 확장표면의 간격에 따라 확장표면이 없는 경우에 비해서 제습 성능을 두배 이상 증가시킬 수 있음을 보였다.

공랭식 열전달 모듈 냉각시스템의 성능에 대한 연구가 Karng et al.⁽⁵⁵⁾에 의해서 수행되었으며, 흡열량이 최대가 되는 최적입력전압은 열저항이 증가함에 따라 낮아지는 경향을 보고하였다.

다양한 노즐 수 변화에 따른 충돌제트의 열전달 특성에 관한 수치적 연구가 Kim et al.⁽⁹⁷⁾에 의해 수행되었으며, 다중 충돌제트는 노즐수의 증가에 따라 낮은 레이놀즈수에서도 비정상 상태의 구간이 존재함이 보고되었다.

돌출부를 포함한 딥플표면을 가진 냉각유로에서의 유동과 열전달 성능향상에 관한 수치적 연구가 Kim et al.⁽¹⁰⁴⁾에 의해 수행되었다. 딥플의 재순환영역을 감소시켜 압력손실을 감소시키고 열전달을 향상시키기 위한 다양한 형상에 대한 연구결과가 보고되었다.

3.3 비등 및 응축

26 fpi 낮은 핀 표면과 Turbo-B 열전달 촉진 표면에서 임계 열유속까지의 물의 풀 비등 열전달계수의 측정이 Lee et al.⁽²⁶⁾에 의해 수행되었다. Lee and Jung⁽²⁴⁾는 동일한 열전달 촉진표면에서 R32,

R22, R134a, R152a, R245fa를 이용하여 임계 열유속 근방까지 핵 비등 열전달실험을 수행하였다. 평활관과 26 fpi 낮은 핀관에서 R22, R123, R134a, R245fa 냉매의 풀비등의 연구가 Park et al.⁽²⁸⁾에 의해 수행되었다.

사다리꼴 미세유로내 R113 냉매의 대류비등 2상 유동하에서 압력강하 특성과 열전달 특성에 관한 연구가 Kim and Kim^(12, 92)에 의해 수행되었다. 미세유로의 2상 마찰 압력강하는 출구의 건도가 증가할 때 급격히 증가하며, 대류비등 열전달계수는 열역학 평형 건도의 증가에 따라 감소함을 보고하였다.

Karnig and Kim⁽⁶³⁾은 FC-72로 충전된 소형용기 내에서 다양한 사각기둥형 응축표면에서의 응축특성을 살펴보고았다.

Cha et al.⁽⁷⁶⁾은 소형 자연순환 수직형 증발기내의 비등열전달에 대한 해석과 모형실험을 수행하였다.

3.4 나노유체

Park et al.⁽⁷⁾은 다중벽 탄소나노튜브가 첨가된 나노유체의 점도와 열전도도를 측정하였다.

Ha et al.⁽⁶⁷⁾은 그루브 벽을 가지는 히트파이프에 물-기반 MWCNT 나노유체를 적용하여 히트파이프의 열성능 특성을 실험적으로 연구하였다. MWCNT의 나노유체의 부피비가 0.5%일 때, 기본 유체와 비교하여 유효 열전도도는 최대 29% 상승하고, 열저항은 35.2% 감소함을 보고하였다.

3.5 산업용 열교환기

폐열회수형 핀-튜브 열교환기 성능에 관한 수치모사 연구가 Nam et al.⁽¹⁶⁾에 의해 수행되었으며, 실험결과와 비교하여 압력손실은 최대 13%, 전열량은 최대 2% 범위에서 예측가능함을 보고하였다. Maeng et al.⁽⁸⁰⁾은 핀 형상에 따른 폐열회수용 핀-튜브 열교환기의 성능실험과 수치해석을 수행하였으며, 전열량 및 압력감소가 고려된 전열성능은 Twist 및 Wavy 핀이 Plain 핀에 비해 우수함을 보고하였다.

Bae et al.⁽⁶⁸⁾은 판형열교환기의 쉘브론 각도, 쉘브론 굴곡 길이, 쉘브론 굴곡높이를 변화시키면서 성능예측 상관식을 적용하여 판형 열교환기의 성능을 비교 해석하였다. 쉘브론 굴곡의 높이가 증가함에 따라 압력강하는 약 5% 감소하고, 흡수식 냉동기의 용액열교환기 조건에서 압력강하를 고려한 성

능은 쉘브론 각도 50°일때와 굴곡의 높이 1.2 mm 일 때 최적의 성능을 보임을 보고하였다.

4. 냉동

4.1 개관

이산화탄소를 비롯한 자연냉매와 혼합냉매 등 대체냉매를 적용한 시스템의 압축기, 열교환기, 오일 영향 등에 대한 연구가 진행되었다. 난방 및 급탕 성능 향상에 대한 연구와 냉동 냉장 설비에서의 제상, 에어커튼 등 구체적이고 실용적 연구가 수행되었으며, 냉각기 정밀제어, 고장진단 등에 대한 연구도 진행되었다.

4.2 대체냉매

Lee and Kang⁽¹⁰⁾은 CO₂용 로터리 압축기에서 압축기의 흡입온도와 운전주파수에 따른 오일/냉매 혼합물의 밀도 변화와 오일순환량을 측정하고, 이를 토대로 압축기의 오일토출량 변화를 예측할 수 있는 상관식을 제시하였다. Lee et al.⁽³²⁾은 CO₂ 열펌프용 핀-관형 공랭식 가스냉각기에서 오일농도 변화가 열전달량과 압력강하에 미치는 영향을 실험하였다. Kang and Cho⁽⁶⁴⁾는 이젝터를 적용한 CO₂ 냉매사이클의 성능해석을 수행하여 기본 사이클에 비하여 용량과 성능계수 측면에서 이점이 있음을 분석하였다. Kim et al.⁽⁷⁰⁾은 CO₂ 냉매용 트윈 로터리 압축기의 흡입 포트 형상 설계에 활용하기 위하여 압축기 흡입과정에서 발생하는 압력 맥동 현상을 모사할 수 있는 모델을 개발하였다. Song et al.⁽⁶⁵⁾ 자연냉매인 R600a를 적용한 냉장고에서 단일유로 멀티사이클과 바이패스유로 멀티사이클의 성능을 비교 실험하였다. Lee et al.⁽⁸⁹⁾은 차량용 에어컨의 냉매로 R1234yf를 적용할 경우에 대한 가변 사판식 냉매 압축기의 성능해석을 수행하여, 기존의 R134a를 적용하는 경우와 비교하였다.

4.3 난방/급탕

Sohn et al.⁽³⁶⁾은 CO₂ 급탕 열펌프의 압축기 회전수, 팽창밸브 개도, 급수유량 등 각 운전변수에 대한 성능특성을 실험하였다. Lee et al.⁽⁷³⁾은 -20°C 이하의 실외조건에서도 대형 상업용 건물에서 주난방 기

구로 사용 가능하도록 증발기부분에 냉매 가열기를 추가한 VRF형 멀티 열펌프 시스템을 구성하고 그 성능특성을 시험하였다. Kim and Cho⁽⁸⁷⁾는 태양열 시스템을 접목한 주거용 하이브리드 CO₂ 열펌프 시스템에 대하여 사이클 성능해석을 통하여 열펌프 작동온도, 실외온도, 일사량 변화에 시스템의 성능특성을 고찰하였다. Kim et al.⁽¹⁰²⁾은 혼합냉매의 혼합비율이 열펌프 성능에 미치는 영향을 고찰하기 위하여, R410A 냉매에서 R32의 조성이 상하로 5% 간격으로 10%까지 변화하는 경우의 냉난방 특성을 실험하였다.

4.4 냉동/냉장

Lee et al.⁽⁶⁾은 가정용 냉장고 적용을 목적으로 핫가스 바이패스 제상방식과 전기히터 제상방식을 혼합한 하이브리드 제상방식을 핀-관 열교환기가 장착된 냉장고에 적용하여 제상성능을 평가하였다. Sung⁽¹¹⁾은 개방형 냉동 전시케이스에서 냉각공기 토출구의 에어커튼 효과를 위한 토출공기의 제트 조건과 배열수의 영향을 수치해석하고 에너지 성능을 비교하였다. Kim et al.⁽⁹⁴⁾은 냉동탑차의 증발기 착상이 냉장시스템 성능변화에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다. Cha et al.⁽¹⁾은 CPU 수냉식 냉각에 적용하기 위한 평판관형 루버핀 열교환기와 핀관형 열교환기의 냉각성능을 비교 평가하였다. Won⁽³³⁾은 차량용 에어컨의 팽창장치로 적용되고 있는 블록식 온도감응 팽창밸브의 질량유량 상관식을 개발하였다. Son and Oh^(53, 75)는 식품 유통에서 품질 보존, 선도 유지, 수급 조절 등에서 그 중요도가 날로 커지고 있는 냉동냉방시설의 현황 및 향후 수요예측에 대한 분석을 수행하고 장기적인 발전 방향을 제시하였다.

4.5 제어

Seo et al.⁽⁵⁾은 GHP의 압축기 용량 제어와 고장검출 및 진단 등에 활용하기 위하여 각 실내기의 실시간 부하를 추정하는 알고리즘을 개발하였다. Jeong et al.⁽¹⁵⁾은 공작기계의 정밀온도 제어를 위하여 핫가스 바이패스 방식을 적용한 오일쿨러의 제어기 설계를 연구하였다. 또한 Jeong and Kim⁽¹⁰¹⁾은 정밀온도 제어뿐만 아니라 입력 에너지까지 최소화할 수 있는 압축기 가변속 제어 방식의 최적제어기 설계법을 제안하였으며, 실험을 통하여 타당성을 평가하였다.

5. 건축기계설비

5.1 개관

건축기계설비 분야에 관련된 논문은 냉난방 시스템, 공조설비, 환기 및 청소설비, 에너지 자원화 및 기타설비로 분류할 수 있다.

건축기계설비 분야에서는 다양하고 전문성이 강조된 연구들이 진행되었으며 성능향상에 국한된 연구보다는 현장 적용성 및 타 분야의 핵심기술과 융합될 수 있는 기술에 관한 연구가 상당부분 이루어졌다.

5.2 냉난방 시스템

Chang et al.⁽²⁾은 외기온도와 습도 변화에 따른 전열교환기와 재생 증발식 냉방기의 냉방성능을 비교하였으며, 사무소 용도의 표준건물에 전열교환기와 재생 증발식 냉방기를 적용한 경우의 냉방부하 저감효과를 비교하였다. Jeong et al.⁽³⁹⁾은 2단 열교환방식 열교환 설비의 운전해석을 통해 난방열교환기를 통과한 증온수가 급탕에 미치는 영향을 확인하고, 지역난방을 효율적으로 운영할 수 있도록 하는 부하 분배의 적정성을 고찰하였다. Byun et al.⁽⁴⁴⁾은 집단에너지 공동주택의 열공급 시스템에서 공급수 유량과 공급수 온도를 제어하는 열공급 최적제어 알고리즘을 개발하였다. Sohn et al.⁽⁵¹⁾은 특정 단독주택에 적용된 지열 히트펌프 시스템을 대상으로 분석기간을 달리하여 냉난방 성능을 분석하였다. Kim⁽⁵⁴⁾은 저온열원을 활용하고 암모니아-물 혼합물을 작동유체로 하는 흡수발전 및 냉동 복합 사이클의 열역학적 특성을 해석하였다. Oh et al.⁽⁹⁸⁾은 실별 1개 라인의 서로 다른 길이로 난방코일을 시공하였을 때 난방능력 평가를 위한 유량차이와 소음 및 유량과다 예방을 위한 순환펌프의 스텝제어에 따른 유량차이를 연구하였다.

5.3 공조설비

Kim et al.⁽¹⁹⁾은 루프팬 입상덕트 시스템을 적용한 초고층 공동주택에 대하여 욕실팬 및 루트팬의 성능곡선을 이용하여 시스템 전체의 유동현상을 고찰하였다. Sohn et al.⁽⁴⁷⁾은 수평형 지중열교환기의 불포화혼합물의 열확산계수를 산정하고, 단일탐침법

으로 측정한 열전도도값 및 de Vries 상관식을 적용하였다. Lee et al.⁽⁵²⁾은 공기 대 물방식의 공기열원 히트펌프 개발 및 기초설계 자료로 활용하고자 히트펌프의 난방능력 및 COP를 실험을 통하여 획득하였다. Han et al.⁽⁵⁷⁾은 보일러 공급수의 온도와 유량을 적절하게 제어할 수 있는 공급수 알고리즘을 개발하고, 알고리즘의 강인성을 확인하였다. Kim et al.⁽⁶⁰⁾은 히트펌프 칠러의 과부하 및 착·제상 운전조건에서 난방성능을 실험적으로 조사하였다. Kim et al.⁽⁷⁸⁾은 현재 VRF 시스템에 적용 가능한 단순 쾌적평가 지수를 제안하고, 실내 사무실 환경에서 재실자의 열적 쾌적성 향상을 위한 자동화 된 제어논리를 개발하고자 하였다. 또한 연구를 통해 도출한 단순 쾌적지수를 활용하여 사무실 환경에서 실내 재실자의 쾌적도 향상을 위한 VRF 시스템의 자동제어논리를 개발하였다. Shin et al.⁽⁹⁰⁾은 회사 자체에서 개발중인 GHP의 냉난방모드 시험 데이터 분석을 통해 도출한 이상검출 알고리즘을 검증하였다.

5.4 환기 및 청소설비

Ha et al.⁽¹⁷⁾은 진공청소기용 멀티사이클론을 개발하였고, 1차 사이클론의 다공성 필터의 형상에 따른 성능평가 및 2차 사이클론의 입구와 출구의 형상에 따른 성능평가를 수행하여 최적의 설계조건을 도출하였다. Park et al.⁽⁶⁶⁾은 격리병동에서의 과학적이고 체계적인 환자관리 및 격리병동확충에 따른 국가지정 격리병상 시설기준에 문제점이 없는지를 살펴보고, 연구대상 시설이 기준에 적합한지를 설계검증(DQ)하였다.

Hwang⁽¹⁰³⁾은 조사 후 시험시설 중 하나인 핫셀이 고준위 핵물질에서 생성되는 방사성 부유분진 등을 내포하는 시설로 여러 오염물질들이 작업자의 피폭과 시설 내외부로 오염시킬 우려가 있어, 이러한 사고를 방지하기 위하여 필요한 고효율 포집장치를 개발하였다.

5.5 에너지자원화

Kim et al.⁽²²⁾은 제주특별자치도를 대상으로 폐자원 발생 및 처리현황을 분석한 후 에너지화 대상 폐자원을 선정하는 등 환경에너지 종합타운 조성방안을 수립하고자 하였다.

Lee et al.⁽³⁵⁾은 국내가정을 월평균 전력사용량에

따라 분류하고, 각 종류가정의 대표전력부하 프로파일을 제시하였으며, 확률적 접근은 다양한 모습을 전력부하 프로파일을 예측하도록 하였다.

5.6 기타설비

Kang et al.⁽⁸⁾은 자연대류환경에 있는 수평관에 대하여 표면복사특성이 단열재 표면 온도제어 목적으로 단열두께에 미치는 영향을 고찰하여 단열설계에 대한 합리적 방안을 제시하였다.

Park et al.⁽⁵⁹⁾은 앞으로 기계설비분야의 역할과 중요성을 인식시키고 향후 개편될 생산체제에서 기계설비분야의 사업영역 정착을 위한 방안을 제시하였다. Oh et al.⁽⁷⁹⁾은 롤러를 적용한 셀 가이드 동역학적 시뮬레이션과 상사 모델을 이용한 실험을 통해 두 모델을 비교 검증하는 방법으로 연구하고, 향후 적재 유도 시스템 개발 시 적용 가능성과 동역학적 평가 시뮬레이션 모델을 제시하였다. Shim et al.⁽⁹⁵⁾은 대학교육과 산업체 실무를 연계하여 수 십년간 이어온 반복적인 비효율과 낭비를 없애, 대학 졸업 후 현장에 바로 투입 가능한 대학교육으로 개선을 위한 문제점 및 해결 방안을 모색하고자 하였다.

6. 건축환경 및 에너지

6.1 개관

건축환경 및 에너지 분야에서는 다양한 연구가 이루어졌다. 크게 나누어 보면 건물 에너지에 대한 연구가 한층 심화되어 연구가 진행되었으며, 실내환경 분야에서는 실내 재실자의 온열쾌적, 빛 환경 쾌적감에 대한 다양한 연구가 진행되었다. 또한, 신재생에너지에 대한 꾸준한 관심을 반영하듯 신재생에너지의 효율에 관한 연구가 진행되었으며, 세척벨트 급수장치 설치에 따른 경제적 효과 분석 및 대규모 실내경기장의 방재계획 등 건축물의 다양한 부문이 연구되었다.

6.2 실내 환경(온열, 빛, 실내공기질)

실내환경 분야에서는 자연환기, 공조방식, 환기장치 변화 등에 따른 환기성능 및 온도분포를 CFD를 이용하여 분석하는 연구들이 진행되었으며, 주거환경의 변화를 반영하듯 초고층 주거건물에서 굴

뚝효과와 영향으로 변화되는 환기성능 역시 평가되었다. 또한, 실내공간 유해물질인 SVOCs 방출량을 측정하기 위한 다양한 시험방법들이 소개되었으며, 공조방식 및 냉방방식에 따른 재실자의 온열 쾌적감이 분석되었고, 조광제어 시스템의 제어효과를 분석하여 에너지 저감과 더불어 효과적인 조망환경 유지 및 최적의 작업환경 구현을 위한 다양한 방안들이 제시되었다.

Kim et al.⁽¹⁰⁷⁾은 초고층 주거건물에서 굴뚝효과와 외풍영향에 인한 실내 환기방식에 따른 성능을 CFD를 이용하여 예측하고, 이를 통해 환기성능을 검토하고자 하였으며, 자연 환기 및 강제 환기가 혼합된 하이브리드 환기를 고려하는 등 굴뚝효과가 환기에 미치는 영향을 다각적으로 분석하였다.

Chang et al.⁽²⁷⁾은 새로 개발된 창문에 설치하는 창호형 환기장치를 대상으로 실내 기류분포, 온도분포, 환기효율에 대해 CFD 시뮬레이션을 실시하여 그 성능을 검토하였으며, 85 m²형의 국민주택 규모 아파트를 대상으로 해석하였다.

또한 Nam et al.⁽²⁹⁾은 자연환기와 복사냉방을 병용하는 하이브리드 공조를 포함한 몇 가지 공조시스템을 대상으로 복사 열전달 모델을 접목한 CFD 시뮬레이션을 통해 각각의 공조시스템에 의해 형성되는 온도분포 특성, 그에 따른 인체 온열감의 분포일성에 대해서 검토하고자 하였으며, 전형적인 오피스 실내공간을 모델링하여 해석하였다. 연구결과 복사패널과 공기식 공조방식을 병용한 방식에서 일체모델 평균 열적쾌적성이 가장 우수한 것으로 확인되었으나, 인체모델 부위별 열적 불균일성이 다소 높아져, 추가적인 연구의 필요성을 설명하고 방향성을 제시하였다.

Seo⁽⁴⁹⁾는 SVOCs 방출량을 측정하기 위한 여러 가지 시험법을 소개하고, 각 시험법의 개요 설명과 함께 특징, 장단점을 고찰하였다. 또한, 향후 각 시험법의 일반적, 표준적 시험법으로서의 가능성을 검토하였다.

Oh et al.⁽⁷⁷⁾은 실내공간의 조명기구 수량 증가에 따른 전기사용량 증가 및 실내 냉방 부하가 증가되는 문제점에 초점을 맞추어, 여름철 조명기구의 냉방부하 저감을 위한 연구를 진행하였다. 여름철 조명기기에서 발생하는 열을 국소배기를 통하여 발열 부하를 제거하기 위한 실험을 진행하였으며, 계절별 조명기기 발열의 처리방안을 제시하였다.

Kim et al.⁽³¹⁾은 전면이 유리로 마감되어 있는 소

규모 사무실공간을 대상으로 센서 조건에 따른 조광제어 시스템의 제어효과를 분석하여 조명 에너지 절약가능성을 검토하였으며, 다양한 천공조건으로 현장실험을 진행하여, 이를 근거로 조명기기의 출력량을 산정하고 분석하였다.

Kang et al.⁽³⁸⁾은 소규모 사무실공간을 대상으로 물리적인 조도 기준 이외 정성적인 인자가 반영된 효과적인 조명환경의 유지를 위하여, 조명기기에 적용된 램프에서 발생하는 스펙트럼의 변화에 따른 조명환경의 변화가 재실자의 시각적인 반응에 미치는 영향을 검증하고자 하였으며, 형광램프의 스펙트럼 구성변화에 따른 색온도 조건에서 재실자의 시각적인 반응을 분석하여 효과적인 조명환경 유지를 위한 색온도 및 조도에 관한 기초자료를 제시하였다.

Cha et al.⁽²⁵⁾은 광기여 필름 LED 조명과 간접조명을 혼용한 시스템을 구축하여, 주관평가를 통한 시환경 기준 검증 후 실제 공동주택에 적용을 통한 시공성 평가를 함께 수행하여 전반적인 조명환경 구축을 검증하고자 하였으며, 목업 실험과 현장 시공을 통해 최적의 조명환경 구축을 위한 다양한 방안을 제시하였다.

Moon⁽⁵⁶⁾은 건물 열환경 조절의 현재 일반적으로 사용되고 있는 온도 기준 제어법과 새로이 도입되고 있는 습도, PMV, TS를 기준으로 한 제어법의 비교를 통해 (1) 각 목적 요소간 상관관계 분석, (2) 쾌적 측면에서의 열 환경 분석, (3) 에너지 효율 분석 등을 진행하여, 이를 바탕으로 보다 적합한 열환경 제어 방법을 제시하였다.

Kang et al.⁽⁷⁴⁾은 공동주택 냉방시스템에 대한 체계적인 결정방법 수립으로 입주자 및 시공자의 만족도를 향상시킬 수 있는 최적 냉방 시스템을 제안하기 위하여 전문가집단(설계전문가 30명, 시공전문가 30명)을 대상으로 공동주택의 냉방시스템 선정시 고려해야할 항목에 대한 설문조사를 실시하여 평가항목 및 가중치를 결정하였으며, 정량화된 평가를 실시하여, 다기준 의사결정 분석(Multi-Criteria Decision Making Analysis)에 의한 종합적인 공동주택 냉방시스템 평가를 실시하였다.

6.3 건물에너지

건물에너지 분야에서는 상업 및 교육시설 등 다양한 건물을 대상으로 해당 건물에서 소비되는 에너지의 실측 및 시뮬레이션을 통한 예측값을 토대

로 최적의 시설 설비 및 사용방법, 적용방안을 분석하였으며, 이들 연구에 뒤를 이을 추후 연구들에 대한 요구를 통해 계속적이며, 다각적인 연구들이 진행되었다.

Bae et al.⁽⁴⁵⁾은 대형마트를 대상으로 고효율 조명의 적용과 냉방 시스템의 시설 개선을 통해 TRNSYS 시뮬레이션 프로그램을 이용한 개선 전후의 전력 및 가스의 사용량을 평가하여 개선효과를 확인하였다. 이에 따라 해당 연구에서는 건축설계에서부터 고효율 장비 및 자재 사용과 에너지 사용 최적화를 통한 전체 에너지 사용 절감 효과를 도출해 냈으며, 신재생 에너지를 접목하여 제로 에너지 대형매장 개발에 관련된 연구 방향을 제시하였다.

Park et al.⁽⁸¹⁾은 서울 소재의 대학교를 대상으로 냉난방 시스템에 따른 가스와 전력의 사용량 변화 추이를 분석하였다. 혹한기, 혹서기 등 계절적 변화와 연도별 에너지별 사용량 추이를 분석하였으며, 계속적으로 변화되고 있는 시스템 및 에너지별 소비량을 비교분석하였다.

Moon⁽⁸³⁾은 강화된 건물외피 단열기준을 지역별로 나누어 이에 따른 열취득 및 손실량을 파악하였다. 국내의 사향을 미국의 경우와 비교분석 하였으며, 국내의 적용현황에 따른 냉난방에너지 감소효과를 지역 세분화를 통해 분석하였다. 해당 연구를 토대로 공동주택 등에 대한 새로운 기준 효과 및 경제성 분석등의 심도 있는 추후 연구가 진행될 필요성이 있음을 촉구하였다.

Moon⁽⁹⁶⁾은 미국의 한랭기후 및 고온다습 기후의 단독주택을 중심으로 냉난방에너지 소비에 대한 환기량의 영향을 파악하였다. 본 연구를 통해 환기량의 증가는 한랭지역의 난방에너지, 고온다습기후지역의 냉방에너지 증가에 중요한 영향을 미치며, 이러한 연구결과를 바탕으로 추후 적정 환기량 산정 시 실내 공기 질 뿐 아니라 에너지 측면을 고려한 종합적 접근이 필요성을 강조하였다.

Jung⁽¹⁰⁸⁾은 사무소 슬래브 축냉을 위해 실내발열의 확률적 성분 모델화에 전력소비량을 활용하였다. 전력소비량은 조명과 콘센트 부하를 포함하며, 양적인 측면에서 인체발열의 확률적 성상에 대한 검토를 통해 이들 내부발열 요소들을 종합적으로 반영한 슬래브 축열의 확률적 최적제어에 대한 차후 연구가 필요할 것이라 판단하였다.

Yoon et al.⁽⁹¹⁾은 공조설비를 이용하지 않고, 자연 상태에서 실내에 필요한 최소환기량을 얻으며, 넓은 면적에서 환기가 이루어지고 대상지역에서 요구

되는 단열성능을 지니며, 내부결로에 의한 해를 발생시키지 않고 쾌적한 실내기후 형성에 도움을 주는 부재를 개발하기 위해 일본의 BAM과 유사한 개념의 한국형 패시브환기 외피(Passive Ventilation Skin; PVS)를 개발하여, 공동주택의 일부 외피에 적용하는 것을 목표로 연구를 진행하였다. 이를 위하여 대량생산이 가능한 다공 알루미늄판을 활용한 외피유닛을 제작하였으며, 다공 알루미늄판의 개구율과 개구 지름에 따른 통기성능, 열성능 변화를 검토하였다.

6.4 신재생에너지

신재생에너지 분야에서는 지열, 태양열, 풍력을 이용한 다각적인 추가 에너지 생산 설비에 대한 연구를 진행하였으며, 설비의 성능향상 및 개선을 위해 다양한 변수를 대상으로 그 영향력 및 성능향상성을 평가하였다.

Nam⁽⁴²⁾은 지열공조 시스템에서 토양 및 지하수가 시스템의 성능에 미치는 영향을 수치해석을 통해 분석하였다. 이에 따라 토양의 열전도율, 지하수의 흐름, 지질 종류의 영향 및 온도조건에 따른 히트펌프의 성능 산출을 통해 지중 채열량 및 시스템 성능에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

Cho et al.⁽⁶²⁾은 최대 일사량 확보를 위해 기간별로 집열 경사각에 따른 효율을 분석하였다. 이에 따라 TRNSYS를 통한 시뮬레이션을 병행하였으며, 이를 통해 계절에 따른 경사각 변경이 필요한지에 대한 분석을 토대로 매년 집열 경사각을 변경하는 것이 무의미 하다는 결과를 도출해 냈다.

Chung et al.⁽⁶⁹⁾은 축소-확대 유로에 적용한 횡류형 수직 풍력발전 시스템의 개발에 관련된 연구를 진행하였다. 풍력타워의 형상을 통해 가용 풍력에너지의 크기를 유체동역학의 운동방정식을 이용해 예측한 후, 설계한 모델 풍력발전 시스템의 외기조건 변화에 따른 가용 풍력에너지의 크기를 판단하였다. 이에 따라 횡류형 수직 풍력발전 시스템의 에너지 효율성을 판단할 수 있었으며 또한 터빈설계의 4가지 주요 변수연구를 통해 개발 목표인 2 MWh급 풍력발전 시스템의 형상 규모를 예측 할 수 있었다.

6.5 기타

앞서 본 논문에서 살펴본 실내환경, 신재생에너지, 건물에너지 분야 이외에 실내 및 실외에서 나타날 수 있는 다양한 현상에 대한 검토 및 시험방법

등 여러 연구가 건축환경 분야에서 진행되고 있다.

Park et al.⁽⁹⁾은 각기 다른 조명환경이 적용된 미술관에서 관람자가 감지하는 시각적 반응 및 피로도를 분석하여, 관람시 피로도를 최소화 할 수 있는 조명환경 조성에 필요한 기초자료를 제공하였다. 또한, 이를 위하여 서울시에 위치한 3개의 미술관에서 현장실험 및 설문조사가 실시되었다.

Seo et al.⁽²¹⁾은 실제 공동주택의 지하주차장을 대상으로 자연환기 시스템을 설계하고, 현장상황을 고려하여 아이템 적용범위 및 수량을 정하였다. 또한 지하주차장의 환기성능 평가를 위한 시뮬레이션은 CONTAMW를 이용하여 비교적 외기조건이 불리한 여름철과 겨울철에 대한 자연환기 성능, 실내 공기질 개선효과 등을 검토하였다.

Kim et al.⁽⁸²⁾은 건물 외기 해석을 하기 위하여 SST k- ω 난류 모델을 이용하였으며, 세 건물이 인접한 십자형 건물에서의 유동을 분석하고, 가장 문제시되는 80층 외벽에서의 압력 데이터를 산출하여 내부 유동 해석을 위한 경계 조건을 설정하여 연구하였다.

Park et al.⁽⁸⁴⁾은 기존 건물에 사용 중에 있는 양변기의 플러시 밸브와 대소변 구분형 절수밸브의 용수 사용량을 비교함으로써 비용 절감 효과를 확인하는 연구를 수행하였다.

Choi et al.⁽⁸⁸⁾은 최근 계획된 실내 스포츠시설의 방재계획에서 최근 실시되는 '화재의 성능 위주설계' 검증방법을 적용하여 관객들의 피난대피의 안전성에 대하여 검토하였다. 또한 향후 실내경기장의 방재계획에서 고려해야 할 사항과 검토방법을 제시하였다.

7. 결 론

2010년 설비공학 논문집에 발표된 논문을 열유동, 열전달, 냉동, 건축설비, 건축환경 등 5개 분야로 분류하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 열유동 일반 분야에서는 다양한 내용의 연구가 수행되었다. 유체기계 및 유체유동분야에서는 분야에서는 마이크로펌프, 디퓨저, 프로펠러 팬 및 다양한 유동장에 대한 유동 특성 분석에 관한 연구가 진행되었다. 열역학적 사이클 분야에서는 주로 랭킨 사이클의 해석과 최적화에 관한 연구가 수행되었다. 신재생에너지 분야에서는 지열, 연료전지, 바이오가스 등의 시스템 해석과 공정에 관한 연구가 진행되었다.

(2) 열전달 일반분야에서는 극저온용기내의 열전

달 특성, 메탄하이드레이트 생성, 액체식 제습기 열물질전달, 열전모듈 냉각 시스템 성능, 충돌제트 열전달, 딥플표면의 열전달 성능향상 등의 연구가 수행되었다. 비등 및 응축열전달 분야에서는 열전달 촉진 표면에서 물의 풀비등, R245fa의 풀비등, 사다리꼴 미세유로의 대류비등, FC-72의 응축, 자연순환 수직형 증발기 해석 등의 연구가 활발하게 수행되었다. 나노유체 분야에서는 탄소나노튜브 히트파이프의 열적특성, 다중벽 탄소나노튜브 나노유체의 특성 연구가 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 폐열회수용 핀-튜브 열교환기, 셰브론 형태 판형 열교환기 연구가 수행되었다.

(3) 냉동분야에서는 이산화탄소를 적용한 시스템의 압축기, 열교환기, 오일 영향 등에 대한 연구가 진행되었으며, 자연냉매인 R660a, 신냉매인 R1234yf에 대한 연구도 발표되었다. 난방 및 급탕 성능 향상을 위하여 냉매 가열기나 태양열 시스템과 복합하는 방안이 연구되었으며, 냉동 냉장 설비에서의 제상, 에어커튼 등 구체적이고 실용적 연구가 수행되었다. 냉각기 정밀제어, 고장진단 등에 대한 연구도 진행되었다.

(4) 기계설비분야에서는 건축물에서의 효과적인 열소비 및 열효율화의 극대화를 위한 다양한 냉난방 시스템에 대한 분석이 이루어졌으며, 공조 시스템의 최적 운전을 위한 여러 가지 요소 기술 및 기기 성적의 최대화를 위한 연구가 적극적으로 진행되었다.

(5) 건축환경 분야에서는 기본적인 실내 재실자의 쾌적성과 관련된 연구가 진행되었으며, 이에 더해 쾌적성을 유지하면서 최대의 효율 및 경제성을 확보할 수 있는 기술 및 사례과약 등 에너지 소모량 절감과 관련된 연구가 진행되었다. 신재생에너지 분야에서는 기존 설비가 보유하고 있는 성능에 대한 개선, 혹은 실제 건축물에 적용 시 최대의 효율성을 확보하기 위한 개선책들로 지열, 태양열, 풍력이 제시되고 있다. 특히 온열환경이나 열쾌적성 이외에도 실내공기질 및 설비효율평가에서도 CFD, TRNSYS 등을 이용해 현상과악과 효율에 따른 변화량을 예측함으로써 현상에서의 문제점을 정확히 지적하고, 차후의 지향점을 명확히 제시하고 있다. 이 외에도 여러 분야를 아울러 총체적인 에너지 평가를 확인하는 연구 또한 진행되었으며, 실생활에서 사용되어지는 양변기의 급수밸스 교체에 따른 수자원 소비량 절감 및 화재 방재 계획에 따른 안정성 검토 등 재실자의 실내생활과 관련된 융·복합적인 연구들이 수행되었다.

참고문헌

1. Cha, D. A., Kwon, O. K., and Yun, J. H., 2011, A study on heat transfer and fluid flow characteristics of radiator for computer CPU cooling, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 1-7.
2. Chang, Y. S. and Lee, D. Y., 2011, Performance simulation of a ventilation system adopting a regenerative evaporative cooler, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 8-15.
3. Lee, J. K. and Jo, S. I., 2011, Study on dividing two-phase annular flow in a horizontal micro T-junction, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 16-22.
4. Oh, S. H., Yong, J. K., and Kim, C. N., 2011, On the flow and pumping characteristics of a thermopneumatic micropump with electromagnetic resistance for electrically conducting fluids, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 23-31.
5. Seo, J. A., Shin, Y. G., Oh, S. J., Jeong, S. D., Ji, K. C., and Jeong, J. H., 2011, A study on estimating real-time thermal load during GHP operation in heating mode, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 32-37.
6. Lee, S. W., Park, Y. J., Kweon, L. E., Jeong, Y. M., and Lee, J. K., 2011, Performance evaluation of the hybrid defrost process in the fin-tube evaporators of refrigerators, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 38-46.
7. Park, S. S., Park, Y. C., and Kim, N. J., 2011, A comparative study on the characteristics of the MWCNTs and PVP added nanofluids, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 47-53.
8. Kang, B. H., Pi, C. H., and Kim, S. H., 2011, Surface temperature control of an insulated horizontal pipe under thermal radiation environment, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 54-60.
9. Park, Y. H. and Kim, S. Y., 2011, Influence of luminous environments on visual responses and fatigue sensation in art galleries, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 61-72.
10. Lee, I. S. and Kang, B. H., 2011, An Experimental study on correlation between oil discharge and various operating conditions of a CO₂ compressor, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 73-79.
11. Sung, S. K., 2011, Performance of refrigerated display cabinets in accordance with the supply air jet condition, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 80-86.
12. Kim, B. J. and Kim, G. I., 2011, Convective boiling two-phase flow in trapezoidal micro-channels : Part 1-pressure drop characteristics, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 1, pp. 87-94.
13. Lim, H. J., Kong, H. J., Kang, S. J., and Choi, J. H., 2011, The effects of the installation conditions of ground loop heat exchanger to the thermal conductivity and borehole resistance, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 95-102.
14. Kim, H. R., Yoon, H. S., Jeong, H. K., and Ha, M. Y., 2011, Study on characteristics of a droplet in two-dimensional channel with moving bottom wall, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 103-110.
15. Jeong, S. K., Byun, J. Y., Kim, S. H., and Yoon, J. I., 2011, Precise temperature control of oil coolers with hot-gas bypass manner for machine tools based on PI and feedforward control, Korean Journal of Air-Conditioning and

- Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 111-119.
16. Nam, M. H., Maeng, J. H., Koo, B. S., Jun, Y. D., and Lee, K. B., 2011, Numerical simulation of a fin-tube heat exchanger for waste gas heat recovery, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 120-125.
 17. Ha, G. H., Kim, E. D., Yang, B. S., and Ahn, Y. C., 2011, Optimal design of vacuum cleaner with a multi cyclone, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 126-131.
 18. Hong, S. H., Shin, J. K., and Choi, Y. D., 2011, Large eddy simulation of heat transfer performance enhancement due to unsteady flow in compound channels, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 132-138.
 19. Kim, Y. B., Kim, J. H., Sung, J. Y., and Lee, M. H., 2011, Ventilation performance according to outdoor and operating conditions of the vertical exhaust duct system in high riser public houses, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 139-146.
 20. Choi, Y. S., Kim, D. L., and Shin, D. W., 2011, Heat transfer above liquid helium surface in cryostat, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 147-152.
 21. Seo, J. M., Lee, J. H., Song, J. E., Jung, J. H., and Song, D. S., 2011, A strategies to improve the natural ventilation performance at underground parking lot in multi-residential buildings, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 153-163.
 22. Kim, Y. J., Lee, J. Y. and Kang, Y. T., 2011, Study on pertinence for environmental energy complex town construction, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 164-172.
 23. Park, C. W., Lee, D. G., Peck, J. H., and Kang, C. D., 2011, Freezing of micro-size water droplet on micro porous surface, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 173-178.
 24. Lee, Y. H. and Jung, D. S., 2011, Pool boiling heat transfer coefficients up to critical heat flux on low-fin and turbo-B surfaces, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 179-187.
 25. Cha, K. S. and Kim, H. S., 2011, Study of efficiency test and subjective responses about pendent task lighting system using phosphor luminescent film LED, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 188-193.
 26. Lee, Y. H., Gyu, K. D., and Jung, D. S., 2011, Pool boiling heat transfer coefficients of water up to critical heat flux on enhanced surfaces, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 194-200.
 27. Chang, H. J. and Kim, H. J., 2011, A study on ventilation characteristics made by thin line type ventilator in an apartment house, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 201-207.
 28. Park, K. J., Lee, Y. H., Lim, B. D., and Jung, D. S., 2011, Pool boiling heat transfer coefficient of R245fa on the plain tube and the low fin tube, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 208-215.
 29. Nam, Y. J., Sung, M. K., and Song, D. S., 2011, Study on non-uniform thermal comfort in hybrid air-conditioning system with CFD analysis, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 216-222.
 30. Kim, K. H., 2011, Study on regenerative ran-kine cycle with partial-boiling flow using ammonia-water mixture as working fluid, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 223-230.
 31. Kim, S. Y. and Lee, J. H., 2011, The influence

- of photosensor configurations on control performance of daylight dimming systems in a small private office, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 3, pp. 231-242.
32. Lee, J. G., Chang, Y. S., Kim, S. Y., and Kim, Y. C., 2011, An experimental study on oil effect of CO₂ in heat pump outdoor heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 243-250.
 33. Won, S. P., 2011, Modelling of an automotive block type thermostatic expansion valve, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 251-258.
 34. Park, S. S., An, E. J., Kim, D. J., Jeon, Y. H., and Kim, N. J., 2011, A study on the methane hydrate formation using natural zeolite, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 259-264.
 35. Lee, S. B., Cho, W. J., and Lee, K. S., 2011, Prediction of electrical load profile for use in simulating the performance of residential distributed generation systems, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 265-272.
 36. Sohn, D. J., Baek, C. H., Heo, J. H., Kang, H., and Kim, Y. C., 2011, Experimental study on the performance of a CO₂ heat pump water heater under various operating conditions, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 273-280.
 37. Kim, Y. J., Lee, J. G., Lee, J. Y., and Kang, Y. T., 2011, Experimental study on PSA process for high purity CH₄ recovery from biogas, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 281-286.
 38. Kang, M. H. and Kim, S. Y., 2011, Analysis on visual perception and mood for color of light in a small office, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 287-296.
 39. Jeong, D. H., Kim, J. W., Baik, Y. J., Lee, Y. S., and Chung, D. H., 2011, Distribution of hot tap water load for district heating substation with hot tap water 2-stage heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 297-302.
 40. Chang, Y. S. and Lee, D. Y., 2011, Modelling of the heat and mass transfer in a liquid desiccant dehumidifier with extended surface, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 4, pp. 303-312.
 41. Kim, H. J. and Kim, H. J., 2011, Design of a swash plate type of steam expander for waste heat recovery, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 313-320.
 42. Nam, Y. J., 2011, Numerical analysis for the effect of ground and ground water conditions on the performance of ground source heat pump systems, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 321-326.
 43. Kim, J. H., Hong, H. K., and Chung, J. D., 2011, Freeze protection for passive solar water heating system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 327-333.
 44. Byun, J. K., Lee, K. H., Choi, Y. D., and Shin, J. K., 2011, Study on the development of optimal heat supply control algorithm in group energy apartment building according to the variation of outdoor air temperature, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 334-341.
 45. Bae, C. H., Kim, Y. I., and Chung, K. S., 2011, Analysis of energy consumption and research on energy saving of lighting and cooling energy of a superstore, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 342-348.
 46. Jeon, H. J., Jang, Y. J., and Yang, K. S., 2011, Indoor ventilation efficiency depending on diffuser inlet angle, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol.

- 23, No. 5, pp. 349-355.
47. Sohn, B. G. and Choi, H. S., 2011, Thermal diffusivity evaluation of backfilling materials for horizontal ground heat exchanger using single-probe method, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 356-364.
48. Yoon, J. I. and Sung, J. Y., 2011, Measurements of velocity distribution function in circular open channel flows by stereoscopic PIV, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 365-374.
49. Seo, J. H., 2011, Consideration of measurement method for SVOCs emission rates, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 375-382.
50. Kim, S., Han, H. S., Kim, S. Y., and Hyun, J. M., 2011, Effect of boundary temperature distributions on the outlet gas composition of the cylindrical steam reformer, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 383-391.
51. Sohn, B. G., Choi, J. M., and Choi, H. S., 2011, Performance simulation of ground-coupled heat pump(GCHP) system for a detached house, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 392-399.
52. Lee, K. J., Kwon, Y. C., Chun, C. K., Park, S. J., Kwon, J. T., and Huh, C., 2011, Experimental study on heating performance characteristics of air source heat pump with air to water type, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 400-405.
53. Son, C. H. and Oh, H. K., 2011, Present situation and analysis of cold storage facilities for fisheries products, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 406-412.
54. Kim, K. H., 2011, Thermal analysis of a combined absorption cycle of cogeneration of power and cooling for use of low temperature source, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 413-420.
55. Karng, S. W., Shin, J. H., Han, H. S., and Kim, S. Y., 2011, A study on performance of thermoelectric air-cooling system in parallel flow, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 421-429.
56. Moon, J. W., 2011, Performance and applicability of PMV-based and TS-based building thermal controls, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 430-440.
57. Han, D. Y. and Yoo, B. K., 2011, The supply water algorithm for a condensing gas boiler control, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 441-448.
58. Han, H. T., Lee, D. Y., Choi, J. M., Kim, S. M., Kwon, Y. C., and Baik, Y. C., 2011, Recent progress in air-conditioning and refrigeration research : a review of papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 449-469.
59. Park, J. I. and Park, R., 2011, Improvement plan of mechanical system in construction industry production process, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 470-476.
60. Kim, J. S., Kwon, Y. C., Chun, C. K., Park, S. J., and Han, H. T., 2011, Experimental study on heating performance of heat pump chiller under overload, frost and defrost conditions, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering*, Vol. 23, No. 7, pp. 477-482.
61. Kim, K. H., Lee, S. K., Cho, Y. S., and Hwang, K. M., 2011, Identification between local wall thinning and turbulent velocity components by flow acceleration corrosion inside tee of pipe system, Vol. 23, No. 7, pp. 483-491.
62. Cho, Y. U., Kim, Y. I., and Chung, K. S., 2011,

- A study of collector slope angles for acquiring maximum solar radiation for various periods, Vol. 23, No. 7, pp. 492-497.
63. Karng, S. W. and Kim, S. Y., 2011, Condensing characteristics of pin-finned surfaces on pool boiling in FC-72, Vol. 23, No. 7, pp. 498-504.
 64. Kang, B. and Cho, H. H., 2011, Comparison of performance in CO₂ cooling system with an ejector for various operating conditions, Vol. 23, No. 7, pp. 505-512.
 65. Song, Y. S., Jung, H. W., Yoon, W. J., and Ki, Y. C., 2011, An experimental study on the performance characteristics of a single-circuit multi cycle and a bypass two-circuit multi cycle, Vol. 23, No. 7, pp. 513-519.
 66. Park, H. J., Jung, C. S., and Hong, J. K., 2011, A study on the design qualification of an isolation hospital according to circulation system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 7, pp. 520-527.
 67. Ha, H. J., Kong, Y. C., Do, K. H., and Jang, S. P., 2011, Experimental investigation on thermal characteristics of heat pipes using water-based MWCNT nanofluids, Vol. 23, No. 7, pp. 528-534.
 68. Bae, K. J., An, S. K., Cho, H. U., Nam, S. C., and Cho, H. H., 2011, Comparison of performance characteristics in the chevron type plate heat exchanger with performance correlation, Vol. 23, No. 8, pp. 535-542.
 69. Chung, S. H., Chung, K. W., and Kim, C. H., 2011, Development of a cross-flow type vertical wind power generation system for electric energy generation using convergent-divergent, Vol. 23, No. 8, pp. 543-548.
 70. Kim, W. Y., Ahn, J. M., Kim, H. J., and Cho, S. O., 2011, Gas pulsation analysis in a T-shaped suction passage of a CO₂ twin rotary compressor, Vol. 23, No. 8, pp. 549-555.
 71. Baik, Y. J., Kim, M. S., Chang, K. C., Lee, Y. S., and Ra, H. S., 2011, Power maximization of a heat engine between the heat source and sink with finite heat capacity rates, Vol. 23, No. 8, pp. 556-561.
 72. Chang, K. S. and Kang, H. J., 2011, An experimental study on the effects of operating variables on the cooling and heating performance of geothermal heat pump, Vol. 23, No. 8, pp. 562-570.
 73. Lee, S. H., Choi, S., Kim, B. S., Lee, B. S., Lee, J. K., and Lee, K. H., 2011, Heating performance evaluation of the VRF heat pump system with refrigerant heating cycle for the extreme cold region, Vol. 23, No. 8, pp. 571-579.
 74. Kang, B. M., Cho, J. H., Kim, Y. I., and Chung, K. S., 2011, Evaluation of apartment cooling system by multi-criteria decision making analysis, Vol. 23, No. 8, pp. 580-586.
 75. Son, C. H. and Oh, H. K., 2011, Study on demand prediction of cold storage facilities, Vol. 23, No. 9, pp. 587-594.
 76. Cha, S. J., Kim, N. H., and Ryu, J. S., 2011, Performance analysis and test of a small-scale natural circulation vertical evaporator, Vol. 23, No. 9, pp. 595-603.
 77. Oh, B. K., Chung, M. H., and Kim H. S., 2011, A study of exhaust air flow for cooling load reduction from interior lighting, Vol. 23, No. 9, pp. 604-609.
 78. Kim, J. M., Choi, J. B., Lee, S. W., Cho, D. H., Lee, P. H., and Kim, Y. J., 2011, Development of comfort control logic for VRF system in summer season by using 3 environment factors(temperature, humidity and air flow), Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 9, pp. 610-629.
 79. Oh, T. H., Park, J. H., Kim, K. H., and Son, K., 2011, Analysis of a roller guide container stacking system applicable to the mobile harbor, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 9, pp. 620-626.
 80. Maeng, J. H., Koo, B. S., Jun, Y. D., and Lee, K. B., 2011, Performance analysis of fin-tube heat exchangers with various fin shapes for

- waste gas heat recovery, Vol. 23, No. 9, pp. 627-632.
81. Park, K. H. and Kim, S. M., 2011, Analysis of energy consumption of buildings in the university, Vol. 23, No. 9, pp. 633-638.
 82. Kim, C. W., Yang, S. C., and Ahn, Y. C., 2011, A numerical analysis on the outside pressure distribution by outdoor wind effect in a high-rise residential building, Vol. 23, No. 10, pp. 639-645.
 83. Moon, J. W., 2011, Impact of reinforced standard for envelope insulation on the regional heating and cooling energy consumption, Vol. 23, No. 10, pp. 646-655.
 84. Park, K. H. and Kim, S. M., 2011, A study on economic benefits for water control device installed with a flush valve on a toilet, Vol. 23, No. 10, pp. 656-661.
 85. Park, C. Y., Hong, W. K., and Kim, J. M., 2011, Thermodynamic efficiencies of organic rankine cycles with a feed liquid heater or regenerator, Vol. 23, No. 10, pp. 662-669.
 86. Kim, M. H., Ha, M. Y., Yoon, H. S., and Lee, J. W., 2011, A numerical study on the effect of the cylinder shape modification on the forced convection around a circular cylinder, Vol. 23, No. 10, pp. 670-677.
 87. Kim, W. S. and Cho, H. H., 2011, Simulation study on the performance characteristics in the solar hybrid R744 heat pump for residential applications, Vol. 23, No. 10, pp. 678-686.
 88. Choi, Y. S., Kim, H. K., and Lee, K. I., 2011, A study on performance based evacuation plan for a large indoor-arena, Vol. 23, No. 10, pp. 687-698.
 89. Lee, T. J., Kim, K. B., Lee, S. W., and Lee, G. H., 2011, Development of performance analysis program and the study of substitution refrigerant R1234yf for vehicle refrigerant compressor, Vol. 23, No. 11, pp. 699-704.
 90. Shin, Y. G., Oh, S. J., and Jeong, J. H., 2011, A study on steady-state criterion based on COV and a fault detection method during GHP operation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 11, pp. 705-710.
 91. Yoon, S. H., Lee, T. C., and Kang, J. S., 2011, An experimental study on ventilation and thermal performance of passive ventilation building envelopes, Vol. 23, No. 11, pp. 711-717.
 92. Kim, B. J. and Kim G. I., 2011, Convective boiling two-phase flow in trapezoidal micro-channels : Part 2-heat transfer characteristics, Vol. 23, No. 11, pp. 718-725.
 93. Choi, S. H., Oh, S. K., Kim, H. J., Jin, G. H., Oh, S. Y., and Kim, B. S., 2011, A study on the optimization of discharge grille of outdoor unit of air conditioner, Vol. 23, No. 11, pp. 726-732.
 94. Kim, S. H., Myung, C. W., and Cho, H. H., 2011, Numerical study of performance variation under frost and non-frost condition of refrigerating system in the refrigerator truck, Vol. 23, No. 11, pp. 733-740.
 95. Shim, H. S., Kim, Y. I., and Chung, K. S., 2011, Improvement of university education to supply technical manpower for plant engineering industry in mechanical engineering field, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 11, pp. 741-746.
 96. Moon, J. W., 2011, Ventilation rate impact on heating and cooling energy consumption in residential buildings : concentrated on a detached house in, Vol. 23, No. 11, pp. 747-753.
 97. Kim, S. K., Ha, M. Y., and Son, C. M., 2011, A numerical study on the heat transfer characteristics of the multiple slot impinging jet, Vol. 23, No. 11, pp. 754-761.
 98. Oh, B. K. and Kim, H. S., 2011, A study of flow characteristics through the speed control and flow resistance, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 11, pp. 762-768.
 99. Park, S. S., An E. J., and Kim, N. J., 2011, A comparative study on the effect of THF and oxidized carbon nanotubes for methane hydrate formation, Vol. 23, No. 12, pp. 769-775.

100. Shin, D. G., Kim, Y. M., and Kim C. G., 2011, Operating characteristics of a scroll expander used in organic rankine cycle, Vol. 23, No. 12, pp. 776-781.
101. Jeong, S. K. and Kim S. H., 2011, Optimum controller design of a water cooler for machine tools based on the state space model, Vol. 23, No. 12, pp. 782-790.
102. Kim, W. J., Kang, D. G., Lee, Y. H., and Jung, D. S., 2011, Performance of HFC32/HFC125 mixtures for heat pumps, Vol. 23, No. 12, pp. 791-798.
103. Hwang, Y. H., 2011, Performance of the exhaust filtration system of hot cell at PIEF, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering, Vol. 23, No. 12, pp. 799-804.
104. Kim, J. E., Ha, M. Y., Yoon, H. S., and Doo, J. H., 2011, Numerical study on flow and heat transfer enhancement in a cooling passage with protrusion-in-dimples, Vol. 23, No. 12, pp. 805-814.
105. Yu, J. S., Kim, H. J., and Kim H. J., 2011, Design of a scroll expander for waste heat recovery from engine coolant, Vol. 23, No. 12, pp. 815-820.
106. Kim, D. S., Choi, Y. D., and Lee, D. Y., 2011, Development of a simple analytical model for desiccant wheels-I. approximate solution of the governing equations, Vol. 23, No. 12, pp. 821-827.
107. Kim, C. W., Lim, T. K., and Ahn Y. C., 2011, A numerical analysis on the indoor air ventilation by stack effect and outdoor wind in a high-rise residential building, Vol. 23, No. 12, pp. 828-835.
108. Jung, J. H., Modeling of stochastic properties of internal heat generation of an office building for slab cooling storage Vol. 23, No. 12, pp. 836-842.
109. Kim S. S., Son, S. W., Ha, M. Y., Yoon., H. S., and Kim, H. R., 2011, Study on a shape deformation of water meniscus for the rectangular and circular tips moving horizontally, Vol. 23, No. 12, pp. 843-851.