

설비공학 분야의 최근 연구 동향 : 2009년 학회지 논문에 대한 종합적 고찰

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

국민대학교 기계시스템공학부, ^{*}한국과학기술연구원, ^{**}국립한밭대학교 기계공학과,
^{***}서일대학 건축과, ^{****}선문대학교 기계공학과

Recent Progress in Air-Conditioning and Refrigeration Research : A Review of Papers Published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering in 2009

Hwataik Han[†], Dae-Young Lee^{*}, Seo Young Kim^{*}, Jong Min Choi^{**}, Yong Kyu Baik^{***},
Young-Chul Kwon^{****}

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*

*^{****}Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chung-nam 336-708, Korea*

ABSTRACT: This article reviews the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering during 2009. 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 general thermal and fluid flow, fluid machinery and piping, and new and renewable energy. Various topics were covered in the field of general thermal and fluid flow such as an expander, a capillary tube, the flow of micro-channel water blocks, the friction and anti-wear characteristics of nano oils with mixtures of refrigerant oils, etc. Research issues mainly focused on the design of micro-pumps and fans, the heat resistance reliability of axial smoke exhaust fans, and hood systems in the field of fluid machinery and piping. Studies on ground water sources were executed concerning two well type geothermal heat pumps and multi-heat pumps in the field of new and renewable energy.
- (2) Research works on heat transfer area have been reviewed in the categories of heat transfer characteristics and industrial heat exchangers. Researches on heat transfer characteristics included the heat transfer in thermoelectric cooling systems, refrigerants, evaporators, dryers, desiccant rotors. In the area of industrial heat exchangers, researches on high temperature ceramic heat exchangers, plate heat exchangers, frosting on fins of heat exchangers were performed.
- (3) In the field of refrigeration, papers were presented on alternative refrigerants, system improvements, and the utilization of various energy sources. Refrigeration systems with alternative refrigerants such as hydrocarbons, mixed refrigerants, and CO₂ were studied. Efforts to improve the performance of refrigeration systems were made applying various ideas of suction line heat exchangers, subcooling bypass lines and gas injection systems. Studies on heat pump systems

using unutilized energy sources such as river water, underground water, and waste heat were also reported.

(4) Research trend in the field of mechanical building facilities has been found to be mainly focused on field applications rather than performance improvements. In the area of cogeneration systems, papers on energy and economic analysis, LCC analysis and cost estimating were reported. Studies on ventilation and heat recovery systems introduced the effect on fire and smoke control, and energy reduction. Papers on district cooling and heating systems dealt with design capacity evaluation, application plan and field application. Also, the maintenance and management of building service equipments were presented for HVAC systems.

(5) In the field of architectural environment, various studies were carried to improve indoor air quality and to analyze the heat load characteristics of buildings by energy simulation. These studies helped to understand the physics related to building load characteristics and to improve the quality of architectural environment where human beings reside in.

Key words: Air conditioning(공기조화), Refrigeration(냉동), Fluid flow(유체유동), Heat transfer(열전달), Building facility(건축설비), Built environment(건축환경), Fluid machinery(유체기계), Piping(배관), 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 2009년도 한 해 동안 설비공학 논문집에 발표된 논문을 분석하여 설비공학 분야의 최근 연구동향을 파악하기 위한 것이다. 주제에 따라 열유동분야, 열전달분야, 냉동분야, 건축설비분야, 그리고 건축환경분야 등 5개 분야로 분류하고, 각 분야를 다시 세 분류로 나누어 고찰하였다. 논문집에 게재된 93편의 논문에 대한 평가와 리뷰를 통하여 설비분야의 전반적인 연구 동향을 파악함으로써 앞으로의 연구 방향을 설정하는데 유익한 정보가 될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 열유동

2.1 개 관

열유동 분야 연구는 크게 열유동 일반, 유체기계/배관, 신재생에너지 분야로 분류하여 고찰하였다. 열유동 일반 분야에서는 다양한 주제의 연구가 수행

되어 구체적 기술군을 분류하기가 어려웠다. 유체기계/배관분야에서는 마이크로펌프 설계와 팬의 성능 및 내열 신뢰성 확보와 환기 설비에 관한 연구가 진행되었다. 신재생에너지 분야에서는 지열 시스템에 관한 실증 연구 논문이 주로 발표되었다.

2.2 열유동 일반

열유동 분야에서는 다양한 연구가 개별적으로 진행되었으며, 주로 연구된 핵심 분야를 분류할 수 없었다.

Kim et al.⁽⁸⁾은 CO₂ 초임계 사이클에 적용할 로타리 베인 타입의 팽창기에 대한 개념을 소개하고, 기본 설계를 수행하여 팽창기 적용에 따른 사이클 효율 향상 방안을 제시하였다. Kim et al.⁽¹³⁾은 태양열을 열원으로 하는 스테링 엔진의 스크롤 팽창기와 스크롤 압축기의 적용 가능성에 대한 연구를 수행하였으며, 작동유체로 공기나 N₂보다도 CO₂를 적용할 경우 압축기와 팽창기의 소형화를 이룰 수 있다는 결과를 얻었다. 또한, 스크롤 압축기와 스크롤 팽창기를 적용한 스테링 엔진에 대한 기초 설계자료를 제시하였다.

Son et al.⁽¹⁹⁾은 단열 모세관에서의 유량 및 길이 예측 모델을 개발하였다. Seo et al.⁽²¹⁾은 국내 화력

† Corresponding author

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

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

발전소의 보일러를 대상으로 연소 열성능 해석 모델을 구축하고, 실제 운전 중인 탄종과 운전조건을 기준으로 보일러 내부의 연소 및 열유동특성에 대한 해석을 수행하였다. 화로내의 미분판 버너와 각종 공기 노즐의 수평, 수직 분사각도를 조절하여 최종 과열기의 증기 온도 편차가 저감 될 수 있다는 결론을 얻었다.

Choi et al.⁽⁵¹⁾은 미세채널 워터블록의 채널 내 유량 분배에 대하여 상용프로그램인 CFX-11을 이용하여 수치해석 및 실험적 검증을 수행하였으며, 수치해석 결과로부터 j -factor와 f -factor에 대한 상관식을 제시하였다.

Kim et al.⁽⁵²⁾은 정지상태에서 가속도를 가지고 움직이기 시작하는 원통형 컵 안에 있는 액체의 자유표면 거동 특성에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 액체의 자유 표면의 상승에 영향을 주는 변수에 대한 차원해석을 통해 무차원화하여 해석을 수행하였으며, 유체가 들어있는 컵을 빠르고 안전하게 이송시키는 운반 패턴의 설계에 관한 기초자료를 제시하였다.

Kim et al.⁽⁵³⁾은 압축기 출구에 물을 분사하는 제생 가스터빈 시스템의 성능을 해석하고, 물분사율과 열효율 및 압력비와 비출력에 대한 운전 특성을 분석하였다. Kim et al.⁽⁶⁴⁾은 원자력 발전소의 2차측의 고압터빈에서 추가되는 고온, 고압의 2상 증기로 인하여 급수가열기 내벽동체가 감속되는 현상을 유체유동 측면에서 수치해석 및 실험적 연구를 통하여 규명하고, 발전소 급수 가열기 추가노즐 주위의 동체 손상을 사전에 예방하기 위한 설계 자료를 제시하였다.

Kim et al.⁽⁷³⁾은 압축기에 주로 사용된 재질을 이용하여 시편을 제작하고 기존 오일에 Fullerene 나노입자를 첨가하였을 때의 윤활 특성을 기존 오일과 비교하였다. 압축기의 운전 영역을 모사한 실험조건에서 나노오일은 마찰 및 마모 저감 효과를 나타냈으므로, 압축기에 나노오일 적용 시 압축기의 주요 마모 부품의 신뢰성 및 내구성 증대를 이룰 수 있다는 결론을 얻었다.

2.3 유체기계/배관

유체기계/배관분야에서는 마이크로펌프 설계, 환기 장치, 팬 최적화와 고장 분석 및 유량 분배에 관한 연구가 진행되었다. Jung et al.⁽⁵⁾은 디퓨저/노즐

을 이용한 압전형 마이크로 펌프에서 다양한 교류 신호의 인가조건 및 기하학적 형상 등에 따른 펌프 특성을 분석하여 마이크로 펌프 설계를 위한 기초 데이터를 제공하였다.

Kwon and Ahn⁽¹⁴⁾은 초고층 공동주택에 설치될 화장실 배기용 입상덕트의 오염물질 배출현상과 차압센서를 이용하여 루프팬을 자동운전하는 제어시스템의 운전성능을 평가하였다. 루프팬이 정지된 경우 동시사용율을 고려하여 화장실 배기팬이 균일하게 동시 운전되는 경우 고층부에서 발생하는 기류 유동 저항에 의해 저층부화장실의 오염물질 배출능력 저하특성을 분석하여 강제구동 루프팬의 설치 필요성을 입증하고, 덕트 말단의 차압을 측정하여 루프팬이 자동운전되는 제어시스템에 대한 성능 실험을 통하여 제어 안정성을 확보하였다.

Yi et al.⁽³⁴⁾은 대형 구조물에 대한 아연도금 공장에서 운용중인 흙 제거에 관한 국소환기 설비의 흡입부 최적형상 설계에 관한 연구를 수행하여 덕트의 형상과 각도 및 리듀서의 효율적 설계 방안을 제시하였다.

Ryu et al.⁽⁷⁸⁾은 열펌프 실외기의 토출 유량을 증가시키기 위한 팬의 위치 및 shroud의 형상에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 유동분석을 통하여 shroud의 높이, 팬의 높이, 팬 가이드의 높이가 민감도가 큰 설계 인자로 선택하였으며, 민감도가 큰 설계 인자에 대한 최적화를 통하여 기존 모델 대비 6.25%의 실외기 토출 유량을 증대시켰다.

Hur et al.⁽⁸⁶⁾은 배연용 축류팬의 고장분석 및 내열 신뢰성 향상에 관한 연구를 수행하였다. 기존의 배연용 축류팬의 고장 메커니즘은 코어를 바다에 고정시키는 접착제의 용융, 코어와 코일 사이에 사용되는 절연지의 용융과 코일의 절연파괴로 분석하였으며, 바다와 코어의 결합방법, 절연지의 재질, 코일의 절연코팅재를 변경하여 축류팬의 내열 신뢰성 향상 결과를 얻었다.

Ye et al.⁽²³⁾은 불연속 모델을 이용하여 관계식을 유도하고, 수정 등압법을 이용하여 수치적 계산을 수행하여 매니폴드를 포함하는 다패스 시스템에 일반적으로 적용할 수 있는 단상 유량 분배 모델을 제시하였다. 개발된 모델을 기존의 실험 결과를 이용하여 검증하였으며, 모델 해석 결과를 이용하여 유량 불균일도에 대한 인자의 영향을 조사하였다.

2.4 신재생에너지

다양한 신재생에너지 중에서 지열 냉난방 시스템

에 관한 실증 연구 논문이 다수 발표되었다.

Choi et al.⁽³⁹⁾은 복수의 실내기과 가변속 압축기를 채용한 지열원 물대공기 멀티 히트펌프 시스템에 수직밀폐형 U-tube 방식과 이중관식 지중열교환기를 채용하여 냉방 실증 성능 평가에 관한 연구를 수행하였으며, 국내 처음 적용된 이중관식 지중열교환기 시스템이 단기적으로는 U-tube 지중열교환기와 대등한 성능을 나타내지만, 장기적인 국내 적용성 평가 및 신뢰성 검증이 필요하다는 결론을 얻었다.

Lim et al.⁽⁶²⁾은 복수정 방식의 지하수열원 열펌프 시스템의 국내 적용성을 검토하였다. 시스템 운전 에 따른 정적수위 변화와 여름철과 겨울철의 지하수 온도 변화 특성을 분석하였으며, 중·대형 건축물에 지하수 이용 열펌프 시스템 적용이 가능하다는 결론을 얻었다.

Choi et al.⁽⁶⁹⁾은 복수의 실내기과 가변속 압축기를 채용한 지열원 물대공기 멀티 히트펌프 시스템의 주요 일차별 난방 실증 성능을 분석하였다. 지열원 멀티 히트펌프 시스템은 공기열원 히트펌프 시스템 대비 -10°C 의 외기온도 조건에서 70% 이상의 우수한 난방 COP를 가지지만, 가변속 압축기를 채용한 지열원 멀티형 히트펌프 시스템을 적용하여 연간에너지 절감을 최대화하기 위해서는 압축기 용량 가변에 따른 지중 순환펌프의 효율적 운전 제어 알고리즘 개발이 필요하다는 결론을 얻었다.

3. 열전달 및 열교환기

3.1 개관

열전달 분야의 논문은 열전달 일반, 산업용 열교환기 분야로 논문을 세분류하여 연구동향을 분석하였다. 열전달 일반분야에서는 열전냉각 시스템에서의 냉각재킷 열전달 특성, 냉매의 열전달 특성, 제빙기와 슬러시 제조기 증발기 열전달 특성, 건조기의 운전 조건에 따른 건조 성능 분석, 제습로터의 최적 회전 속도를 예측할 수 있는 이론식 수립에 대한 연구가 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 고온용 세라믹 열교환기, 열교환기 핀의 성능 및 핀 착상거동, 판형 열교환기에 관한 연구가 활발하게 수행되었다.

3.2 열전달 일반

냉각재킷의 형상 및 냉각수 유량 변화에 따른 열

전냉각 시스템 성능 변화에 대한 연구가 Park et al.⁽²⁰⁾에 수행되었다. 실험결과 산업 현장에서 사용되고 있는 T형 냉각재킷보다 채널 수가 6개와 8개인 냉각재킷에서 냉각용량 및 COP가 약 12~23% 향상되었으며 열저항에 대해서도 약 11~32%까지 감소하였다. 이러한 냉각성능 증가 및 열저항 감소를 확인하기 위해 열화상 카메라를 사용하여 냉각재킷의 표면의 온도를 가시화하였으며 채널수가 증가할수록 표면온도분포가 균일해지는 것을 확인하였다.

냉매의 열전달 특성에 대한 연구로서, Shim et al.⁽²²⁾은 친환경 냉매인 R245fa를 사용하여 26 fpi 낮은 핀관과 Turbo-C 축진관 외부에서의 열전달계수를 측정하였다. 실험결과 R245fa의 열전달계수는 26 fpi 낮은 핀관 및 Turbo-C 축진관 모두에 대해 R123 냉매보다 높게 측정되었다. 또한 R245fa의 열전달 축진비의 경우 Turbo-C 축진관에서 R134a보다 더 높게 나타나 전체적으로 R123보다 더 우수한 열전달 성능을 보일 것으로 기대하였으며 향후 R123을 대체하는데 전혀 문제가 없을 것으로 판단된다고 보고하였다.

Choi et al.⁽⁶⁷⁾은 수평미세관의 내경에 따른 R-410A의 비등열전달 실험을 수행하였다. 실험결과 관내경이 작을수록, 냉매의 포화온도가 증가할수록, 그리고 열유속이 증가할수록 열전달 계수가 증가하였으며, 저건도 조건에서 관내경이 증가할수록 질량유속 증가에 따른 열전달 계수 증가폭이 뚜렷하였다. 실험결과를 종합한 결과 기존의 열전달 상관식과 $\pm 22\%$ 오차를 보이는 것을 확인하였으며 이를 바탕으로 미세관내 R-410A에 대한 열전달 상관식을 개발하였다.

Kim et al.⁽⁶⁶⁾은 CF4와 N2를 작동유체로 선정하여 각각의 조성을 변화시키면서 극저온 열사이펀의 파도상태 작동 특성을 분석하였다. 실험결과 혼합유체의 사용은 냉각시간의 단축이라는 측면에서 단일유체에 비해 큰 이점을 갖지 못하지만 열사이펀의 작동온도 범위가 확장된다고 보고하였다.

Cho and Kim⁽³²⁾은 이산화탄소/프로판 혼합냉매에 대해 5 mm 외경의 평활관과 마이크로 핀관 내에서의 증발 열전달 특성에 대한 실험을 수행하였다. 마이크로 핀관에 이산화탄소/프로판 혼합비를 75/25로 조성하여 적용한 경우 가장 높은 열전달 계수를 보였으며 수평관과 비교하여 약 120% 정도 향상되었다. 따라서 상기 혼합냉매를 이용한 열교환기 설계가 가능할 것이라고 보고하였다.

Kwon et al.⁽²⁸⁾은 5가지 종류의 흡수식 냉온수기 증발기용 전열관 성능을 실험적으로 평가하였다. 전체적으로 냉매의 질량유량이 증가함에 따라 열전달률과 압력강하가 증가하는 경향이 나타났으며, thermoexcel notch tube에서 총괄열전달계수 및 관외열전달계수 값이 가장 크게 측정되었다. 또한 thermoexcel notch tube는 관내부의 리브로 인해 압력강하가 증가하였으며 관마찰계수는 약 80% 이상 증가하였다.

Jung and Park⁽³⁸⁾은 원관과 타원관 형태의 제빙관에 대해 각종 인자들이 제빙량에 미치는 영향을 실험적으로 검증하였다. 실험결과 타원관이 원관에 비해 외표면적이 적음에도 열전달 계수가 크게 나타났으며, 브라인의 유속이 빠를수록, 물의 초기온도가 낮을수록 제빙량이 증가하였다.

Choi et al.⁽⁸⁴⁾은 소형 슬러시 제조기 증발기에서의 열전달계수를 측정하여 슬러시가 형성될 때의 전열 특성을 분석하였다. 측정된 단상 열전달 계수 값은 약 $520 \text{ W/m}^2\text{K}$ 정도이며 슬러시가 형성될 때 열전달 계수는 큰 폭으로 진동하였다. 이 때의 열전달 계수는 단상 열전달 계수보다 40~70% 크게 나타났으며 관벽온도가 높아지면 진동주기는 감소함을 보였다.

Lee et al.⁽¹⁾은 열펌프 건조기의 기본 설계를 위한 연구를 수행하였다. 냉매는 R134a를 사용하였으며 건조 모델은 건조효율을 이용하여 단순화시켰다. 건조 공기의 총 유량 및 열펌프 통과 유량, 그리고 송풍기 동력의 변화에 따른 건조 성능이 분석되었다.

Lee and Song⁽⁷⁵⁾은 제습 출구에서의 절대습도에 대한 이론해를 이용하여 제습로터 최적 회전주기에 대한 이론식을 제시하였다. 제시된 이론식은 유도과정에서의 선형화와 단순화에도 불구하고 기존 실험결과와 잘 일치한다고 보고하였으며, 설계 및 운전조건 변경에 따른 최적 회전주기의 변화를 예측하는 데에 유용하게 활용될 것으로 기대하였다.

3.3 산업용 열교환기

세라믹 열교환기에 대한 연구로는, 고온용 세라믹 열교환기에서의 전열특성을 분석하기 위해 Paeng and Yoon⁽³⁷⁾은 수치해석을 수행하였다. 수치해석 결과로 얻어진 세라믹 열교환기의 유용도를 여러 상관관계식들과 비교한 결과 최대 약 14.4%이 오차를 보였으며, 유체의 출구온도에 대해서는 Stephan의

Nusselt 수 상관관계식과 비교하여 공기측, 가스측에 대해 각각 1.15%와 0.44%의 오차를 보였다. 또한 유량 변화에 따른 압력손실은 공기측 27%, 가스측 29% 이하의 오차가 발생하였다고 보고하였다.

Paeng et al.⁽⁸⁰⁾은 상기 수행된 CFD 해석으로부터 온도 및 압력 분포를 하중조건으로 사용하고, 연성해석 방식을 이용하여 열용력 해석을 수행함으로써 세라믹 열교환기의 안전성을 검토하였다. 수치해석으로부터 세라믹 열교환기 헤더의 볼트 체결을 최소화하는 것이 열용력 감소에 유효함을 보였으며, 가스 측 유로의 폭을 변화시킴으로써 열용력을 감소시킬 수 있음을 보였다.

증발기 착상에 대한 연구로서, Kim et al.⁽¹¹⁾은 루버핀 2종과 corrugate 핀 1종에 대해 착상에 의한 성능변화 특성을 고찰하였다. 실험결과 루버핀 Type B는 전열면적이 가장 적음에도 corrugate 핀과 비교하여 0.85%의 열전달률 증가와 1.76%의 착상 감소를 보였다. 그러나 루버핀 형상에 따른 압력 강하량이 증가하여 실질적인 성능 향상 인자인 EF의 값이 0.2~0.4정도로 낮게 측정되었다.

An et al.⁽⁴⁹⁾은 불균일한 온도분포를 갖는 열교환기 핀에 대한 착상 실험을 수행하여 유동 방향과 유동에 수직한 방향에서의 착상 특성을 파악하였다. 실험결과 핀의 온도구배가 유동 방향에 비해 유동에 수직한 방향으로 크게 나타남으로서 서리층 두께 및 밀도 구배 또한 유동에 수직한 방향으로 큰 변화를 보인다고 보고하였다. 나아가 Kim and Lee⁽⁸²⁾는 불균일한 온도분포를 갖는 열교환기 핀에서의 착상 거동을 예측하기 위해 서리 물성치의 평균값을 이용하여 무차원 상관식을 유도하였으며, 유도된 상관식은 실험값과 비교하여 서리층 두께에 대해 최대 10.5%, 서리층 표면온도에 대해 최대 0.89°C 범위 내에서 잘 예측된다고 보고하였다.

열교환기 핀에 대한 연구로서, Joo et al.⁽⁴⁵⁾은 읍셋 스트립 핀에 대한 상관식을 얻기 위한 수치해석을 수행하였으며, 제안된 상관식은 기존 상관식과 비교하여 $\pm 20\%$ 내에서 잘 일치한다고 보고하였다. 또한 Prandtl 수에 따른 통합 열전달 상관식을 제안하고자 하였으나 모든 Prandtl 수에 따른 영향을 대표할 수 없어 개별 열전달 상관식을 제안하였다.

Lee et al.⁽⁸⁵⁾은 V형 원형핀-원형관 열교환기에 대해 V part length 및 유동 방향 핀 각도 변화에 따른 각각의 압력강하 및 열전달 특성을 수치해석으로 분석하였다. V형 원형핀은 단순 원형핀에 비해 열

전달 및 압력손실이 동시에 증가하였고, 이는 V형 원형핀은 원형핀 후류에서 공기의 유량을 증대시키고 와류를 하류로 이동시키는 효과에 의한 것으로 분석하였다.

판형 열교환기에 대한 연구로서, Kim et al.⁽⁴⁶⁾은 일반 판형 열교환기의 단일굴곡 판에 썬기각에 수직방향으로의 굴곡을 추가하여 판형 열교환기의 성능을 평가하였다. 풍동 실험 결과 이중굴곡 판형 열교환기는 단일굴곡보다 약 50% 정도의 열전달 향상과 30%의 압력 손실이 증가함을 보였다.

Kwon et al.⁽⁶³⁾은 지그재그 채널 PCHE의 열전달 및 압력 강하 특성을 수치해석적으로 평가하였다. 수치해석 결과 질량유량이 증가함에 따라 모든 각도에서 열전달률이 증가하였으며 각도가 작아짐에 따라 높은 압력강하를 보였다. Reynolds 수가 증가함에 따라 Nusselt 수는 증가하고 마찰계수는 감소하는 경향을 보였으며 j/f 비교에서 채널각도 160°에서 가장 높은 값이 나타났다. 또한 해석 결과를 바탕으로 Nusselt 수와 마찰계수 f 에 대한 상관식을 수립하였으며 Nusselt 수에 대해 -0.81~9.56%, 마찰계수에 대해 0.15~14.0% 이내에서 잘 일치한다고 보고하였다.

4. 냉 동

4.1 개관

탄화수소 및 혼합냉매, 이산화탄소 등 대체냉매를 적용한 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 냉동 및 냉방 시스템의 성능 향상과 관련한 실용적 연구가 수행되었다. 하천수, 지하수, 지열 등을 열원으로 활용한 열펌프 시스템의 시뮬레이션, 최적 제어, 실증시험 등 미활용에너지를 이용하기 위한 연구가 많이 발표되었다.

4.2 대체 냉매 사이클

Ahn et al.⁽²⁹⁾은 R600a(이소부탄)를 냉매로 적용한 멀티형 냉장고 시스템의 성능특성을 실험적으로 고찰하였으며, Park et al.⁽¹⁵⁾은 가정용 정수기 냉동 시스템에 기존 냉매 HFC134a 대신 R430A(R152a : R600a = 76 : 24)를 적용하여 성능시험을 실시하였다. Lee et al.⁽⁴⁸⁾은 CO₂ 급탕 열펌프의 성능특성을 실험적으로 분석하였으며, Lee et al.⁽³⁾은 수력직경 0.68

mm의 미세채널에서 CO₂의 증발 열전달에 오일 혼입이 미치는 영향을 실험하였다.

4.3 냉동사이클 성능향상

Ha et al.⁽⁴⁰⁾은 냉장고 가스켓 주위 열손실을 수치해석 및 실험적 방법으로 비교 평가하여 개선방향을 제시하였다. Park et al.⁽¹⁸⁾은 SLHX(Suction Line Heat eXchanger)가 가정용 냉장고 시스템의 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다. Kim et al.⁽⁴²⁾은 바이패스 유로 적용으로 인한 멀티사이클 냉동 시스템의 성능향상을 실험적으로 고찰하였다. Kwak and Bai⁽⁴³⁾는 증발기 입구 냉매의 일부를 이용하여 응축기 출구 냉매의 과냉각도를 증가시키는 SBT(Sub-cooling Bypass Technolgy)의 적용이 냉방 시스템에 미치는 영향을 실험하였다. Jeong et al.⁽⁵⁶⁾은 기액분리기를 적용한 가스인젝션 열펌프 시스템의 냉방성능을 기존 시스템과 비교 실험하였다.

Kang et al.⁽⁶⁸⁾은 항공정찰장비용 환경제어시스템으로의 적용을 목적으로 R-124 냉매를 적용한 냉각 시스템의 설계 및 제작을 진행하였다. Lee et al.⁽⁵⁷⁾은 7RT급 암모니아 흡수식 냉온수기의 여름철 냉방 운전 특성을 시험하였다.

4.4 미활용에너지 이용 열펌프 시스템

Park et al.^(44, 81)은 하천수를 열원으로 이용한 열펌프 시스템에 대하여 연구하였다. Park et al.⁽⁴⁴⁾은 하천수를 이용한 열펌프 시스템에서 난방을 위한 2단 압축 열펌프 시스템의 최적 중간압 제어에 대한 실험을 수행하여 최적 중간압이 응축기와 증발기 압력에 따라 달라짐을 보였다. Park et al.⁽⁸¹⁾은 하천수를 열원으로 이용한 열펌프 시스템을 모델링하여 열원 온도변화에 따른 시스템 성능을 시뮬레이션 하였으며, 일반 시스템대비 경제성 분석을 수행하였다.

Lim et al.⁽⁶²⁾은 50RT급 지하수 열원 복수정 시스템의 냉난방 실증시험을 실시하여 안정적인 냉난방 성능을 얻을 수 있음을 보였다. 한편 Choi et al.^(39,69)은 U 튜브 수직 밀폐형 지중열교환기를 적용한 20RT급 지열원 물대공기 멀티 열펌프 시스템의 냉방 및 난방 실증시험을 실시하였으며, Byun et al.⁽⁴⁷⁾은 대형 건물에 지열원 열펌프와 연료전지의 복합 시스템을 적용하여 냉난방을 공급하는 경우를 해석하여 적용 타당성을 검토하였다.

Kim⁽⁹¹⁾은 지역난방 설비로부터의 온수를 이용하여 냉방을 공급할 수 있는 100RT 일중효용/이단 흡수식 시스템의 동적해석 모델을 개발하여 시스템 성능을 해석하였다.

5. 건축기계설비

5.1 개관

건축기계설비 분야에 관련된 논문은 열병합 발전, 환기 및 열회수 시스템, 지역 냉·난방 시스템, 공조 설비 및 기타 설비로 분류하여 고찰하였다.

건축기계설비 분야에서는 다양하고 전문성이 강조된 연구들이 진행되었으며 성능향상에 국한된 연구보다는 현장 적용성 및 타 분야의 핵심기술과 융합될 수 있는 융합기술에 관한 연구가 주로 진행되었다고 판단된다. 이러한 연구동향은 독창적인 기술력의 축적을 도모하며, 나아가 건축기계 설비분야가 신기술의 요람이 될 것으로 예상된다.

5.2 열병합 발전

Seo et al.⁽¹⁰⁾은 히트펌프 시스템이 갖고 있는 단점을 보완할 수 있는 열병합 복합 시스템을 제안하고 이의 타당성과 경제성을 eQUEST 프로그램을 이용하여 상세 건물 에너지 해석을 통해 검토하였다. 이 연구를 통해 보다 신뢰성을 증진시키기 위해서는 실제 설치 사례를 바탕으로 한 모델링 및 경제성 분석이 필요하다고 판단하였다. Kim⁽³³⁾은 가스 터빈 열병합발전에서 생산된 전기와 증기의 원가산정을 위해 기존의 국외 연구자들에 의해 제안된 방법들을 소개하고, 열병합발전에 대한 엔탈피, 대체열, 대체전기, 동일 연료절약량, 대체연료 그리고 가역일로 기존 방법론에 비해 보다 상세히 영역을 구분하여 열과 전기의 가치평가 기준으로 제시하였다. Kang et al.⁽⁵⁸⁾은 LCC 분석을 고려한 일반 시설물(병원, 호텔 등)에서 소형 열병합발전의 최적 설계를 위해 건물의 전력부하와 열부하에 대한 모델링을 통해 연간 에너지비용과 연간 CO₂ 발생량을 계산하여 이른 토대로 LCC 분석과 CO₂ 저감량 분석을 통해 최적설계를 제안하였다.

5.3 환기 및 열회수 시스템

Jeon et al.⁽²⁴⁾은 반회류방식에서 균일 방식의 경

우를 도입한 도로터널 내부 화재 발생시 최적 배연량 선정을 위해 터널 내 풍속, 배연풍량을 변수로 하여 이동 특성에 미치는 영향을 연기의 이동거리 측면에서 축소 모형을 통한 가시화 실험을 수행하여 균일 배기방식은 배기구간 간격이 짧을수록 효과적이며, 반회류 환기방식의 터널에 균일배기방식을 적용하면 대피에는 문제가 없으나 화재시 효과적인 배연은 이루어지지 않는다고 발표하였다. Song et al.⁽³⁶⁾은 반도체 클린룸의 필수 배기처리 장치인 세정집진기를 이용하여 클린룸 배기의 폐열을 회수하여 도입외기의 가열 및 냉각에 이용할 수 있는 배기 열회수식 에어와셔 외기공조기 시스템을 제안하였고, 이 시스템의 성능을 평가하기 위해 열회수량, 포화효율, 가스제거율 그리고 에너지 절감량을 비교 분석을 통해 관찰하였다. Son et al.⁽⁹²⁾은 고층건물의 피난경로 가압제연 시스템 성능개선을 위해 고층건물 화재시 연돌효과를 완화하는 방안을 제시하였으며, 강제급기를 이용한 차압소실 효과를 이룰 수 있고 가압 시스템은 효과적인 피난경로 확보가 가능하다고 보고하였다. Sung⁽⁵⁵⁾은 외부바람의 영향을 고려한 난방 공간에서의 하향토출 에어커튼의 성능에 대해 수치해석적 모델링을 통해 에어커튼의 토출공기의 회절과 에어커튼의 차단효율로 구분하여 분석하였다. 에어커튼의 규격을 결정할 때 제트슬롯의 토출속도 선정이 매우 중요하다고 보고하였다.

5.4 지역 냉·난방 시스템

지역 난방 급탕 부하를 산출하여 급탕 열교환기 설계 기준에 맞는 급탕열교환기 방식을 채택하여 실제 기계실 내부에 측정 장치를 설치하여 실험적 방법을 통해 급탕 2단 열교환 방식에서 재열열교환기와 예열 열교환기의 열사용 실태를 파악하고, 열교환 용량의 배분의 적정성을 분석하여 열 생산시설의 효율화와 합리적 사용요금의 적용을 위한 연구를 Chung et al.⁽⁶⁰⁾이 수행하였다. 지역 냉방용 직접 순환식 아이스슬러리 시스템의 현장적용성에 대해 Yoo et al.⁽⁶⁵⁾이 단일건물에 설치하고 하절기 냉방운전을 통해 관폐쇄 여부, 브라인농도 및 축열조 내 빙층전을 측정, 아이스슬러리의 냉열수송성능 그리고 분기에 따른 유량분배 등을 관찰하여 보고하였다. Kim et al.⁽⁷⁴⁾은 대규모 고등학교의 냉난방 및 재생에너지 시스템 적용방안에 대해 건물부하, 냉난방기기의 에너지 소비량 등은 TRNSYS를 통해

계산하였고, 학교 건물의 신재생에너지복합 시스템의 최적화모형을 선정하여 에너지 단가, LCC 평가, 초기 투자비 등을 비교분석을 통해 에너지 비용에 대한 대안을 제안하였으며, 학교시설에 적합한 복합 시스템을 도출하였다. Choi et al.⁽³⁵⁾은 지열히트펌프 시스템의 국내 적용현황 조사를 지열히트펌프 시스템의 적용실적 경년변화, 건축물 용도별 적용실적, 설치지역별 적용실적 그리고 시스템의 단위 설치용량 및 경년변화로 구분하였으며, 지중열교환기 설치 방식과 지열히트 펌프의 열교환 방식에 따라 분석을 하였다. 지열 시스템은 2003년 이후 크게 증대되었고, 건축용도별 편중이 심하며, 단위 설치용량은 100RT미만이 대다수를 차지하였다. 또한, 지중열교환기는 국내실정에 맞는 수직밀폐형이 대부분이며, 열교환방식은 물대물 방식으로 조사되었다.

5.5 공조설비

Kim⁽²⁶⁾은 냉기의 가치평가 및 냉방비 배분방법론을 제안하였다. Kim은 연구논문에서 선행 연구자들이 제안한 가치평가 방법을 비교분석하여 원가 산정 및 비용배분을 수행하였으며, 그 가치평가 기준으로 질량, 엔탈피, 엑서지, 예상불만족률 그리고 열쾌적 지표로 선정하였다. 또한, 향후 보다 실증적인 데이터를 기반으로 냉기와 온기의 가치평가 및 냉난방 비용배분을 수행할 계획이다. Lee et al.⁽⁷⁷⁾은 공조설비 온라인 유지관리 시스템 개발 및 효과에 대해 기존의 공조설비 유지관리 현황을 조사하여 그 문제점을 파악하여 통합형 온라인 유지관리 시스템 구축 방안을 제시하였다. 이를 통해 건축설비의 성능향상은 물론 유지관리비용과 에너지절감이 가능하며 추가적으로 인력절감, 설비의 품질향상, 에너지이용 효율제고, 환경오염 억제 등의 효과를 얻을 수 있다고 보고하였다. 또한, Kim et al.⁽⁶⁷⁾은 공조설비 유지관리용 LCC 분석 패키지 개발을 위해 필요한 주요 입력정보를 시스템 구축 관련 정보와 LCC 계산 정보로 구분하였으며, 개발된 패키지를 검증하여 활용방안을 제시하였다. 이렇게 개발된 LCC 분석 패키지는 실제 운전 데이터를 근간으로 최적경제 수명 도출이 가능하고 확실적인 설비의 내구수명이 아닌 설비의 운전환경과 유지관리 수준에 따라 변동되며, 최적 교체주기를 판단할 수 있다고 보고하였다. Cho and Kim⁽¹²⁾은 평형류 열교환기가 적용된 무선 통신 중계기 냉각용 슬립형 공조기

에 대한 실험적 연구를 수행하여 기존 제품과 성능을 비교 분석하였다. 핀-관 열교환기를 사용하는 기존 제품에 비해 평형류 열교환기가 적용된 개발품이 소음이 현저히 작았으며, 소비전력이 감소하여 에너지소비효율이 증가 되었다고 보고하였다.

5.6 기타설비

Seo et al.⁽¹⁷⁾은 Silo형 가스터빈 연소기에서 발생하는 연소진동을 분석 하고 이를 저감하는 연구를 수행하였으며, 연구를 통해 Silo형 가스터빈의 예혼합 연소기에서 발생하는 소음은 100 Hz이하의 저주파수 대역이며, 연소기가 특정부하에서 연소진동이 발생하고 이는 연소기 형상에 대한 고유 음향모드와 일치한다고 보고하였다. 또한 연료공급밸브의 개폐시기를 조절하여 연소진동을 감소시킬 수 있으나 연소불안정이 발생할 우려가 있어 적절한 설정이 필요하다고 제안하였다.

Kim⁽⁴¹⁾은 복합생산품에 대한 환경오염 비용 배분 방법론에 대해 가상의 복합에너지 시스템으로부터 사출된 18종의 생산품에 대해 환경오염 비용 배분을 수식화하고 제안된 방법론이 어떠한 에너지 시스템 일지라도 적용이 가능하다는 일반성을 입증하였다.

Lee et al.⁽⁸⁸⁾은 멀티존 시뮬레이션을 이용한 생물안전 3등급(BSL3)시설의 설계 검증에 관한 연구를 수행하여 4가지의 오염발생 시나리오를 통한 오염전파 방지 설계안의 적절성을 판단하고, 설계 풍량 선정, 누설 면적이 있는 문의 선정, 전실의 양압 선정 등에 멀티존 해석이 적절한 설계검증이 가능하다고 보고하였다.

Lee⁽⁵⁰⁾는 급수 급탕관으로 사용되는 폴리부틸렌 이중관에서의 수격 현상과 기존 콘크리트 매설 배관에 대한 수격 현상을 실험을 통해 규명하고자 하였다. 폴리부틸렌 이중관 헤더 방식은 콘크리트 매설 배관에 비해 최대 발생압력이 작았으나 발생된 압력파는 늦게 소멸되었고, 배관길이가 짧을수록 압력파 소멸시간은 짧게 나타났다.

6. 건축환경 및 에너지

6.1 개관

건축환경 및 에너지 분야에서는 다양한 연구가 이루어졌다. 크게 나누어 보면 건물에너지 에너지 사용 및 건물 내에서의 온열쾌적에 관한 내용 및 공

기오염 최소화를 위한 각종 요소 기술에 대한 연구가 진행되었다. 또한 건물 내에서의 피난 및 연돌 현상에 대한 보다 향상된 내용의 연구를 진행하였다.

6.2 실내공기 환경

실내공기 환경 분야에서는 기존 실내공기 오염원인 및 대책에 대한 연구에서 진전되어 실내공기질 개선을 위한 다양한 실험 및 기술에 대한 내용이 상당부분을 차지하였다.

Kim et al.⁽⁷¹⁾은 공동주택에서 자주 문제시 되고 있는 각 실별 적정 환기량 분배를 위한 다분기 챔버형 풍량 분배기를 개발하고 이를 실제 공동주택에 적용하여 적절한 풍량분배의 이론 정립 및 실내공기질의 향상을 위한 방법을 도출하였다. Kim et al.⁽⁷⁾은 취침 시 개구부의 폐쇄로 인하여 실내에 공급되는 풍량의 부족으로 인하여 발생하는 이산화탄소의 거동특성 및 제어 방법에 대하여 정량적인 연구를 수행하였으며, Choi et al.⁽²⁵⁾은 실내의 급배기의 위치에 따른 실내 공기의 거동특성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였으며 그 결과 흡입구와 취출구의 거리가 약 3m 정도 분리되어 있는 경우가 온열 측면적인 면에서 바람직하다고 보고하였다.

Heo et al.⁽³⁰⁾은 실내 마감재로서 기존의 보양재 설치로 인하여 발생하는 바닥면으로 부터의 오염물질 방출 차단의 무제를 해결하기 위하여 새로운 개념의 흡착보양재를 사용하였을 경우 실내오염물질의 조기 제거 성능에 대하여 연구하였으며, Cheong et al.⁽⁵³⁾은 겨울철 문제가 되고 있는 가슴 및 환기가 인간에게 어떠한 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 PMV와 CO₂를 지표로 평가하였다.

Heo et al.⁽⁷⁶⁾은 공기의 접촉면적을 최대화 한 컬럼실험을 통해 활성탄과 은-나노 활성탄의 제균성능을 확인하였고 공조기의 열교환기 표면에서 증식되는 세균의 제균성능도 파악하였으며, Jeong et al.⁽⁹⁾은 개별공간에 자외선 살균기가 설치되어 있는 경우의 환경에 대한 연구를 진행하였다.

Han and Cho⁽⁷⁹⁾는 실간 환기량 측정을 위해 싱글 및 멀티 추적가스 실험의 데이터 처리방법에 따른 불확실성을 해석하고, 데이터 처리를 위한 실험 방법론을 제시하였다.

6.3 건물에너지

Park et al.⁽⁷²⁾는 현재 다양한 형태의 건물이 건축

되고, 건물이 한 가지 목적이 아닌 복합적인 용도로 사용하게 됨에 따라 각 용도별 에너지 부하의 특징을 비교함으로써 다용도 건물에서 용이하게 사용할 수 있도록 하였으며, Park et al.⁽⁸³⁾은 병원 건물에서의 에너지 부하 모델을 개발하였으며, 병원이 주간 단위로 뚜렷한 주기성을 갖고 변동폭도 큼을 알았다. Park et al.⁽²⁾은 정확한 에너지 예측이 가능하면서 기존 동적 에너지 해석 프로그램보다 비교적 간편하게 사용이 가능한 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 이를 검증하였다.

6.4 친환경

녹색성장과 함께 요즈음 트렌드가 된 친환경분야에서는 다음과 같은 연구가 수행되었다. Kwag et al.⁽⁸⁹⁾은 현재 시행되고 있는 친환경 건축물 인증제도 중 수자원 부문 및 환경오염 관련인증제도의 실시로 인하여 발생하는 인증기준, 인증절차 및 인센티브 등에 대한 문제점 및 보완 사항에 대하여 검토하고 이를 해결할 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다. Kwon et al.⁽⁹⁰⁾은 친환경 건축물 인증제도 상 점수가 매우 미미함에 따른 문제점을 분석하고 실제 친환경인증을 획득한 학교를 대상으로 이를 검증하였다.

6.5 기타 건축환경 분야

건축환경 분야에서 앞서 살펴본 분야 이외에 여러 연구가 진행되었다. Heo et al.⁽³¹⁾은 기존 건축물 시공 표면의 온도를 측정할 수 있는 표면온도계가 고가인 관계로 측정하기 용이하지 않았던 건축물 시공면의 온도를 용이하게 측정할 수 있는 방법에 대하여 연구를 하였다.

Choi et al.⁽⁴⁾은 시뮬레이션을 통하여 청소년들이 사용하고 있는 수련관의 피난안전성에 대하여 고찰하였고, Kim et al.⁽⁶⁾은 환기가 부족한 구역에서 화재가 발생할 경우의 열적거동 특성에 대하여 연구하였다. Yu et al.⁽¹⁶⁾은 초고층건물에서 엘리베이터에 의하여 발생하는 연돌현상을 최소화하기 위한 방법에 대한 연구를 진행하였다.

Byun et al.⁽⁷⁰⁾은 건축물 내 설치된 각종 설비에서 발생하는 소음을 PSIL, NC, NR, N 등을 평가지표로 하여 분석하여, 각 설비별 소음특성을 파악하였으며, Cho⁽²⁷⁾는 주택에서 사용하는 대변기의 용수를 우수로 대체할 경우의 특성을 파악하였고, Chung

et al.⁽⁶⁴⁾는 수직공간 내에서 고도가 변화함에 따라 발생하는 기압차가 기류에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구를 하였다.

7. 결 론

2009년 설비공학 논문집에 발표된 논문을 열유동, 열전달, 냉동, 건축설비, 건축환경 등 5개 분야로 분류하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 열유동 일반 분야에서는 팽창기 설계, 단일모세관 성능 예측, 보일러의 연소 열성능 해석, 미세채널 워터블록 내의 유량 분배, 액체의 자유표면 거동 특성, 재생 가스터빈의 성능 분석, 고압터빈의 급수가열기 내벽동체 감속현상, 나노입자 첨가 윤활 특성과 환기량 측정을 위한 추적가스 실험에 대한 연구가 수행되었다. 유체기계/배관 분야에서는 마이크로펌프 설계, 초고층 공동 주택의 루프팬 제어 시스템 안정성, 대형 구조물의 국소환기 설비 흡입부 최적 형상 설계, 열펌프 실외기 팬의 위치 및 Shroud 향상 설계, 배연용 축류팬의 고장분석 및 내열신뢰성 향상과 불연속 모델을 적용한 단상유량 분배 모델 개발에 관한 연구가 수행되었다. 신재생 에너지 분야에서는 복수정 지하수열원 열펌프 시스템과 지열원 물대공기 멀티 히트펌프 시스템에 관한 실증 연구가 진행되었다.

(2) 열전달 일반분야에서는 열전달각 시스템에서의 냉각재킷 열전달 특성, 냉매의 열전달 특성, 제빙기와 슬러시 제조기 증발기 열전달 특성, 건조기의 운전 조건에 따른 건조 성능 분석, 제습로터의 최적 회전 속도를 예측할 수 있는 이론식 수립에 대한 연구가 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 고온용 세라믹 열교환기, 열교환기 핀의 성능 및 핀 착상거동, 판형 열교환기에 관한 연구가 활발하게 수행되었다.

(3) 냉동 분야에서는 탄화수소 및 혼합냉매, 이산화탄소 등 대체냉매를 적용한 냉장고, 냉동기, 열펌프 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, SLHX, 바이패스 유로, SBT, 가스인젝션 등 냉동 및 냉방 시스템의 성능 향상과 관련한 연구가 수행되었다. 하천수, 지하수, 지열 등을 열원으로 활용한 열펌프 시스템의 시뮬레이션, 최적제어, 실증시험 등 미활용 에너지를 이용하기 위한 연구가 많이 발표되었다.

(4) 건축기계설비 분야에서는 에너지 다사용 건물에 대한 복합에너지 시스템을 적용하여 에너지소

비효율을 증대시키고, 단일 건물이나 복합건물군의 에너지소비 형태를 파악하여 경제성 분석과 비용 계산 방법이 제시된 논문이 다수 발표되었다. 그리고 환기분야는 화재 발생에 대한 배연 시스템과 피난경로 가압제연 시스템 등의 안전성에 위주의 연구와 폐열을 이용한 에너지 절약을 위한 방안 연구의 논문이 발표되었다. 지역 냉난방 설비에 대한 실험적 연구와 공조설비의 유지관리를 위한 프로그램 등이 개발되었으며, 무선 통신 중계기 냉각용 슬립형 공조기 개발, 가스터빈 연소기에서 발생하는 연소진동 분석, 지열 히트펌프 시스템의 국내 적용현황, 폴리부틸렌 이중관에서의 수격 현상 그리고 하향토출 에어커튼의 성능에 관한 다양한 연구논문이 발표되었다.

(5) 건축 환경분야의 최종 목표는 재실자가 쾌적하고 편안하게 생활할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위한 환경분야의 연구는 건축물 내의 실내공기질을 향상시키고 유동특성을 고찰하는 연구가 주를 이루고, 에너지 시뮬레이션을 통하여 건물 내에서 사용하는 부하특성을 살펴보는 연구가 활발히 진행되었다. 그 외 친환경 및 소음 등 각종 설비 및 건물 내에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위한 연구가 진행되어, 건축환경의 질을 향상시키는데 기여하고자 하였다.

참고문헌

1. Lee, K. H., Kim, O. J., and Lee, S. R., 2009, Analysis on the drying performance with the flow rate of circulation air in a heat pump dryer, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 1-8.
2. Park, J. I., Kang, Y. S., and Ihm, P. C., 2009, Development of simplified building energy simulation program for building energy performance analysis, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 9-15.
3. Lee, S. J., Kim, D. H., Choi, J. Y., Lee, J. H., and Kwon, Y. C., 2009, Experimental study on characteristics of evaporation heat transfer and oil effect of CO₂ in mini-channels, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 16-22.

4. Choi, C. H. and Cho, M. K., 2009, An evaluation on evacuation safety in training facilities for young people based on fire and evacuation simulation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 23-32.
5. Jung, K. Y., Kim, C. N., and Kim, C. U., 2009, An experimental study on the pumping characteristics of diffuser/nozzle based piezoelectric micropumps with different geometries and operating conditions, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 33-45.
6. Kim, S. C. and Anthony, H., 2009, Thermal characteristics of under ventilated compartment fire, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 41-48.
7. Kim, S. H., Kim, D. G., and Park, J. I., 2009, A research on the CO₂ peak point control according to ventilation rate during sleeping, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 49-54.
8. Kim, H. Y., Ahn, J. M., Kim, H. J., and Cho, S. O., 2009, Performance analysis of vane rotary expander for CO₂ cycles, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 55-62.
9. Jeong, K. B. and Choi, S. G., 2009, UV immune system of personalized space, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 63-70.
10. Seo, D. H., Koh, J. Y., and Park, Y., 2009, Energy and economic analysis of heat recovery cogeneration loop integrated with heat pump system by detailed building energy simulation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 71-78.
11. Kim, J. K., Koyama, S., Kuwahara, K., Park, B. D., Kim, D. H., and Sa, Y. C., 2009, Experimental study on the performance change of the fin and tube type heat exchanger by the frosting, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 79-86.
12. Cho, J. P. and Kim, N. H., 2009, Slim air-conditioner with parallel flow heat exchangers for cooling of telecommunication cabinet, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 87-93.
13. Kim, S. J., Kim, H. J., K. and Kim, Y. M., 2009, Applicability of scroll expander-compressor for stirling engine, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 94-102.
14. Kwon, Y. I. and Ahn, J. H., 2009, Study on the control performance evaluation of the exhaust stack used in high riser public house, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 103-108.
15. Park, K. J., Lee, Y. H., Jung, D. S., and Kim, K. K., 2009, Performance of R430A on refrigeration system of domestic waterpurifiers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 109-117.
16. Yu, J. Y., Song, K. D., and Cho, D. W., 2009, Evaluation of the alternatives to minimize stack effect problems with elevators in tall complex buildings, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 118-125.
17. Seo, S. B., Ahn, D. H., Cha, D. J., and Park, J. H., 2009, Analysis of combustion oscillation and its suppression in a silo type gas turbine combustor, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 126-130.
18. Park, S. G., Son, K. D., Jeong, J. H., and Kim, L. S., 2009, Simulation of the refrigeration cycle equipped with a non-adiabatic capillary tube, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 131-139.
19. Son, K. D., Park, S. G., Jeong, J. H., Lee, S. H., and Kim, L. S., 2009, An assessment of friction factor and viscosity models for predicting the refrigerant characteristics in adiabatic capillary tubes, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 140-148.

20. Park, S. H., Lee, J. E., Kim, K. J., and Kim, D. J., 2009, A study on the performance of thermo-electric cooling system for design parameters of the cooling jacket, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 149-156.
21. Seo, S. I., Park, H. Y., and Lee, S. N., 2009, Computational studies on the combustion and thermal performance of the coal fired utility boiler : temperature and thermal energy distribution, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 157-166.
22. Shim, Y. B., Park, K. J., and Jung, D. S., 2009, External condensation heat transfer coefficients of R245fa on low fin and turbo-C tubes, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 167-175.
23. Ye, H. Y., Kim, D. H., Lee, K. S., and Cha, W. H., 2009, Flow distribution in manifold using modified equal pressure method, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 176-185.
24. Jeon, Y. H., Yoo, O. J., Kim, N. J., Seo, T. B., and Kim, J. Y., 2009, A study on the effective fire and smoke control in road-tunnel with semi-transverse ventilation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 186-192.
25. Choi, J. M. and Cho, S. W., 2009, A study on the indoor airflow pattern by changing the location of mechanical terminal unit, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 193-200.
26. Kim, D. J., 2009, Suggestion of the worth evaluation of cool air and the allocation methodology of cooling cost, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 201-208.
27. Cho, S. W., 2009, The study on the effect of exchanging water supply on the rainwater in closet of detached house, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 209-214.
28. Kwon, O. K., Cha, D. A., Yun, J. H., and Kim, H. S., 2009, A study on the heat transfer performance of evaporator heat transfer tube for absorption chiller, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 215-221.
29. Ahn, J. H., Jang, Y. H., Kim, Y. C., Choi, W. S., Oh, S. W., Kim, C. N., and Lee, J. S., 2009, An experimental study on the performance characteristics of a multi type refrigerator using R600a, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 222-228.
30. Heo, J. Y., Choi, C. H., and Lee, Y. G., 2009, A study on initial control performance of the adsorption protector for construction surface about contaminant, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 229-235.
31. Heo, J. Y., Choi, C. H., and Lee, Y. G., 2009, A study on performance of thermo-humidity indicator card for measuring thermo-humidity of work surface, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 236-242.
32. Cho, J. M. and Kim, M. S., 2009, An experimental study on the evaporative heat transfer characteristics of CO₂/Propane mixtures flowing upward in vertical smooth and micro-fin tubes with an outer diameter of 5mm, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 243-251.
33. Kim, D. J., 2009, Cost estimating of electricity and steam on a gas-turbine cogeneration, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 252-259.
34. Yi, C. S., Jang, S. C., and Choi, J. H., 2009, Numerical analysis on hood shape improvement of local ventilation system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 260-265.
35. Choi, M. Y., Ko, M. J., kim, Y. S., Park, J. C., and Rhee, E. K., 2009, Investigation and analysis on the present state of geothermal source

- heat pump system applied in korea, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 267-272.
36. Song, G. S., Yoo, K. H., Kang, S. Y., and Son, S. W., 2009, An experimental study on energy reduction of an exhaust air heat recovery type outdoor air conditioning system for semiconductor manufacturing clean rooms, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 273-281.
 37. Paeng, J. G. and Yoon, Y. H., 2009, A theoretical analysis and CFD simulation on the ceramic heat exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 282-290.
 38. Jung, E. H. and Prak, K. W., 2009, Ice making characteristics according to changing shape of ice making tube, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 291-296.
 39. Choi, J. M., Kang, S. H., Choi, J. H., Lim, H. J., Moon, J. Y., Kwon, Y. S., Kwon, H. J., and Kim, R. H., 2009, Verification experiment of a ground source multi-heat pump at cooling mode, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 297-304.
 40. Ha, J. S., Jung, K. S., Kim, T. K., Kim, K. H., and Kim, S. R., 2009, The effect of gasket shape on heat loss reduction in a refrigeration, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 305-310.
 41. Kim, D. J., 2009, Suggestion of allocation methodology of environmental pollution cost on multi-product, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 311-318.
 42. Kim, K. Y., Jung, H. W., and Kim, Y. C., 2009, Performance characteristics of a bypass two-circuit refrigeration system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 319-325.
 43. Kwak, K. M. and Bai, C. H., 2009, A study on the decrease of compressor discharge temperature using subcooling bypass technology, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 326-332.
 44. Park, C. S., Jung, T. H., Joo, Y. J., and Kim, Y. C., 2009, An experimental study on the optimal intermediate pressure of a 2-stage compression heat pump using river water, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 333-339.
 45. Joo, Y. S., Kong, D. H., and Lee, K. S., 2009, Thermo-flow analysis of offset-strip fins according to prandtl number, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6 pp. 340-346.
 46. Kim, M. S., Lee, J. H., Park, S. R., Ra, H. S., Jeong, J. H., and Lim, H., 2009, Experimental investigation of an cross-flow air-cooled plate heat exchanger with single-wave and double-wave plates, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 347-354.
 47. Byun, J. K., Jeong, D. H., Choi, Y. D., and Cho, S. H., 2009, Analytical study on the performance of fuel cell driven ground source heat pump heating and cooling system of a large community building, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 355-366.
 48. Lee, E. C., Baek, C. H., Kang, H., Kim, Y. C., Cho, H. H., and Cho, S. W., 2009, Experimental study on the performance of a CO₂ heat pump water heater, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 367-372.
 49. An, W. J., Kim, J. S., and Lee, K. S., 2009, Characteristics of frost formed on heat exchanger fins of non-uniform temperature distribution, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 373-379.
 50. Lee, Y. H., 2009, The study of water hammer in polybutylene double piping system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration

- Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 380-385.
51. Choi, M. J., Kwon, O. K., and Yun, J. H., 2009, Flow distribution and heat transfer characteristic of the microchannel waterblock with different shape of inlet, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 386-393.
 52. Kim, Y. S., Hong, T. H., Kim, C. N., and Rhim, S. S., 2009, A numerical analysis of the behavior of the free surface in a moving cup, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 394-401.
 53. Cheong, S. I., Sheng, N. L., Kim, D. H., Lee, J. K., Hwang, Y. J., Park, J. H., and Seo, S. J., 2009, Analysis of comfortable environment in the classroom with humidification and ventilation in winter, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 402-408.
 54. Chung, K. S. and Kim, C. H., 2009, An effect of atmospheric pressure difference with altitude on the induced airflow velocity in a vertical closed conduit, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 409-416.
 55. Sung, S. K., 2009, Performance of downward-blowing air curtain in heating space considering external wind condition, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 417-423.
 56. Jeong, M. W., Heo, J. H., Jung, H. W., and Kim, Y. C., 2009, The cooling performance enhancement of a variable speed heat pump using gas injection technique, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 425-432.
 57. Lee, H. S., Jin, B. J., Yoon, J. I., Hwang, J. H., Jin, S. W., Kyung, I. S., and Donald C. E., 2009, The characteristics of cooling performance on 7RT ammonia absorption system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 433-438.
 58. Kang, Y. H., Ku, B. C., Hwang, Y. J., Song, J. D., Cheong, S. I., and Lee, J. K., 2009, Optimal design of cogeneration system for general facilities considering LCC analysis, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 439-447.
 59. Kim, K. H., Kim, S. W., and Ko, H. J., 2009, Performance analysis of regenerative gas turbine system with afterfogging, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 448-455.
 60. Chung, K. S., Sa, K. Y., Kim, L. H., and Lee, H., 2009, Design capacity evaluation of 2-stage hot water heat exchanger in apartment mechanical rooms with district heating system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 456-461.
 61. Yee, J. J., Choi, S. Y., and Cho, S., 2009, An experimental study for optimal RF output power estimation of wireless sensor network, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 462-467.
 62. Lim, H. J., Kwon, J. T., Kim, C. E., Kong, H. J., and Park, S. K., 2009, an Experimental study of ground water source two well type geothermal heat pump system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 468-474.
 63. Kwon, O. K., Choi, M. J., and Choi, Y. J., 2009, Heat transfer and pressure drop characteristics in zigzag channel angles of printed circuit heat exchangers, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 9, pp. 475-482.
 64. Kim, H. J., Kim, K. H., and Hwang, K. M., 2009, Design modification and correlation verification between reattachment flow of dispersed jet and local thinning of feedwater heater, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 9, pp. 483-494.
 65. Yoo, H. S., Lee, S. H., and Lee, Y. P., 2009, A field application case of direct ice slurry transporting system for district cooling, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 9, pp. 496-504.
 66. Kim, Y. K., Lee, J. S., Jeong, S. K., Han, Y. H.,

- Jung, S. Y., and Park, B. J., 2009, Experimental investigation on the cryogenic thermosiphon using N₂ and CF₄ mixture as the working fluid, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 9, pp. 505-512.
67. Kim, Y. K., Woo, N. S., and Lee, T. W., 2009, A development of the LCC analysis program package for optimal maintenance of HVAC systems, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 9, pp. 513-518.
 68. Kang, H., Park, H. P., Lee, E. C., Kim, Y. C., Chi, Y. N., Choi, H. J., Byeon, Y. M., Kim, Y. J., and Oh, K. Y., 2009, Experimental study on the cooling characteristics of an environmental control system for avionic reconnaissance equipment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 9, pp. 519-526.
 69. Choi, J. M., Lim, H. J., Kang, S. H., Moon, J. Y., and Kim, R. H., 2009, Daily heating performance of a ground source multi-heat pump at heating mode, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 9, pp. 527-535.
 70. Byun, W. S., Choi, D., and Kim, J. S., 2009, A study on the evaluation and characteristics of architectural facility-equipment noise in building, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 537-544.
 71. Kim, S. S. and Son, J. Y., 2009, Performance evaluation of multidrop chamber ventilation system in apartment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 545-552.
 72. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Comparison of energy demand characteristics for hotel, hospital, and office buildings in Korea, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 553-558.
 73. Kim, S. H., Kim, K. M., Hwang, Y. J., Park, Y. D., and Lee, J. K., 2009, Study on improvement of lubrication characteristics for the material of compressor friction parts with nano-oil, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 559-563.
 74. Kim, J. Y., Park, H. S., Kim, S. S., and Suh, S. J., 2009, A study on the application plan of air-conditioning and new and renewable systems in the large high schools, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 564-574.
 75. Lee, D. Y. and Song, G. E., 2009, Theoretical derivation of the optimum rotation speed of a desiccant rotor, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 575-582.
 76. Heo, J. Y., Nam, S. Y., Kang, J. H., Song, J. H., Kang, B. H., and Han, S., 2009, Antibacterial characteristics of silver nano-particles attached to activated carbon filter, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 583-589.
 77. Lee, T. W., Kim, Y. K., and Woo, N. S., 2009, A development of the on-line maintenance and management system for the HVAC systems and the evaluation of its effects, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 591-598.
 78. Ryu, K. J., Kim, Y. Y., Lee, K. S., and Cha, W. H., 2009, Optimization of shroud shape and fan location for increasing exhaust flow rate of air conditioner outdoor unit, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 599-605.
 79. Han, H. and Cho, S. H., 2009, A study on tracer gas methodology to measure interzonal airflow rates, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 606-612.
 80. Paeng, J. G., Kim, K. C., and Yoon, Y. H., 2009, A study on numerical analysis of thermal stress for an monolith ceramic heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 613-620.
 81. Park, C. S., Jung, T. H., Park, H. H., and Kim,

- Y. C., 2009, Performance characteristics and economic assessment of a river water : source heat pump system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 621-628.
82. Kim, K. M. and Lee, K. S., 2009, Empirical correlations of frost properties on the fin of a heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 629-635.
83. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Development of energy demand models for hospitals, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 636-642.
84. Choi, Y. M., Kim, D. Y., Kim, N. H., Lee, E. J., Kim, S. H., and Byun, H. W., 2009, Heat transfer characteristics during slush formation in the evaporator of a small slush maker, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 11, pp. 643-648.
85. Lee, J. H., Lim, M. G., and Kang, H. C., 2009, Forced convection characteristics of v shape circular fin-tube heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 649-655.
86. Hur, J. H., Heo, K. O., Moon, S. J., and Lee, J. H., 2009, Improvement of the heat resistance reliability of an axial smoke exhaust fan, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 656-662.
87. Choi, K. I., Pamitran, A. S., Oh, J. T., Hrnjak, P., and Park, C. Y., 2009, Effect on flow boiling heat transfer of minichannel diameter for R-410A, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 663-670.
88. Lee, H. W., Choi, S. G., and Hong, J. K., 2009, A study on verification for the design of bio safety level 3 laboratory by using multi-zone simulation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 671-677.
89. Kwag, M. G. and Choi, C. H., 2009, A study on the water resource and environmental pollution level of education facilities in green building certification criteria, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 678-687.
90. Kwon, Y. C., Kang, M. G., and Choi, C. H., 2009, A study on the energy level of education facilities in green building certification criteria, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 688-694.
91. Kim, B. J., 2009, Dynamic analysis of single-effect/double-lift LiBr-Water absorption system using low-temperature hot water, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 695-702.
92. Son, B. S. and Kim, J. S., 2009, A study on performance improvement measures of pressurized smoke control systems for exit passageways of high-rise buildings, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 703-714.
93. Han, H., Choi, C. H., Lee, D. Y., Kim, S. Y., Kwon, Y. I., and Choi, J. M., 2009, Recent progress in air-conditioning and refrigeration research : a review of papers published in the Korean journal of air-conditioning and refrigeration engineering in 2008, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 21, No. 12, pp. 715-732.