

## 공기조화, 냉동 분야의 최근 연구 동향: 2006년 학회지 논문에 대한 종합적 고찰

한 화 택<sup>†</sup>, 신 동 신<sup>\*</sup>, 최 창 호<sup>\*\*</sup>, 이 대 영<sup>\*\*\*</sup>, 김 서 영<sup>\*\*\*</sup>, 권 용 일<sup>\*\*\*\*</sup>

국민대학교 기계자동차공학부, \*홍익대학교 기계시스템디자인공학과, \*\*광운대학교 건축공학과,

\*\*\*한국과학기술연구원, \*\*\*\*신흥대학 건축설비과

### Recent Progress in Air Conditioning and Refrigeration Research : A Review of Papers Published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering in 2006

Hwataik Han<sup>†</sup>, Dong Sin Shin<sup>\*</sup>, Chang-Ho Choi<sup>\*\*</sup>, Dae-Young Lee<sup>\*\*\*</sup>,  
Seo Young Kim<sup>\*\*\*</sup>, Yong-Il Kwon<sup>\*\*\*\*</sup>

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

\*Department of Mechanical System Design Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

\*\*Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

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

\*\*\*\*Department of Building Mechanical Engineering, Shinheung College, Euijungbu 480-701, Korea

(Received May 3, 2008; revision received May 7, 2008)

**ABSTRACT:** A review on the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering in 2006 has been accomplished. Focus has been put on current status of research in the aspect of heating, cooling, ventilation, sanitation and building environments. The conclusions are as follows.

(1) The research trends of fluid engineering have been surveyed as groups of general fluid flow, fluid machinery and piping, etc. New research topics include micro heat exchanger and siphon cooling device using nano-fluid. Traditional CFD and flow visualization methods were still popular and widely used in research and development. Studies about diffusers and compressors were performed in fluid machinery. Characteristics of flow and heat transfer and piping optimization were studied in piping systems.

(2) The papers on heat transfer have been categorized into heat transfer characteristics, heat exchangers, heat pipes, and two-phase heat transfer. The topics on heat transfer characteristics in general include thermal transport in a cryo-chamber, a LCD panel, a dryer, and heat generating electronics. Heat exchangers investigated include pin-tube type, plate type, ventilation air-to-air type, and heat transfer enhancing tubes. The research on a reversible loop heat pipe, the influence of NCG charging mass on heat transport capacity, and the chilling start-up characteristics in a heat pipe were reported. In two-phase heat transfer area, the

<sup>†</sup> Corresponding author

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

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

studies on frost growth, ice slurry formation and liquid spray cooling were presented. The studies on the boiling of R-290 and the application of carbon nanotubes to enhance boiling were noticeable in this research area.

(3) Many studies on refrigeration and air conditioning systems were presented on the practical issues of the performance and reliability enhancement. The air conditioning system with multi indoor units caught attention in several research works. The issues on the refrigerant charge and the control algorithm were treated. The systems with alternative refrigerants were also studied. Carbon dioxide, hydrocarbons and their mixtures were considered and the heat transfer correlations were proposed.

(4) Due to high oil prices, energy consumption have been attentioned in mechanical building systems. Research works have been reviewed in this field by grouping into the research on heat and cold sources, air conditioning and cleaning research, ventilation and fire research including tunnel ventilation, and piping system research. The papers involve the promotion of efficient or effective use of energy, which helps to save energy and results in reduced environmental pollution and operating cost.

(5) Studies on indoor air quality took a great portion in the field of building environments. Various other subjects such as indoor thermal comfort were also investigated through computer simulation, case study, and field experiment. Studies on energy include not only optimization study and economic analysis of building equipments but also usability of renewable energy in geothermal and solar systems.

**Key words:** Air conditioning(공기조화), Refrigeration(냉동), Heat exchanger(열교환기), Piping(배관), Fluid machinery(유체기계), Heat transfer analysis(열전달 해석), Heat exchanger(열교환기), Heat pipe(히트파이프), Heat pump(열펌프), Thermophysical property(열물성), Ice storage system(빙축열시스템), Refrigeration(냉동), Condensation(응축), Expansion device(팽창장치), Ventilation(환기), Cooling tower(냉각탑), Absorption cooling(흡수식 냉동), Compressor(압축기)

## 1. 서 론

본 논문의 목적은 설비공학 분야의 최신 연구 경향을 분석하고, 그 흐름을 평가하기 위한 것으로, 2006년도 설비공학 논문집에 발표된 132편의 논문을 대상으로 유사한 주제에 따라 유동분야, 열전달분야, 냉동분야, 건축설비분야, 그리고 건축환경분야 등으로 분류하였고, 각각의 분야에 대하여도 세분류로 나눈 다음 각각의 연구 동향을 분석하였다. 학회지에 발표된 논문들에 대한 연차적인 평가와 리뷰를 통하여 전반적인 연구 동향을 파악하고 앞으로의 연구 방향 설정에 유익한 정보가 제공될 수 있을 것으로 기대한다.

## 2. 유동일반, 유체기계, 배관 분야

### 2.1 개 관

유동 일반 분야는 다양한 분야에 대한 연구가 이루어짐을 보였다. 마이크로 유체기기, 기초적인 열유동 연구, 냉각 및 열전달 분야와 관련된 기초연구, 유체기계 및 배관에 대한 연구가 활발히 진행되었는데, 전통적인 열유동 기초연구는 상대적으로 적었으며, 응용분야에서의 열유동 연구가 주류를 이루고 있음을 보였다.

### 2.2 유동일반

예년과 마찬가지로 최근의 관심분야인 마이크로

및 나노 유체에 대한 연구가 발표되었다. Hwang et al.<sup>(6)</sup>은 마이크로 열교환기에서의 잠재적인 작동유체로 사용될 수 있는 R-134a를 대상유체로 하여 단상압력강하 및 2상압력강하 특성에 대해서 살펴보았다. Rhi et al.<sup>(50)</sup>은 나노유체를 작동유체로 사용한 2상유동 루프형 열사이폰의 안정성 평가 및 열전달 성능을 비교 평가하여 보았으며, 이론적인 모델링을 시도하였으며, 또한 나노유체 열사이폰 냉각장치의 개발을 통해 나노유체의 냉각매체로서의 가능성을 평가하였다.<sup>(105)</sup>

기초적인 열유동의 연구에서는 다양한 테마에 대한 연구가 수행되었다. Han et al.<sup>(27)</sup>은 원관에서의 정상상태 및 비정상 수치해석으로 주관의 레이놀즈수와 분기관의 누설 유입량 변화에 의한 열교번의 주기성과 열성충 현상의 관계성을 알아보았고, Myong and Kim<sup>(92)</sup>은 3차원 정육면체 캐비티내에서 발생하는 정상상태 자연대류현상에서 캐비티의 평면에 대한 다이아몬드형 기울기 변화 및 Rayleigh 수가 캐비티 내부에 형성되는 유동과 열전달현상에 미치는 영향을 수치해석을 통하여 살펴보았다. Piao and Bae<sup>(89)</sup>는 감온액정을 이용한 온도장, 속도장 동시 계측법을 독자적으로 구현하고, 상부가 냉각되고 하부가 가열되는 경사진 평행평판 내의 혼합대류에 적용하여 혼합대류의 속도장과 온도장을 정량적으로 가시화하였다. Kim et al.<sup>(110)</sup>은 접촉각 변화에 따른 유하액막의 유동 특성뿐만 아니라 증발 성능을 향상시키기 위한 표면의 젖음성 향상을 실험을 통하여 규명하였다.

열전달 및 냉각과 관계된 열유동의 기초연구도 활발히 진행되었다. Kim et al.<sup>(113)</sup>은 실험적인 연구를 통해 내부유로 내 유량에 따른 국소적인 열전달 및 압력강하의 특성을 연구하였고, Koh et al.<sup>(11)</sup>은 고온 초전도 전력 케이블의 냉각 유로 및 유량계, 제어밸브를 통해 발생되는 압력강하 특성을 측정, 분석하였다. Kim and Kim<sup>(52)</sup>은 직접 접촉 냉각장치를 공기가 규칙적으로 배열된 저온의 부동액 기둥과 접촉되어 열전달이 발생하는 문제로 모델링하여 해석을 수행하였고, Kim et al.<sup>(8)</sup>은 현재 사용되고 있는 자동차용 열교환기를 모사하고 실험을 수행하였다.

이외에도 Eom et al.<sup>(2)</sup>은 농가에 보급되고 있는 상자식 열풍 농산물 건조기의 내부 유동 메카니즘을 규명하고 그 결과로부터 열풍의 균일유동

분배구조가 실현되는 건조실 개발에 필요한 자료를 구하였다.

### 2.3 유체기계 분야

유체기계 분야는 디퓨저, 압축기 등에 관한 연구가 수행되었다. Han et al.<sup>(24)</sup>은 급기온도의 변화에 따라서 외부 동력 없이 온도를 감지해 자동으로 급기각도를 조절할 수 있는 디퓨저 개발을 위한 기초 데이터를 얻었으며, Kim et al.<sup>(46)</sup>은 다량의 압축공기가 요구되는 곳에 사용되는 로타리 베인 공기 압축기에 대한 성능해석을 수행하였고 이를 토대로 로타리 베인 압축기의 손실을 줄여주는 방안을 제시하였으며, Jeong et al.<sup>(104)</sup>은 디퓨저 타입 레큐피레이터 입구 헤더에서의 유동분포를 살펴보고, 수평 베인(horizontal vane)이 유동분배에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. An and Choi<sup>(103)</sup>는 부수로 전체에 대형 이차 와류를 생성시키는 새로운 개념의 LSVF 혼합날개를 제안하고 부수로에 대한 전산해석을 수행하여 LSVF 혼합날개의 적용 가능성을 확인하였다. Lee et al.<sup>(30)</sup>은 히트싱크에 축류팬을 적용하였을 경우 유동장의 변화를 실험 및 전산유체역학(CFD)적 방법을 통해 알아보았다.

### 2.4 배관 분야

배관분야는 관내의 유동 및 열전달과 관련된 다양한 연구가 수행되었다. Lee<sup>(3)</sup>는 폴리부틸렌관에서의 효과적인 수격현상의 방지 및 제어를 위하여 급수관로 내 밸브 폐쇄시에 발생하는 압력특성에 대해 실험적으로 구명하였고, Tae and Cho<sup>(5)</sup>는 수평 T형 분지관 내에서의 냉매종류 및 입구관 유동조건에 따른 이상유동 분배특성을 실험적으로 비교 조사하였다. Lee<sup>(25)</sup>는 SMACNA에서 추천한 덕트누기 시험기의 풍량 측정장치에 사용되는 오리피스의 위치와 오리피스 전·후의 직선덕트 길이를 조정하여 최적의 오리피스 위치를 선정하였으며, Seo et al.<sup>(48)</sup>은 슬림 홀(slim hole) 시추작업을 모사한 실험장치를 이용하여 슬림 홀 환형관 내 유동특성을 파악하였다. Kim et al.<sup>(57)</sup>은 종횡비가 1.0인 덕트에서, 기존 덕트에서의 열전달 분포와 현재 단락요철이 설치된 덕트에서의 회전에 따른 압력강하 특성을 밝히고, 이로부터 성능계수를 구하였다. Choi and Ko<sup>(81)</sup>는

배관망의 비용을 최소화하는 최적의 파이프 직경을 결정하기 위해서 배관망의 유동해석을 GenOpt 최적화 프로그램과 연계하여 반복 수행함으로써 최적해를 구하는 방법을 제시하였다. Kim et al.<sup>(88)</sup>은 10개의 평판관으로 이루어진 시험부에 대한 유량분배 실험을 수행하여 판관의 수가 유량분배에 미치는 영향을 고찰하였다. Jang et al.<sup>(128)</sup>은 물과 FC-32를 작동유체로 하는 다채널관에 대해 헤더의 형상을 변화시켜가면서 입구 유동 영역에서 단상 압력강하 및 열전달 특성에 대한 실험을 수행하였다. Yoon et al.<sup>(130)</sup>은 마찰감소 계면 활성제를 실제 폐회로 시스템에 적용하는 데에 있어 기본적인 항목인 계면활성제 농도, 유체온도, 관경의 크기가 마찰감소 현상에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

### 3. 열전달, 열교환기, 히트파이프 및 상변화

#### 3.1 개관

2006년도 게재된 열전달 분야의 논문을 바탕으로 열전달 일반, 열교환기, 히트파이프 및 상변화에 대한 연구동향을 분석하였다. 열전달 일반분야에서는 전자장비 냉각, LCD패널, 건조기, 극저온 챔버 등에서의 열전달 특성에 관한 연구가 주로 수행되었다. 열교환기 분야에서는 펀-관 열교환기, 판형 열교환기, 환기용 열교환기에 관한 연구 및 열전달 측진관에 관한 기초연구가 수행되었다. 히트파이프 분야에서는 가역 루프형 히트파이프와 가스 충진량에 따른 히트파이프의 성능 변화, 히트파이프의 냉시동 특성에 관한 연구가 수행되었다. 상변화 분야에서는 착상특성, 아이스 슬러리의 생성과 열전달 특성, 액체분무냉각, 탄소나노튜브 및 냉매 R-290을 이용한 비등열전달에 관한 연구가 수행되었다.

#### 3.2 열전달 일반

전자부품에서의 강제대류 냉각특성에 관한 연구로 Kim and Yang<sup>(10)</sup>은 채널 유동장 내에 배치된 발열부품의 높이 비가 열전달 특성 및 열후류에 미치는 영향을 실험적으로 살펴보았다. 또한 Kim and Yang<sup>(65)</sup>은 레이놀즈수의 변화에 따른 발열부품의 열전달특성을 연구하였으며 레이놀즈

수가 클수록 표면온도와 단열온도는 감소하며 단열 열전달계수는 증가한다고 보고하였다.

Kim et al.<sup>(67)</sup>은 LCD 패널 세척공정에서 원적외선 히터에 의한 LCD 유리기판 송온 시간을 1차원해석과 3차원 전산해석을 통하여 예측하였다. Lee et al.<sup>(87)</sup>은 적외선 굴절식 건조기에서의 건조 특성을 파악하여 피 건조물의 상태에 따라 열전달 및 건조에 복사열전달이 크게 영향을 미치는 것을 확인하였다. Kim and Kang<sup>(86)</sup>은 복사차폐막이 설치된 검출기용 극저온 용기 내 열유입 현상을 해석하였다. 복사 차폐막의 반경이 작을수록 열을 차단하는 효과가 더 뛰어난 것으로 나타났다.

Jeong et al.<sup>(13)</sup>은 사다리꼴 펀에 대해 1차원 해석방법을 통하여 펀을 최적 설계하였다. Shin et al.<sup>(59)</sup>은 펀-흰 구조물이 삽입된 채널의 열전달 특성과 압력강하 특성을 해석과 실험을 통해 고찰하고 동일 펀 직경에서 펀 피치가 감소할수록, 동일 피치에서 펀 직경이 증가할수록 열전달이 증가한다고 보고하였다. Myong<sup>(58)</sup>은 비정렬 격자계를 사용하는 복합열전달 해석에서 CFD 코드에 용이하게 접목시켜 사용할 수 있는 형태의 새로운 계면 처리방법을 제시하였다. Lee et al.<sup>(100)</sup>은 지중 열교환기의 수직보어홀에서 U관의 1차원 수치모델과 초기제외시간을 적용한 계수추정법을 접목하여 U관의 2관식과 4관식 각각에 관한 열응답시험결과를 해석하였다.

Sohn and Shin<sup>(63)</sup>은 지중 열교환기 보어홀 그라우팅 재료로 사용되고 있는 벤토나이트의 열전도도를 측정하였다. 20% 순수 벤토나이트는 0.7746~0.8374 W/m°C, 30% 순수 벤토나이트인 경우 0.7962~0.8673 W/m°C의 열전도도를 갖는다고 보고하였다. Park et al.<sup>(77)</sup>은 원자로 냉각재 배관에 연결된 분기배관에서 수직배관의 길이, 직경, 엘보의 곡률반경, 배관 연결의 방향, 분기배관의 기울기 등에 따른 열성층 현상 완화방안에 대해 보고하였다.

#### 3.3 열교환기

Kwak and Song<sup>(20)</sup>은 저 레이놀즈수 영역에서 2열 펀-관 열교환기에 부착된 와류발생기의 성능을 평가하였다. 와류발생기를 부착하여 열전달성능은 11~34% 증가하고, 압력강하는 9~15% 증가

하는 결과를 얻었다. Park et al.<sup>(39)</sup>은 열전달 측진관 중의 하나인 코러게이티드 관의 가공형상에 따른 관내 열전달 및 압력강하 특성을 실험적으로 연구하였으며 코러게이티드 관의 골 깊이가 커짐에 따라 전열관의 마찰계수와 누설트수가 증가함을 보고하였다. Jeon et al.<sup>(84)</sup>은 직교류형 열교환기에서 원관의 정렬배열과 엇갈림배열에 대한 열전달 특성실험과 수치해석을 수행하였다. 모든 배열에서 레이놀즈수가 증가함에 따라 누설수가 증가하였으며 같은 레이놀즈수에서는 엇갈림배열이 정렬배열에 비해 우수한 열전달성능을 나타내었다. Yoon et al.<sup>(93)</sup>은 냉매배관이 엇갈리게 배열되어 있는 평판 펀-관 열교환기에서 레이놀즈의 변화에 따른 강제대류 열전달 특성에 대한 연구를 수행하여 기존상관식과 결과를 비교하였다.

Song and Lee<sup>(17)</sup>는 압력손실 제한조건 하에서 펀이 삽입된 채널 내에서의 열전달 및 압력손실에 대한 상관식을 제시하여 공기-액체 팬형 열교환기의 최적 설계를 수행하였다. Kim et al.<sup>(26)</sup>은 주방환기용 알루미늄 현열 열교환기의 열교환효율, 압력강하 및 누설률을 측정하였다.

### 3.4 히트파이프

Kim and Choi<sup>(31)</sup>는 가역 루프 히트파이프 시제품에 대한 실험을 통해 작동특성과 성능을 평균 증발기 온도, 열수송비, 총괄 열저항 등의 변수에 대해 분석하였다. Suh et al.<sup>(42)</sup>은 작동유체를 증류수로 사용하고 불용축가스로 질소를 사용하는 히트파이프에 대해 작동유체량과 불용축가스량의 변화 및 가열량의 변화에 따른 히트파이프의 열전달 성능을 실험적으로 측정하였다. Hong and Kang<sup>(116)</sup>은 금속분말 소결워크 히트파이프와 질소를 불용축성 가스로 사용하는 히트파이프에 대해 -20°C에서 냉시동 실험을 수행하였고 정상 상태 운전조건에서 열저항의 증기온도 및 열부하의존성을 측정하였다.

### 3.5 상변화

Yang et al.<sup>(16)</sup>은 수평원관에서의 착상실험을 통해 국소적인 서리층 성장 특성을 분석하여 평균 서리층 물성치에 대한 무차원 실험상관식을

제시하였다. Oh and Chang<sup>(61)</sup>은 펀-튜브 열교환기에서 부동액 도포에 의한 착상방지효과를 검증하였으며 착상방지상태의 열교환기가 실험시간 동안 일정한 성능을 나타내며 착상이 발생하는 열교환기에 비해 우수한 열전달 특성을 가진다고 보고하였다.

Kim and Park<sup>(66)</sup>은 잠열 슬러리의 관내 융해 열전달 특성에 영향을 미치는 평균 유속과 질량농도, 그리고 관 벽면으로부터 공급되는 열유속 등의 효과를 파악하였으며 열유속이 증가할수록 상변화 완료위치가 시험부의 상부로 이동하며 잠열 슬러리의 평균 유속과 잠열 축열재의 질량농도가 증가할수록 상변화 완료위치가 시험부의 하부로 이동한다고 보고하였다. Lee et al.<sup>(76)</sup>은 가압 판형 열교환기 내에 일정한 압력을 가함으로써 제빙실험을 실시하여 압력 변화가 연속 제빙에 미치는 영향을 파악하였으며, 열교환기 내부에 가해지는 압력이 상승함에 따라 연속제빙 지속시간도 증가하는 경향을 보고하였다.

Kim et al.<sup>(40)</sup>은 코팅이 처리되지 않은 구리를 록 표면과 마이크로 다공성 코팅 표면에 대하여 공기 분사와 액체 분무의 냉각성능을 측정하였다. 액체분무 냉각은 액체의 증발잠열로 인해 공기분사 냉각에 비해 냉각성능이 우수하며, 마이크로 다공성 표면이 구리표면보다 약 130% 냉각 성능이 우수하였다. Park and Jung<sup>(107)</sup>은 평판에서 증기압이 다른 냉매와 물을 작동유체로 하고 탄소나노튜브를 넣은 경우 풀비등 열전달계수에 대한 연구를 수행하였다. 탄소나노튜브를 사용한 경우 모든 유체에 대해 열전달계수가 상승하였고, 특히 낮은 열유속에서는 열전달계수가 37%까지 향상된다고 보고하였다. Choi et al.<sup>(115)</sup>은 스테인레스강 튜브의 수평미세관내 R-290에 대한 비동열전달 실험을 수행하였다. 비등 열전달계수에 미치는 열유속의 영향은 고건도 영역보다 저건도 영역에서 지배적이고 포화온도가 증가할수록 열전달계수가 증가하였다.

## 4. 냉동/냉방 시스템, 대체냉매, 증발/비등/응축 열전달, 흡수식과 열전소자

### 4.1 개관

냉동 및 냉방 시스템의 성능 및 신뢰성 향상과

관련한 실용적 연구가 수행되었으며, 특히 멀티형 에어컨에 관련된 연구가 많이 발표되었다. 대체냉매 분야에서는 이산화탄소, 탄화수소 및 혼합냉매를 적용한 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 이를 냉매의 증발/비등/응축 열전달 상관식이 발표되었다. 흡수식 냉동기와 열전소자에 대한 기초연구도 수행되었다.

#### 4.2 냉동/냉방 시스템

증기압축식 냉동 시스템의 성능 향상에 관한 연구가 수행되었다. Choi et al.<sup>(64)</sup>은 융점 6 °C의 마이크로캡슐 잠열재 슬러리를 증발기 2차 유체로 적용한 경우에 대한 성능해석을 수행하였다. Kim and Park<sup>(90)</sup>은 흑한기 열펌프 난방용량이 감소하는 문제를 해결하기 위하여, 가스버너를 이용하여 증발기 측 냉매를 가열하는 방식에 대한 실험적 연구를 수행하였다. Hong et al.<sup>(119)</sup>은 대용량 냉동기에 주로 적용되는 원통-관형 열교환기 대신 원통-판형(shell and disk) 열교환기를 증발기와 응축기로 적용한 경우의 냉동시스템 성능비교 연구를 수행하였다. Park et al.<sup>(112)</sup>은 전자팽창밸브를 적용한 냉동시스템에서 운전조건 및 개도 변화에 따른 냉매유량 변화를 측정하여, 전자팽창밸브의 오리피스 직경, 길이 및 운전조건에 따른 냉매유량에 대한 상관식을 제시하였다.

Kim et al.<sup>(122)</sup>은 냉동시스템에서 저압스위치를 이용한 펌프다운 방식의 냉동기 용량제어방법을 시험하였다. Kim et al.<sup>(8)</sup>은 펀-관 열교환기를 대신하여 소용량 냉방시스템의 증발기로 적용이 검토되고 있는 평판관 열교환기를 모사한 실험장치에서 R134a 기액 2상 냉매유동의 분배특성을 시험하였다.

멀티형 에어컨에 대한 연구결과가 많이 발표되었다. 멀티형 에어컨에서는 냉매배관 증가에 따른 팽창밸브 입구에서 플래시(flash)가스 발생 가능성이 커지는 문제를 해소하기 위하여 액-가스 열교환기를 적용하여 응축기 출구 과냉각도를 증가시키는 방법을 적용하고 있다. Kang et al.<sup>(54), (125)</sup>은 액-가스 열교환기 내장형 어큐뮬레이터의 열전달 및 압력강하 특성을 고찰하고, 이것이 냉동시스템의 성능에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다. Han and Park<sup>(22), (75)</sup>은 멀티형 에어컨의 압축기 제어 알고리즘과 전자팽창밸브 제어 알고리즘을 연구하였으며, 이러한 요소 제어 알고리즘을 통합한 시스템 운전제어 알고리즘을 연구하고 실험을 통하여 적용성을 검토하였다. Tae et al.<sup>(23)</sup>은 멀티형 에어컨에서 냉매충전량에 따른 시스템 운전 특성을 실험적으로 조사하고, 퍼지 알고리즘을 적용한 냉매충전량 감지 방법을 연구하였다. Han and Jung<sup>(101)</sup>은 멀티형 에어컨의 고장을 진단할 수 있는 고장진단 알고리즘을 연구하였으며, 고장모사실험을 통하여 유효성을 검토하였다.

리즘을 연구하였으며, 이러한 요소 제어 알고리즘을 통합한 시스템 운전제어 알고리즘을 연구하고 실험을 통하여 적용성을 검토하였다. Tae et al.<sup>(23)</sup>은 멀티형 에어컨에서 냉매충전량에 따른 시스템 운전 특성을 실험적으로 조사하고, 퍼지 알고리즘을 적용한 냉매충전량 감지 방법을 연구하였다. Han and Jung<sup>(101)</sup>은 멀티형 에어컨의 고장을 진단할 수 있는 고장진단 알고리즘을 연구하였으며, 고장모사실험을 통하여 유효성을 검토하였다.

#### 4.3 대체냉매

이산화탄소를 냉매로 이용한 시스템에 대한 연구가 이루어졌다. Ryu et al.<sup>(82)</sup>은 플래쉬 탱크와 박서 탱크를 사용한 상분리 2단압축 사이클에 대한 시뮬레이션을 실시하여, 외기온도와 팽창장치 개도 변화에 따른 시스템 성능변화를 고찰하였다. Cho et al.<sup>(106)</sup>은 이산화탄소를 적용한 여러 가지 2단압축 사이클을 구성하여 성능을 측정하고 비교 분석하였다. Kim et al.<sup>(56)</sup>은 2단 압축 이산화탄소 사이클에서 저압단 압축기와 팽창기가 일체형 구조를 갖는 스크롤 압축기 유닛의 적용에 의한 이산화탄소 냉매 사이클의 시스템 성능 향상을 시뮬레이션을 통하여 고찰하였다.

암모니아, 탄화수소 및 이들의 혼합냉매 등을 적용하기 위한 연구도 이루어졌다. Ha et al.<sup>(49)</sup>은 R22의 대체냉매로서 암모니아(NH3)를 적용한 냉동시스템의 성능특성을 연구하였다. Jun et al.<sup>(29)</sup>과 Baek et al.<sup>(97)</sup>은 R290(propane), R600a(iso-butane), R1270(propylene)를 적용한 열펌프의 성능 비교평가를 수행하였다. Hwang et al.<sup>(41)</sup>은 R1270/R290, R290/HFC152a, R1270/R290/RE170(dimethyl ether, DME)의 공비혼합 냉매의 열펌프 적용 가능성을 시험하였다.

Kim et al.<sup>(7), (108)</sup>은 이산화탄소와 프로판을 혼합한 냉매를 적용한 냉방시스템을 구성하고, 혼합비율 및 충전량에 따른 시스템 운전특성을 시험하였다. 또한 Kim et al.<sup>(109)</sup>은 이산화탄소와 프로판 혼합냉매의 기상-액상 평형자료를 측정하고, 혼합물의 상평형 특징을 분석하였다.

#### 4.4 증발/비등/응축 열전달

Park et al.<sup>(33)</sup>은 탄화수소계 냉매인 R290, R600a,

R1270과 RE170(DME)의 풀비등 열전달을 실험하여, 일반냉매와 탄화수소계 냉매에 공히 적용할 수 있는 순수냉매 상관식을 제안하였다. 또한 Park et al.<sup>(121)</sup>은 R290/R600a, HFC134a/R600a, R290/HFC134a의 세가지 이원 혼합냉매의 풀비등 열전달계수를 측정하였다. Park and Jung<sup>(129)</sup>은 낮은 핀판(low fin tube) 등 열전달 측진관에서의 탄화수소계 냉매의 풀비등 열전달계수를 측정하였다. Yang et al.<sup>(123)</sup>은 열전달 측진관을 적용한 만액식 증발기에서 증발관 내외측 열전달계수를 측정하여 열전달촉진 효과를 분석하였다. Kim et al.<sup>(34)</sup>은 열전달 측진관에서 오일이 냉매 풀비등에 미치는 영향을 실험하였다.

Park et al.<sup>(78)</sup>은 열전달 측진관에서 HFC143a의 응축열전달 특성을 실험하였다. Lee et al.<sup>(124)</sup>은 탄화수소계 냉매인 R1270, R600a, R290의 평활관에서의 응축 열전달 및 압력강하 특성을 실험하여 비교하였다.

#### 4.5 흡수식과 열전소자

Park<sup>(94)</sup>은 흡수식 냉동기의 응축기에서의 과열증기 냉각열 회수에 의한 시스템 성능을 향상 가능성을 검토하였다. Park<sup>(96)</sup>은 흡수액이 증발기에 혼입되는 경우에 대한 사이클해석을 실시하여 흡수액 혼입이 흡수식 냉동기 성능에 미치는 영향을 분석하였다. Kim and Cho<sup>(53)</sup>는 수직 액막형 흡수기에서 냉각수 유량조건이 흡수기 내 열 및 물질전달에 미치는 영향을 수치적으로 해석하고 최적 유량조건을 조사하였다. Kim et al.<sup>(71)</sup>은 암모니아 흡수식 냉동기의 흡수기 성능 향상에 대한 연구로, 암모니아 수용액에 금속 나노입자를 첨가한 나노유체에 암모니아 기포가 흡수되는 경우의 흡수성능을 연구하였으며, 계면활성제의 농도가 흡수성능에 미치는 영향을 해석하였다.

Hwang and Kang<sup>(9)</sup>은 열전소자를 이용한 소형 냉방기의 최적화에 대한 실험적 연구를 수행하였다. Lee and Kim<sup>(28)</sup>은 마이크로 열전소자의 최적설계를 위한 연구로, 온도차, 전류, 열전소자의 두께가 마이크로 열전냉각기의 성능에 미치는 영향을 수치해석을 통하여 연구하였다.

### 5. 건축기계설비

#### 5.1 개관

건축기계설비 분야의 논문은 열원장치 및 열원시스템, 공기조화 및 공기청정, 위생설비, 환기 및 소방설비 등으로 분류하여 분석하였다.

열원장치 및 열원시스템분야에서는 통신장비용 냉각장치, 슬래브축열방식, 냉각장치의 성능향상, 최적설계 방법의 제시에 대한 연구가 주로 수행되었다. 공기조화 및 공기청정 분야에서는 공기조화기의 혼합챔버의 개선에 관한 연구가 수행되었고 공기청정방식 및 집진기의 구조변경 등에 따른 오염물질 제거특성에 대한 연구가 수행되었다. 환기 및 소방설비 분야는 환기설비용 구성장치인 후드, 디퓨저의 성능개선에 관한 연구를 포함하여 환기설비시스템이 설치된 실내의 공기분배성능을 평가하는 연구와 환기설비시스템의 성능을 평가하는 소프트웨어 개발에 관한 연구가 수행되었고, 건물내에서 화재가 발생하였을 때, 화재생성물질의 전파거동에 대한 연구가 수행되었다. 위생설비분야에 관련된 논문은 급수배관의 살균 및 향균에 관한 연구와 고등학교의 급수량평가법에 대한 연구가 수행되었고 관로설비시스템에 대한 연구가 지역냉방용 아이스슬러리 수송설비에 대해 연구되었다. 터널환기 관련하여 스크린도어가 설치된 지하철의 지하터널의 압력분포에 대한 연구와 더불어 고속철도터널의 압축파감소방안에 대한 해석적 연구 등이 수행된 것으로 분류되었다. 이상과 같이 건축기계설비관련 논문은 시스템해석과 시스템성능을 향상시킬 수 있는 장비성능향상에 대한 연구로 구성된 것을 알 수 있었으며 앞으로도 이와 관련된 분야에서의 국가경쟁력을 높이기 위해, 지속적인 연구가 수행될 것으로 기대한다.

#### 5.2 열원장치 및 열원시스템

냉방 열원시스템을 구성하는 재생증발식 수냉각기에서의 열 및 물질전달을 해석을 Choi et al.<sup>(51)</sup>이 연구하여 현열 열교환기와 잠열 열교환기의 성능이 전체 시스템 성능에 미치는 영향을 분석하였다. Yun et al.<sup>(4)</sup>은 공냉형 냉각기가 적용되

는 통신장비의 냉각에 액냉형 냉각기를 적용할 수 있도록 냉각액을 고루 분배할 수 있는 최적 분배기 설계방안제시에 대한 연구를 수행하였다. Jung and Shin<sup>(38, 114)</sup>은 저렴한 심야전력을 이용하여 슬래브축열을 수행했을 경우의 플레넘실, 집무실로의 제거열량에 대한 정량적인 해석을 시도하였다. Lee and Choi<sup>(74)</sup>는 냉각탑의 냉각성능을 저해하는 하나의 요소인 재순환 현상에 냉각탑 주변의 장애물 설치형태, 장애물의 높이 및 장애물과 냉각탑 사이의 간격이 미치는 영향을 연구하였으며 이와 유사하게 Lee et al.<sup>(117)</sup>도 냉각탑 재순환율을 루버벽 설치유무에 따라 평가하였다. Choo et al.<sup>(91)</sup>은 냉각탑의 냉각성능에 영향을 미치는 냉각수량과 온도변화에 따른 냉각성능변화를 연구하였다. Kim et al.<sup>(111)</sup>은 통신기지국에 설치되는 냉방장치를 외기온도에 따라 자연 및 강제로 겸용 냉방을 수행할 수 있는 하이브리드 냉방기를 적용할 때, 절약되는 에너지소비량을 평가하였다. Lee and Han<sup>(126)</sup>은 운전비를 최소화 할 수 있는 3드럼 수관식 폐열보일러의 최적설계방안을 제시하기 위해, 연구를 수행하였다.

### 5.3 공기조화 및 공기청정

Park et al.<sup>(127)</sup>은 신선외기와 환기를 혼합하기 위해, 공조기에 설치하는 혼합실의 온도균일도가 높게 유지시키기 위해, 설치되는 에어믹서의 혼합성능을 신선외기와 환기온도를 변수로 하여 혼합효율로 평가하였다.

Kwon et al.<sup>(43)</sup>은 산업용 전기집진기 내 유동균일성을 높이기 위해, 입구에 설치하는 디퓨저의 확장각에 관계없이 균일화된 유동을 유지시킬 수 있도록 다공판을 설치하고 다공판에 의한 유속분포를 비교 분석하였다. Yeo et al.<sup>(95)</sup>은 기계식 세정집진기의 단점인 서브마이크론 입자에 대한 낮은 집진성능을 효과적으로 개선하기 위하여 기계식 세정집진기의 수액적에 의한 주 입자포집 메커니즘인 관성충돌(inertial impaction) 이외에 정전인력(electrostatic attraction)을 추가한 정전식 세정집진기를 개발하기 위한 연구를 수행하였다. Noh et al.<sup>(131)</sup>은 클린룸의 내부 벽체에 대하여 정전압의 크기, 클린룸 벽체의 종류에 따른 입자침착 실험을 수행하여 정전압과 입경이 입자침착 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

### 5.4 환기 및 소방설비

Lim et al.<sup>(47)</sup>은 주방용 후드 내에 분리판(separation plate)을 장착하여 분리판의 형상에 따른 후드 내의 유동특성을 배기풍량과 유입공기온도를 일정하게 유지한 조건에서 3차원 수치해석을 통하여 분석한 연구를 수행하였다. Hwang et al.<sup>(69)</sup>은 자연 및 강제환기를 동시에 수행할 수 있는 하이브리드 환기시스템을 공동주택에 적용하였을 때, 실내환경기준에 만족할 수 있는지 검토하는 연구를 수행하였다. Cho and Song<sup>(15)</sup>은 환기방식에 따른 실내공기 제어특성 및 냉·난방부하특성을 예측할 수 있도록 개발된 통합 시뮬레이션 툴의 개발 내용을 소개하기 위해, 실측한 결과와 시뮬레이션 결과를 비교한 연구를 수행하였다.

Kim and Lee<sup>(45)</sup>는 건물내에서 발생되는 화재에서 발생되는 생성물질의 종류별 전파거동을 연소방정식을 해석하여 연소생성물질의 거동과 오염물질의 농도를 평가한 연구를 수행하였다.

### 5.5 위생설비

Choi et al.<sup>(70)</sup>은 은나노 입자의 함량이 100 ppm이 되도록 폴리부틸렌(polybutylene)에 은나노 입자를 혼합하여 제작된 급수용 폴리부틸렌관(PB)에 대한 살균성능을 급수온도와 급수의 이동속도 변화에 따라 평가하였다. Park et al.<sup>(98)</sup>은 울산광역시 소재 고등학교에 대한 월별 사용수량의 조사분석을 통해 국내·외 학교와 관련한 급수량 기초자료를 제시하기 위해, 학교 건축물의 1일 급수량 산출방식을 고찰한 바 있다.

Lee et al.<sup>(73)</sup>은 1배관방식과 2배관방식을 지역냉방에 적용하여 각 노드당 일정한 냉열량이 필요로 할 때 주 배관의 유량, 주배관의 냉열 열용량, 주배관 단면적 등을 비교하였다.

### 5.6 터널환기 및 기타설비

Kim and Kim<sup>(14)</sup>은 스크린도어가 설치된 지하철에서 열차운행시 터널내의 압력분포와 기류분포를 예측하기 위해, 비정상 유동현상을 실험 및 수치적기법을 수행하였으며 실험결과와 수치해석

결과를 비교분석 하였다. Kim<sup>(132)</sup>은 열차의 금출발에 따라 발생하는 압력파의 영향을 줄이기 위한 여러 가지 출발방법이 터널입구에서의 압력변동에 미치는 영향에 대하여 고찰하여, 터널입구에서의 압력변동에 영향을 주지 않는 적절한 열차의 통과속도에 대해 연구하였다.

Kim et al.<sup>(36)</sup>은 난류지역인 Clarion-clipperton 해역과 상대적으로 해수온도가 낮은 동해안의 중층심해에 고정된 파이프라인과 움직이는 배에서 액체 이산화탄소를 분사시킬 경우 해수의 온도와 분사방법에 따른 이산화탄소 액적의 용해거동을 비교하여 예측하여 이산화탄소 해양 고정화에 대한 연구를 수치적으로 수행하였다.

## 6. 건축환경 및 에너지

### 6.1 개관

건축 환경 및 에너지 분야에서는 실내공기질 (IAQ)과 관련된 연구가 주류를 이룬 가운데 설비 시스템의 최적화, 경제성 평가, 실내 온열환경에 대한 평가 등 다양한 분야의 주제가 사례조사, 시뮬레이션, 실측실험 등의 방법으로 연구되었다.

연구 분야는 크게 실내 공기환경 분야, 실내 온열환경 분야, 에너지 절약 및 신재생 에너지 분야 등으로 분류할 수 있으며, 이들에 대한 연구내용은 다음과 같다.

### 6.2 실내 공기환경

실내 공기환경 분야에서는 수치해석을 통한 휘발성유기화합물의 방출속도 및 거동특성을 분석한 연구와 실내 미생물 오염 실태 조사 및 이를 방지할 수 있는 멀티 존 모델링에 관한 연구, 신축공동주택의 실내오염물질 방출 특성 및 개선 방법 제시 등 다양한 연구가 수행되었으며, 건축 환경 및 설비 분야에서 가장 많은 수의 논문이 개재된 것으로 나타났다.

우선 수치해석을 통한 오염물질 거동특성을 분석한 연구에서는 바닥난방공간의 온도변화에 따른 VOCs 방출속도의 변화를 수치해석을 통해 예측하여 베이크아웃 시행 시 VOCs 방출속도를 예측한 연구<sup>(60)</sup>와 실험을 통하여 얻어진 VOCs의 방출특성으로부터 비선형 회귀분석을 실시하여 예

틸벤젠(ethylbenzene)과 1, 2, 3-트리메틸벤젠(trimethylbenzene)의 방출계수를 산출하고, 산출된 방출계수를 바탕으로 비정상 3차원 수치해석을 수행하여 카페트로부터 방출되는 VOCs의 거동특성을 파악한 연구<sup>(18)</sup>가 수행되었다.

실내공기 중 미생물에 대한 연구에서는 다중이 용시설들을 대상으로 실내 미생물 농도분포를 조사하여 실내공기 중 미생물 오염실태를 분석한 연구와<sup>(79)</sup> 멀티 존 시뮬레이션 상의 각종 해석 모델들이 현장실험이 어려운 상황(실내 미생물오염 문제, 오염원제거 및 미생물오염원의 이동에 따른 환기설계 활용)에서의 평가 도구 또는 면역건물 기술의 적용에 대한 설계 및 평가 도구로서의 활용 가능성을 가늠한 연구가<sup>(118)</sup> 수행되었다.

신축공동주택의 실내오염물질 방출 특성 및 개선 방법 제시에 관한 연구에서는 Mock-up 및 원룸주거를 건설하여 시공 전과정에서의 실내공기오염물질 방출량 변화를 분석함으로써, 실내공기오염물질을 발생시키는 건축자재 및 시공방법을 파악하여 실내공기 오염물질을 줄이기 위한 건축자재의 선택 및 시공방법을 제시한 연구,<sup>(35)</sup> 실내의 설정온도와 가열기간이 다른 두 종류의 베이크아웃 방법과 자연환기만을 이용한 방법을 설정하고 각각에 대한 오염물질의 농도실측치를 비교·분석하여 실제 건축물에 적용할 수 있는 효과적인 실내공기오염물질 저감방안을 제시한 연구,<sup>(44)</sup> 신축 아파트를 대상으로 친환경자재, 일반자재 및 친환경자재를 부분 적용한 3개 세대를 대상으로 실내의 마감자재 설치 단계에서 시공단계별로 포름알데히드와 휘발성유기화합물의 발생 특성을 평가하고, 완공 후, 각 세대의 실내공기 오염물질의 농도를 평가한 연구,<sup>(62)</sup> 신축 공동주택 및 건축자재로부터의 오염물질의 방출 특성을 실험실 실험과 현장측정을 통해 분석한 연구,<sup>(72)</sup> 아파트 샘플하우스 내부에 환기시스템을 설치하여 환기량의 변화에 따른 실내공기질의 개선효과를 검토함으로써 적정 환기시간을 도출한 연구<sup>(83)</sup>가 이루어졌다.

### 6.3 실내 온열환경

실내 온열환경 분야에서는 온열쾌적성 평가 및 실내온열환경 평가 등의 연구가 진행되었다.

온열쾌적성 평가에 대한 연구에서는 여름철 수

면 상태에서의 온열쾌적감을 평가하기 위해 신체의 평균 피부온도 분석과 수면다원검사에서 얻어진 수면생리신호를 이용한 수면단계 및 수면의 효율성 등을 분석하여 쾌적한 수면을 위한 실내 온도조건을 제시<sup>(1)</sup>하였으며, 평균 피부온도와 수면생리신호를 이용한 수면단계 및 수면의 효율성, 수면 후 설문 등을 종합적으로 분석하여 쾌적한 수면을 위한 실내온도 상승조건을 제시한 연구<sup>(68)</sup>가 수행되었다.

또한 일반 교실에 적용된 4-way형 천장형 유닛의 축출공기에 대한 실내공기의 온열분포를 알아보기 위하여 실제 인체를 대상으로 온열감 평가를 실시한 연구<sup>(32)</sup>가 수행되었다.

#### 6.4 에너지 절약/신재생 에너지

에너지 절약 및 신재생 에너지 분야에서는 공조 시스템 최적화 및 지하피트의 활용을 통한 냉난방부하 감소, 신재생에너지지원을 이용한 시스템의 성능평가 및 경제성 평가 등 다양한 연구가 이루어졌다.

우선 에너지 절약에 관한 연구에서는 공조시스템에 대한 시뮬레이션-최적화 기법을 기반으로 하는 사용자 인터페이스 프로그램을 개발하고, 두 가지 형태의 사무소 건물에 적용하여 최적화 전후의 에너지비용을 비교한 연구,<sup>(55)</sup> 수요처의 냉열용량 상태에 따라 7 °C의 냉수 또는 아이스 슬러리의 IF를 증가시킴으로써 미래의 불확실한 냉열수요에 대응할 수 있는 지역냉방시스템을 제시하고 이에 대한 경제성을 평가한 연구,<sup>(99)</sup> 합리적인 축열운전을 위한 냉난방 부하예측을 목적으로 기상예보치를 활용함에 있어 확률 시계열모델을 작성하여 예보오차의 개선을 시도한 연구,<sup>(12)</sup> 강제환기 시스템이 적용된 시험공간에서의 냉난방부하 예측모델이 실증실험을 타당하게 추종하는지를 다루는 연구<sup>(120)</sup>가 수행되었다.

신재생 에너지에 관한 연구에서는 지중열을 이용한 지하피트의 매설 깊이와 길이의 변화에 따른 출구공기의 상태를 파악하여 지하피트의 활용 가능성을 평가한 연구<sup>(19)</sup>와 지열원 히트펌프와 태양열원 급탕시스템으로 구성된 소규모 시뮬레이터를 설계하고, 시뮬레이터의 운전을 통하여 외기조건, 냉난방 및 급탕 부하패턴에 따른 각 열원의 부하 추종성, 일간 에너지 분석, 열원 간 연

계성 등을 검토하여 복합시스템의 적용 가능성을 평가한 연구<sup>(37)</sup>가 수행되었다.

### 7. 결 론

2006년 설비공학 논문집에 발표된 논문을 분석한 결과 열유동, 열전달, 냉동, 건축설비, 건축환경으로 분류된 각 분야별 결론은 다음과 같다.

(1) 유동 일반 분야는 다양한 분야에 대한 연구가 이루어짐을 보였다. 마이크로 유체기기, 기초적인 열유동연구, 냉각 및 열전달 분야와 관련된 기초연구, 유체기계 및 배관에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 마이크로 열교환기, 나노유체 사이폰 냉각장치 등이 마이크로 유체기기의 주요 연구테마이며, 전산유체역학과 가시화연구도 진행되었다. 유체기계는 디퓨저, 압축기에 대한 연구가 이루어졌으며, 배관분야에서는 유동 및 열전달 특성과 배관최적화에 대한 연구가 이루어졌다.

(2) 열전달 일반분야에서는 전자장비냉각, LCD 패널, 건조기, 극저온 챔버 등에서의 열전달 특성에 관한 연구가 주로 수행되었다. 극저온 및 고온 LCD패널, 건조기에서의 열전달현상에 대한 연구가 새로운 테마로 흥미를 끈다. 열교환기 분야에서는 편-관열교환기, 판형 열교환기, 환기용 열교환기에 관한 연구 및 열전달 촉진관에 관한 기초연구가 수행되었다. 히트파이프 분야에서는 가역 루프형 히트파이프와 가스 충진량에 따른 히트파이프의 성능변화, 히트파이프의 냉시동 특성에 관한 연구가 수행되었다. 상변화 분야에서는 착상특성, 아이스슬러리의 생성과 열전달 특성, 액체분무 냉각, 탄소나노튜브 및 냉매 R-290을 이용한 비등 열전달에 관한 연구가 수행되었다.

(3) 냉동 및 냉방 시스템의 성능 및 신뢰성 향상과 관련한 실용적인 연구가 수행되었다. 흑한기 열펌프 성능향상 방법, 전자팽창밸브 유량제어 특성, 평판관 열교환기에서의 냉매분배 특성 등 구체적인 문제에 대한 연구가 수행되었다. 멀티형 에어컨에 관련된 연구가 많이 발표되었으며, 냉매충전량, 제어 알고리즘에 대한 연구가 주를 이루었다. 대체냉매 분야에서는 이산화탄소, 탄화수소 및 혼합냉매를 적용한 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 이를 냉매의 증발/비등/응축 열전달 상관식이 발표되었다. 흡수식 냉동기와 열전소자에 대한 기초연구도 수행되었다.

(4) 고유가로 인하여 건축물에 적용되는 기계 설비시스템의 에너지소비량을 감소시키는 방안모색에 많은 관심이 집중되고 있다. 건축물 사용에너지의 감소방안의 수립은 이와 관련된 장비의 효율개선 연구를 통하여 수립되어야 한다. 이러한 연구는 효율개선뿐만 아니라 에너지의 효과적인 사용관점을 포함해야 되며 이로 인하여 에너지절약뿐만 아니라 운전비절감 및 환기오염을 축소시킬 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 2006년도에 건축기계설비분야에 게재된 논문을 평가하여 보면 에너지절약 및 환경개선방법을 집중적으로 다루고 있어 이 분야의 시대적 요구를 잘 반영하고 있다고 판단된다.

(5) 건축환경 분야에서는 실내공기질과 관련된 연구가 주류를 이룬 가운데 실내 온열환경에 대한 평가 등 다양한 분야의 주제가 사례조사, 시뮬레이션, 실측실험 등의 방법으로 연구되었다.

에너지 관련 연구로는 설비시스템의 최적화와 경제성 평가, 그리고 냉난방 부하예측 모델에 관한 연구가 수행되었고, 신재생에너지 관련해서는 지중열을 중심으로 지하피트의 활용가능성과 태양열과의 복합시스템의 적용가능성을 평가한 연구가 수행되었다.

### 참고문헌

1. Kim, D.-G., Kum, J.-S. and Park, J.-I., 2006, Evaluation of thermal comfort during sleeping in summer : Part II : About mean skin temperatures and physiological signals, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 1-6.
2. Eom, Y.-K., Ahn, D.-W. Cheon, S.-K. and Seo, T.-W. 2006, Flow analysis to develop uniform thermal flow distributions of the box type dryer for agriculture products, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 7-16.
3. Lee, Y.-H., 2006, The analysis of fluid pressure in polybutylene piping system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 17-23.
4. Yun, R., Kim, Y., Kim, H., Chio, J. and Cheon, D., 2006, Optimum design of liquid cooling heat exchangers and cooling-fluid distributors for a amplifier cabinet of telecommunication equipment, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 24-30.
5. Tae, S.-J. and Cho, K., 2006, Effect of parameters on the two-phase flow distribution characteristics of refrigerants in a horizontal t-junction, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 31-37.
6. Hwang, Y. W., Kim, J. H. and Kim, M. S., 2006, Pressure drop in microtubes and correlation development, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 38-46.
7. Kim, J. H. and Kim, M. S., 2006, Cooling performance of several CO<sub>2</sub>/propane mixtures in an air-conditioning system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 47-54.
8. Kim, N.-H., Shin, T.-R. and Sim, Y.-S., 2006, Distribution of air-water two-phase flow in a header of aluminum flat tube evaporator, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 55-65.
9. Hwang, J. and Kang, B. H., 2006, An experimental study on the optimal operation condition of an air-cooler using thermoelctric modules, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 66-72.
10. Kim, K. S. and Yang, J. S., 2006, Cooling characteristics on the forced convection of an array of electronic components in channel flow(I) : The effect of H/B(without the heat sink), Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 73-80.
11. Koh, D.-Y., Yeom, H.-K. and Lee, K.-S., 2006, Pressure drop characteristics on HTS

- power cables with LN<sub>2</sub> flow, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 81~86.
12. Jung, J.-H., Shin, Y.-G. and Park, B.-Y., 2006, Study on the feasibility of applying forecasted weather data for operations of a thermal storage system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 87~94.
13. Jeong, B.-C., Lee, S.-J., Yoon, S.-C. and Kang, H. S., 2006, Optimization of convective trapezoidal profile fin having fluid inside the wall, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 95~102.
14. Kim, J.-Y. and Kim, K.-Y., 2006, Experimental and numerical analyses of unsteady tunnel flow in subway equipped with platform screen door system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 103~111.
15. Cho, W.-H. and Song, D.-S., 2006, A development of coupled simulation tool to evaluate performance of ventilation system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 112~121.
16. Yang, D.-K., Kim, M.-S. and Lee, K.-S., 2006, Characteristic of frost growth on a cold cylinder surface in cross flow, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 122~128.
17. Song, G.-E. and Lee, D.-Y., 2006, A method to reduce flow depth of a plate heat exchanger without loss of heat transfer performance, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 129~136.
18. Lee, C.G., Jeong, J. and Kim, C.N., 2006, A numerical study on the behavior characteristics of ethylbenzene and 1, 2, 3-trimethylbenzene in a conference room, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 137~143.
19. Cho, S.-W., 2006, The possibility on utilization of underground pit for reduction of cooling and heating load, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 144~150.
20. Kwack, K.-M. and Song, G.-D., 2006, Performance evaluation of finned tube heat exchanger with vortex generators in a low reynolds number regime, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 151~157.
21. Choi, K.-S., Sohn, W.-S., Kim, H., Rhim, S.-K. and Hur, K.-B., 2006, Effect of the exhaust heat from micro gas turbine on the performance characteristics of the absorption chiller, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 158~162.
22. Han, D. and Park, K., 2006, Fuzzy control algorithms for the compressor and the electronic expansion valve of a multi-type air-conditioning system using multiple input variables, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 163~171.
23. Tae, S. J., Choi, C. S., Kim, H. M., Cho, K., Moon, J. M., Kim, J. Y. and Kwon, H. J., 2006, Program development for detecting charged refrigerant amount in system air-conditioner using fuzzy algorithm, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 172~179.
24. Han, H., Shin, M.-W., Yom, C.-M. and Choi, S.-H., 2006, Air distribution performance according to the gap opening of a temperature controlled diffuser, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 180~185.
25. Lee, S.-C., 2006, A study on the optimal orifice location for air flow measurement in an air duct leakage tester, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 186~192.
26. Kim, N.-H., Cho, J.-P., Han, S.-P. and Choi,

- J.-Y., 2006, Performance analysis and testing of a cross-flow aluminum heat exchanger for kitchen ventilation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 193-201.
27. Han, S.-M., Choi, Y. D. and Park, M. S., 2006, Study of thermal stratification into leaking flow in the nuclear power plant, emergency core coolant system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 202-210.
28. Lee, K. H. and Kim, O. J., 2006, Effect of the thermoelectric element thickness on the thermal performance of the thermoelectric micro-cooler, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 211-217.
29. Jun, C.-H., Lee, H.-S., Kim, J.-D. and Yoon, J.-I., 2006, Performance characteristics of air-cooled heat pump system using hydrocarbon refrigerants according to variation of outdoor temperature, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 218-224.
30. Lee, K.-Y., Choi, Y.-S. and Yun, J.-H., 2006, Experimental and numerical studies on the flow characteristics of a fan-sink, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 225-230.
31. Kim, B.-H. and Choi, J.-M., 2006, An experimental investigation on the operating characteristics of a reversible loop heat Pipe, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 231-239.
32. Cho, S.-W., Im, Y.-B. and Lee, K.-H., 2006, A field measuring study on the thermal environment of human surrounding in the classroom equipped with ceiling unit, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 240-246.
33. Park, K.-J., Baek, I.-C. and Jung, D., 2006, Development of pool boiling heat transfer correlation for hydrocarbon refrigerants, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 247-253.
34. Kim, N. H., Lee, E.-R. and Min, C. K., 2006, Effect of oil on pool boiling of refrigerant on enhanced tubes having different pore Sizes, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 254-261.
35. Yu, H. K., Park, J.-C. and Rhee, E.-K., 2006, A study on the major building material and construction method influencing to IAQ through full-scale house construction, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 262-269.
36. Kim, N. J., Chun, W.-G. and Kim, C. B., 2006, Numerical study on the ocean sequestration of liquid CO<sub>2</sub>, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 270-278.
37. Hwang, I.-J., Woo, N. S. and Lee, H.-C., 2006, A study on the performance evaluation of hybrid energy system with geothermal and solar heat sources, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 279-286.
38. Jung, J.-H. and Shin, Y.-G., 2006, A study on the optimal control strategy of air-conditioning system with slab thermal storage, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 4, pp. 287-296.
39. Park, C., Chin, S. and Jurng, J., 2006, Experimental study on the characteristics of the heat transfer and the pressure drop inside the small diameter tube with the heat transfer enhancing geometry, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 4, pp. 297-303.
40. Kim, Y.-H., Choi, C.-H. and Lee, K.-J., 2006, Characteristics on spray cooling performance on the micro-porous coated sur-

- faces, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 304-311.
41. Hwang, J.-H., Baek, I.-C. and Jung, D., 2006, Performance of HCFC22 alternatives R1270, R290, R1270/R290, R290/HFC152a, R1270/R290/RE170 refrigerants for air-conditioning and heat pump applications, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 312-319.
42. Suh, J.-S., Park, Y.-S. and Chung, K. T., 2006, Influence of NCG charging mass on the heat transport capacity of variable conductance heat pipe, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 320-327.
43. Kwon, H. G., Park, S. H., Cho, H. H. and Park, K. S., 2006, Effect of inlet diffuser-angle for flow uniformity of Industrial electrostatic precipitators, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 328-334.
44. Pang, S.-K. and Park, B.-Y., 2006, The impact of bake-out method on the reduction of pollutant concentration in new apartments, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 335-343.
45. Kim, S. C. and Lee, S. H., 2006, Numerical prediction of smoke concentration in a compartment fire by using the modified volumetric heat source model, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 344-350.
46. Kim, H. J., Nam, B. Y. and Lee, G. Y., 2006, Analytical study on the performance of a rotary vane compressor, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 351-358.
47. Lim, K.-B., Lee, K.-S. and Lee, C.-H., 2006, A numerical study on the flow Characteristics of kitchen hood system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 359-369.
48. Seo, B.-T., Woo, N.-S. and Hwang, Y.-K., 2006, A study on the flow of drilling fluids in slim hole annuli, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 370-376.
49. Ha, O.-N., Lee, K.-T., Ha, K.-S., Jeong, S.-T., Kim, J.-H., Hong, S.-I., Yun, K.-S., Kim, Y.-H., Kwon, I.-W. and Lee, J.-I., 2006, The comparison of performance characteristics in refrigeration system using NH<sub>3</sub> and R22, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 377-383.
50. Rhi, S.-H., Park, J.-C., Cha, K.-I., Lim, T.-K., Lee, C.-G., Shin, D.-R. and Park, G.-H., 2006, Two-phase two-component loop thermosyphon with nanofluid, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 384-392.
51. Choi, B. S., Hong, H. and Lee, D.-Y., 2006, Investigation on the cooling characteristics of a regenerative evaporation water cooler, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 393-401.
52. Kim, W. N. and Kim, S. Y., 2006, Optimization of nozzle arrangement in a liquid direct contact cooling system : Constant inlet flow rate analysis, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 402-409.
53. Kim, J. and Cho, K., 2006, Effect of the flow rate of coolant on the absorption performance of a vertical absorber, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 410-417.
54. Kang, H., Choi, K., Park, C. and Kim, Y., 2006, Effects of accumulator heat exchanger on the performance of a refrigeration system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 418-425.
55. Huh, J.-H., Kwon, H.-S., Han, S.-G. and

- Ihm, P., 2006, A case study on the building energy savings through HVAC system optimization process, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 5, pp. 426-433.
56. Kim, H. J., Nam, B. Y. and Ahn, J. M., 2006, Performance analysis of scroll expander-compressor unit for CO<sub>2</sub> transcritical cycles, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 5, pp. 434-442.
57. Kim, K. M., Lee, D.-H. and Cho, H. H., 2006, Effects of discrete ribs on pressure drop in a rotating two-pass duct, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 5, pp. 443-450.
58. Myong, H. K., 2006, Solid-fluid interface treatment in conjugate heat transfer analysis using unstructured grid system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 5, pp. 451-458.
59. Shin, J.-Y., Son, Y.-S. and Lee, D.-Y., 2006, Design of a pin-fin structure in a channel considering the heat transfer and pressure drop characteristics, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 459-467.
60. Kang, D.-H., Choi, D.-H., Kim, S.-S., Kim, Y.-D., Yeo, M.-S. and Kim, K.-W., 2006, A prediction of VOCs emission rate with temperature variation in floor heating space by numerical analysis, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 468-476.
61. Oh, S.-Y. and Chang, Y.-S., 2006, Frost prevention of fin-tube heat exchanger by spreading antifreezing solution, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 477-485.
62. Pang, S.-K., Cho, W.-J. and Sohn, J.-Y., 2006, Characteristics of VOCs emission according interior finish materials and working phases of new apartments, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 486-492.
63. Sohn, B. H. and Shin, H.-J., 2006, Thermal conductivity measurement of grouting materials for ground heat exchanger borehole, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 493-500.
64. Choi, J. M., Kim, Y., Cheon, D., Kang, H., Yoon, J., Cho, H., Kim, Y., Lee, H., Choi, K., Kang, Y. and Jeon, J., 2006, Simulation of refrigeration system with MPCM slurry as secondary fluid, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 501-508.
65. Kim, K. S. and Yang J. S., 2006, Cooling characteristics on the forced convection of an array of electronic components in channel flow(II), *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 509-517.
66. Kim, M.-J. and Park, K.-W., 2006, Heat transfer characteristics of micro-encapsulated phase-change-material slurry, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 518-525.
67. Kim, Y. H., Ji, T. H., Kim, S. Y. and Rhee, G. H., 2006, Prediction of heat-up time of the glass plate by IR heaters in an LCD-panel cleaning process, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 526-534.
68. Kim, D.-G., Kum, J.-S. and Kim, S.-H., 2006, Evaluation of thermal comfort during sleeping in summer, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 535-540.
69. Hwang, J.-H., Oh, C.-Y. and Kim, M.-H., 2006, A prediction of hybrid ventilation system performance in apartment house, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 541-548.
70. Choi, S.-G., Hong, J.-K., Kim, Y.-B., Yang, C.-M. and Park, M.-K., 2006, An exper-

- imental study on the sterilizing and anti-bacterial performance of polybutylene pipe with nano-silver, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 549-555.
71. Kim, J.-K., Kim, S. S. and Kang, Y. T., 2006, Design of an ammonia/water bubble absorber with binary nanofluids, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 556-562.
  72. Kim, Y.-D. and Lee, Y.-G., 2006, A study on the emission characteristics of gaseous organic contaminants from building materials and newly constructed apartments, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 563-570.
  73. Lee, Y. P., Chung, J. D. and Yoon, S.-M., 2006, Characteristics of the ice slurry transportation system for district cooling depending on the transportation Lines, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 571-577.
  74. Lee, J. H. and Choi, Y. K., 2006, Numerical analysis on recirculation generated by obstacles around a cooling tower, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 578-586.
  75. Han, D. and Park, K., 2006, A system operating algorithm for the effective operation of a multi-type air-conditioning system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 587-595.
  76. Lee, D., Kim, B., Peck, J.-H., Hong, H. and Kang, C., 2006, Ice slurry formation of a solution in a pressurized plate heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 596-602.
  77. Park, M.-H., Kim, K.-C. and Lee, S.-C., 2006, A study on the mitigation schemes of thermal stratification phenomenon in a branch piping, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 7, pp. 603-612.
  78. Park, C.-H., Lee, Y.-S., Jeong, J.-H. and Kang, Y.-T., 2006, The experimental study on the heat transfer of HFC134a for condensation tubes with various enhanced surfaces, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 613-619.
  79. Park, K.-S., Choi, S.-G. and Hong, J.-K., 2006, The study on the distribution of indoor concentration of microorganism in commercial building, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 620-626.
  80. Kang, B. H., Jeong, I. K. and Kim, S., 2006, Effects of pulsating flow on evaporation of refrigerant in a plate heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 627-634.
  81. Choi, C.-Y. and Ko, S.-C., 2006, A practical approach for optimal design of pipe diameters in pipe network, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 635-640.
  82. Ryu, C., Lee, H., Kim, Y., Cho, H. and Cho, S., 2006, Simulation study on the performance improvement of a CO<sub>2</sub> system applying a two-stage phase-separate cycle, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 641-648.
  83. Choi, S.-Y., Kim, S.-H. and Yee, J.-J., 2006, The effect on indoor air quality improvement by ventilation rate in newly built apartment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 649-655.
  84. Jeon, Y.-H., Kim, J.-Y., Kim, N.-J. and Kim, C.-B., 2006, The convective heat transfer for the flow perpendicular to the tube array, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 656-662.

- 656-663.
85. Kim, Y. H., Kim, S. Y. and Rhee, G. H., 2006, Evaluation of spreading thermal resistance in symmetrical four-heat generating electronic components, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 664-671.
  86. Kim, Y. M. and Kang, B. H., 2006, Thermal analysis of a cryochamber for an infrared detector considering a radiation shield, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 672-677.
  87. Lee, K. H., Hong, Y.-J. and Kim, O. J., 2006, Analysis of heat transfer and drying characteristics in the dryer using the refraction of radiation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 8, pp. 678-686.
  88. Kim, N.-H., Park, T.-G., Han, S.-P. and Shin, T.-R., 2006, Distribution of air-water two-phase flow in a flat tube heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 687-697.
  89. Piao, R.-L. and Bae, D.-S., 2006, A study on the visualization and characteristic of mixed convection between inclined parallel plates filled with high viscous fluid, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 698-706.
  90. Kim, S.-H. and Park, Y. C., 2006, An experimental study on the performance of a heat pump with a refrigerant heating device, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 707-713.
  91. Choo, H.-S., Lee, K.-S. and Lee, D.-Y., 2006, Effects of evaporation water flow rate on the performance of an indirect evaporative cooler, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 714-721.
  92. Myung, H. K. and Kim, J. E., 2006, Numerical study on slanted cubical-cavity natural convection, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 722-728.
  93. Yoon, Y. H., Paeng, J. G. and Yoon, K.-S., 2006, Experimental measurement and numerical computation on the air-side forced convective heat transfer coefficient in plate fin-tube exchangers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 729-737.
  94. Park, C. W., 2006, A Study on the COP improvement of absorption chillers by recovering heat from the condenser, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 738-744.
  95. Yeo, K.-H., Yoo, K.-H., Son, S.-W. and Kim, Y.-S., 2006, An experiment on particle collection and gas removal in a 2-stage electrostatic wet scrubber, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 745-752.
  96. Park, C. W., 2006, The influences of the refrigerant adulteration by an absorbent on the cooling capacity and COP of the absorption chiller, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 9, pp. 753-760.
  97. Baek, I.-C., Park, K.-J., Shim, Y.-B. and Jung, D., 2006, Performance of R290 and R1270 as alternative refrigerants of R22 according to temperature variations of evaporator and condenser, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 10, pp. 761-767.
  98. Park, Y., Lee, H.-S. and Lee, S., 2006, A presumption of water supply amount for calculation of equipment capacity in high school building, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 10, pp. 768-775.
  99. Lee, Y. P., Ahn, Y. H. and Yoon, S. M., 2006, A district cooling system using ice slurry for the uncertain cooling load of the future and its economic evaluation, *Korean Journal*

- of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 776-782.
100. Lee, S.-K., Woo, J.-S., Ro, J.-G. and Kim, D.-K., 2006, A study on the estimation of soil formation thermal conductivities and borehole resistances with one-dimensional numerical model and in-situ field tests, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 783-790.
101. Han, D. and Jung, N., 2006, Fault diagnosis algorithm of an air-conditioning system by using a neural no-fault model and a dual fuzzy logic, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 791-799.
102. Kim, N.-H., Park, T.-G., Han, S.-P. and Lee, E.-R., 2006, Distribution of air-water two-phase flow in a flat tube heat exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 800-810.
103. An, J. S. and Choi, Y. D., 2006, A study of turbulence generation characteristics of large scale vortex flow mixing vane of nuclear fuel rod bundle, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 811-818.
104. Jeong, Y. J., Kim, S. Y., Kim, K. H., Kwak, J. S. and Kang, B. H., 2006, Effect of vanes on flow distribution in a diffuser type recuperator header, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 819-825.
105. Rhi, S.-H., Shin, D.-R., Lim, T.-K., Lee, C.-G., Park, G.-H. and Lee, W.-H., 2006, Development of nanofluidic thermosyphon heat sink, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 826-834.
106. Cho, H., Lee, H. and Kim, Y., 2006, Experimental study on the cooling performance improvement of a two-stage compression CO<sub>2</sub> cycle, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 835-841.
107. Park, K.-J. and Jung, D., 2006, Enhancement of pool boiling heat transfer coefficients with the use of carbon nanotubes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 10, pp. 842-850.
108. Kim, J. H., Hwang, Y. W. and Kim, M. S., 2006, Influence of charging amounts on the cooling performance of CO<sub>2</sub>/propane mixtures and concentration shift behavior, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 851-858.
109. Kim, J. H., Kim, M. S. and Kim, M.-H., 2006, Vapor-liquid equilibria of carbon dioxide and propane mixtures, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 859-866.
110. Kim, K. H., Kang, B. H. and Lee, D.-Y., 2006, An experimental study on the effects of contact angle on a falling liquid film, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 867-873.
111. Kim, Y., Choi, J. M., Kang, H., Yoon, J., Kim, Y., Lee, H. and Choi, K., 2006, Performance characteristics of a hybrid air-conditioner for telecommunication equipment rooms, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 874-880.
112. Park, C., Lee, S., Kim, Y. and Lee, Y., 2006, Mass flow characteristics and empirical modeling of R22 flowing through electronic expansion valves, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 881-887.
113. Kim, K. M., Park, S. H., Lee, D.-H. and Cho, H. H., 2006, Experimental study of reynolds number effects on heat/mass transfer and pressure drop characteristics in a rotating smooth duct, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.

- 18, No. 11, pp. 888-895.
114. Jung, J.-H. and Shin, Y.-G., 2006, A study on the optimal control strategy of air-conditioning system with slab thermal storage, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 896-905.
115. Choi, K.-I, Pamitran, A. S. and Oh, J.-T., 2006, Boiling heat transfer characteristics of R-290 in horizontal smooth minichannel, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 906-914.
116. Hong, S.-E. and Kang, H.-K., 2006, A study on the chilling start-up characteristic sand performance of a gas loaded heat pipe, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 915-922.
117. Lee, T.-G., Moon, S.-A., Yoo, H. and Lee, J.-H., 2006, Prediction of reentering ratio of individual cooling towers scattered on a building roof, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 923-932.
118. Choi, S.G., Lee, H.W. and Hong, J.K., 2006, A study on the multizone modeling for preventing transmission of air borne contagion, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 933-940.
119. Hong, S.-J., Ha, O.-N., Kwon, I.-W., Yun, K.-S., Hong, S.-I., Kim, J.-H. and Kim, Y.-H., 2006, A study on performance characteristics due to the degree of superheat in freon refrigerating system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 941-946.
120. Kim, D.-H., Hong, H., Yoo, H. and Kim, O. J., 2006, Simulation and verification experiment of cooling and heating load for a test space with forced ventilation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 947-954.
121. Park, K.-J., Baek, I.-C. and Jung, D., 2006, Pool boiling heat transfer coefficients of mixtures containing propane, isobutane and HFC134a on a plain tube, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 955-963.
122. Kim, C. S., Chung, H. S. and Jeong, H. M., 2006, A study on pump down operation performance of refrigerator, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 964-970.
123. Yang, S.-W., Lee, Y.-S., Jeong, J.-H. and Kang, Y.-T., 2006, Experimental study on heat transfer characteristics of HFC134a for enhanced tubes used in a flooded evaporator, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 971-976.
124. Lee, H.-S., Seong, G.-H., Phan Thanh Tong and Yoon, J.-I., 2006, Characteristics of condensing heat transfer and pressure drop of hydrocarbon refrigerants, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 977-983.
125. Kang, H., Park, C., Jeon, J. and Kim, Y., 2006, Performance characteristics of accumulator heat exchangers with operating conditions of a refrigeration system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 984-991.
126. Lee, K.-J. and Han, J.-H., 2006, Optimum design of waste heat boiler with water tube and three drum, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 992-998.
127. Pak, K.-J., Lee, S.-J. and Jang, Y.-K., 2006, An experimental study of temperature profiles in mixing zone of AHU with an air mixer, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 999-1006.
128. Jang, Y.-H., Kim, Y. and Lee, K.-J., 2006, Study on single-phase thermal and hydrodynamic characteristics in the entry region

- of a mini-channel heat sink, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 12, pp. 1007-1016.
129. Park, K.-J. and Jung, D., 2006, Pool boiling heat transfer coefficients of hydrocarbon refrigerants on various enhanced tubes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 12, pp. 1017-1024.
130. Yoon, H.-K., Shin, K.-H., Chang, K.-C., Ra, H.-S. and Yoo, S.-Y., 2006, Drag reduction phenomena of surfactant turbulent pipe flows, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 12, pp. 1025-1032.
131. Noh, K.-C., Son, Y.-T., Kim, J.-J. and Oh, M.-D., 2006, Characteristics of particle deposition onto the cleanroom wall panel with electrostatic voltages, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 12, pp. 1033-1038.
132. Kim, S.-R., 2006, A numerical study on the compression wave generated by the train entering a tunnel, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 12, pp. 1039-1046.