설비공학 분야의 최근 연구 동향 : 2010년 학회지 논문에 대한 종합적 고찰

한 화 택†, 이 대 영*, 김 서 영*,
최 종 민**, 김 수 민***, 권 영 철****, 백 용 규*****
국민대학교 기계시스템공학부, *한국과학기술연구원, **국립한밭대학교 기계공학과,
***숭실대학교 건축학부, ****선문대학교 기계공학과, *****서일대학교 건축과

Recent Progress in Air-Conditioning and Refrigeration Research : A Review of Papers Published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering in 2010

Hwataik Han†, Dae-Young Lee*, Seo Young Kim*,
Jong Min Choi**, Sumin Kim***, Young-Chul Kwon****, Yong Kyu Baik*****
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*
****School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea*
*****Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chung-nam 336-708, Korea*
******Department of Architect, Seoil University, Seoul 131-208, Korea*

ABSTRACT: This article reviews the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering during 2010. 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 new and renewable energy. Various topics were presented in the field of general thermal and fluid flow. Research issues mainly focused on the thermal reliability of axial fan and compressor in the field of fluid machinery. Studies on the design of ground source heat pump systems and solar chemical reactors were executed 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 heat transfer in thermoelectric cooling/power generation systems, combined heat and power systems, carbon nano fluid with PVP, channel filled with metal foam and smoke ventilation in a rescue station of a railroad tunnel. Also the studies on flow boiling of R123/oil mixture in a plain tube bundle and R410A charge amount in an air cooled mini-channel condenser were reported. In the area of industrial heat exchangers, researches on plate heat exchanger, shell and tube heat exchanger, enthalpy exchanger, micro channel PCHE were performed.

(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

heat transfer in thermoelectric cooling/power generation systems, combined heat and power systems, carbon nano fluid with PVP, channel filled with metal foam and smoke ventilation in a rescue station of a railroad tunnel. Also the studies on flow boiling of R123/oil mixture in a plain tube bundle and R410A charge amount in an air cooled mini-channel condenser were reported. In the area of industrial heat exchangers, researches on plate heat exchanger, shell and tube heat exchanger, enthalpy exchanger, micro channel PCHE were performed.
(3) Refrigeration systems with alternative refrigerants such as hydrocarbons, mixed refrigerants, and CO2 were studied. Performance improvement of refrigeration systems are tried applying various ideas of refrigerant subcooling, dual evaporator with hot gas bypass control and feedforward control. The hybrid solar systems combining the solar collection devices with absorption chillers or compression heat pumps are simulated and studied experimentally as well to improve the understanding and the feasibility for actual applications.
(4) Research trend in the field of mechanical building facilities has been found to be mainly focused on field applications rather than performance improvements. Various studies on heating and cooling systems, HVAC facilities, indoor air environments and energy resources were carried to improve the maintenance and management of building service equipments. In the field of heating and cooling systems, papers on a transformer cooling system, a combined heat and power, a slab thermal storage and a heat pump were reported. In the field of HVAC facilities, papers on a cooling load, an ondol and a drying were presented. Also, studies on HVAC systems using unutilized indoor air environments and energy resources such as air curtains, bioviolence, cleanrooms, ventilation, district heating, landfill gas were studied.
(5) In the field of architectural environment and energy, studies of various purposes were conducted such as indoor environment, building energy, renewable energy and green building. In particular, renewable energy and building energy-related researches have mainly been studied reflecting the global interest. In addition, many researches which related the domestic green building certification of school building were performed to improve the indoor environment of school.

Key words: Air conditioning(공기조화), Refrigeration(냉동), Fluid flow(유체유동), Heat transfer (열전달), Building facility(건축설비), Built environment(건축환경), Fluid machinery (유체기계), Piping(배관), New and renewable energy(신재생에너지), Heat exchanger (열교환기), Heat pipe(히트파이프), Phase change(상변화), Alternative refrigerants(대체냉매), Heating(난방), Ventilation(환기), Indoor air quality(실내공기질), Thermal comfort(온열쾌적성), Load analysis(부하계산)

1. 서 론

본 논문은 2010년도 한 해 동안 설비공학 논문집에 발표된 논문을 분석하여 설비공학 분야의 최근 연구동향을 파악하기 위한 것이다. 최근 에너지 문제가 큰 사회적 이슈로 떠오르면서 설비공학 관련 연구가 활발히 진행되고 있으며 상당히 진척된 연구결과가 다수 발표되었다. 주제에 따라 열유동분야, 열전달분야, 냉동분야, 건축설비분야, 그리고 건축환경분야 등 5개 분야로 분류하고, 각 분야를 다시 세 분류로 나누어 고찰하였다. 논문집에 게재된 116편의 논문에 대한 평가와 리뷰를 통하여 설비분야의 전반적인 연구 동향을 파악함으로써 앞으로의 연구 방향을 설정하는데 유익한 정보가 될

† Corresponding author
Tel.: +82-2-910-4687; fax: +82-2-910-4839
E-mail address: hhan@kookmin.ac.kr

수 있을 것으로 기대한다.

2. 열유동

2.1 개관

열유동 분야 연구는 크게 열유동 일반, 유체기계, 신재생에너지 분야로 분류하여 고찰하였다. 열유동 일반 분야에서는 다양한 주제의 연구가 수행되어 구체적 기술군을 분류하기가 어려웠다. 유체기계분야에서는 축류팬의 내열 신뢰성 확보와 압축기에 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. 열유동 분야의 연구는 수치해석적 기법을 적용한 연구방법이 주로 수행되었다.

Park and Son[67]은 가상경계법을 사용하여 낮은 종횡비영역($0.1 \le$ 종횡비 ≤ 1.0)에서 이의 변화에 따른 사각실린더 주위의 유동장에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 레이놀즈수가 증가함에 따라 실린더 후류의 와의 길이가 감소하는 것과 종횡비 증가에 따라 와의 간격이 변화됨을 밝혔으며, 레이놀즈 수와 종횡비가 사각 실린더 주의의 유동특성에 중요한 영향 인자라는 결론을 얻었다.

Son et al.[94]은 사각 밀폐계 내부에 원형 실린더가 존재할 때 자연대류 현상과 이로 인한 원형 실린더의 부상에 대한 수치해석적 연구를 수행하여 밀도차에 의한 부력의 영향으로 주위의 유체보다 가벼운 원형 실린더는 상승하며, Grashof 수가 증가함에 따라 자연대류의 영향으로 원형 실린더의 상승속도가 증가한다는 결과를 얻었다.

Lee et al.[99]은 일정한 진동폭에 대해 진동주파수의 변화에 따라 진동하는 구 주위의 유동에 관한 수치해석적 연구를 수행하여 고정된 구를 지나는 유동과 달리 주유동 방향에 비스듬한 방향으로 발달된 다리형상의 보텍스 구조를 갖는다는 결과를 얻었다. 또한, 주기가 커질수록 다리형상 보텍스 구조의 길이가 짧아지고 인접한 머리핀 형태의 보텍스 간격이 좁아진다는 해석 결과를 얻었다.

Yoo and Kim[74]은 위상 행렬과 그 전치행렬 및 선형화압력손실계수 행렬을 이용한 위상구성행렬식을 적용한 유로망 해석 기법을 제안하였으며, 기존 해석 알고리즘을 적용한 상용해석 프로그램인 Flow-master와 성능 및 해석결과의 정확도를 비교하여 제안된 위상구성행렬식법의 우수성을 검증하였다.

Choi et al.[9]은 줄무늬 형상을 갖는 구조물 위 물액적의 거동을 분자동역학을 이용하여 계산하였다. 표면에너지가 작을 때에 기둥 높이와 면적분율에 따른 접촉각 변화는 Cassie and Baxter equation과 같이 거의 없다는 결과를 얻었으며, 표면에너지가 증가하면 기둥의 높이에 따라 접촉각이 증가하다가 감소하고 면적 분율에 따른 접촉각은 물액적이 기둥의 끝단에 위치하는 효과에 의해 섭동을 일으킨다는 결과를 얻었다.

Park.[100]은 고도에 따른 대기온도구배를 고려한 배출가스 확산 특성을 수치적으로 해석하였다. 이를 통해 바람 및 지형과 건물 배치 등에 국한하여 평가되었던 기존의 배출가스 주거 환경 평가에 대기의 안정성 영향을 추가하여 보다 현실적이고 엄밀한 평가를 할 수 있는 기반 기술을 확보하였다.

Cha and Shin[20]은 기존의 연소불안정성 해석법으로 모든 형상을 가정한 정규모드법과 Galerkin법을 검토하고, 전달해석법을 기반으로 하여 열원을 시스템 입력으로 모델링하는 측면분기 개념을 적용한 연소기의 연소불안정 해석법을 개발하였다. 개발한 해석법은 연소프로세스를 피드백 제어 시스템으로 모사하여 전달매트릭스법과 전통적인 제어기법의 장점을 모두 갖추고 있으며, 복잡한 연소시스템도 단순한 시스템과 동일하게 해석할 수 있다는 특징을 가지고 있다. 개발한 연소불안정 해석법을 양단에 폐음향 경계조건을 갖는 가스터빈 연소기에 적용하여 개발된 해석 기법의 신뢰성을 검증하였다.

Tak et al.[70]은 연소 후처리를 이용한 CO_2 포집 시스템과 연계한 발전 설비의 성능 해석을 수행하였다. 이를 통해 흡수제의 MEA 농도는 허용 가능한 범위 내에서 최대한 높게 유지하는 것이 시스템의 효율 및 비용 등에서 유리하고 재생탑에서 분리되는 흡수제의 CO_2 농도는 높을수록 시스템 효율면에서 장점이 있다는 결론을 얻었다.

Seo et al.[36]은 상압 플라즈마를 이용하여 고분자 필름류(PC, PET, EVA)에 대한 표면 특성변화를 조사하였다. 플라즈마 발생 시 공정 변수인 출력주파수, CDA 유량, 처리시간에 따른 표면 특성 변화와 공기 중에서 노출 후 시간에 따른 표면 변화를 분석하였으며, 이를 통해 일반적으로 고주파수, 대량

의 반응가스, 처리시간이 길수록 모든 재질에서 표면 개질 효과가 크다는 결과를 얻었다.

Jeon et al.[54]은 LiCL 수용액을 이용한 액체 제습식 냉방 사이클의 재생열원으로 지역난방수를 사용하는 개방형 액체 제습식 냉방 시스템의 최적화를 위한 사이클 해석 프로그램을 개발하였다. 또한, 질량유량과 LiCL 수용액 농도 및 농도차 변화에 따른 사이클 최적화와 열교환기 설계인자의 최적화에 관한 기초 자료를 제시하였다.

2.3 유체기계

유체기계 분야에서는 축류팬 모터의 열신뢰성과 왕복동식 압축기의 가스맥동 및 원심형 압축기의 흡입가이드 베인에 관한 연구가 진행되었다.

Moon and Lee.[17]은 수치적인 방법을 이용하여 BLDC 모터가 축류팬에 설치되어 운전될 때 주위 온도에 따른 PCB 공간온도를 예측하였다. 또한, 흡입공기 온도와 PCB 공간온도와의 상관관계를 도출하고 이를 통해 가속수명시험을 통해 도출한 PCB 공간온도에 따른 수명식을 흡입공기온도에 따른 수명식으로 치환하여 수명분석을 실시하였다.

Kim et al.[13]은 병렬운전되는 2대의 대형 왕복동 압축기의 2단 토출 파이프라인에서의 압축기 간에 일어나는 가스맥동의 상호작용에 대한 해석적 연구를 수행하였으며, 왕복동식 실린더 2개가 병렬 연결되어 4개의 질량 유량 발생원을 갖는 경우에 대해 음향전달 매트릭스 구성방법을 제시하였다.

Sin et al.[18]은 HFC-134a를 냉매로 사용하는 원심압축기의 설계 이론과 유동해석을 통한 분석결과를 제시하였으며, 시작품 설계 및 성능 실험을 수행하여 해석 결과를 검증하였다. 해석결과로부터 흡입가이드 베인이 임펠러의 성능에 영향을 미치며, 원심압축기의 저부하 운전 시 흡입가이드 베인과 이동 피스톤이 연동하여 유량을 감소시키고 압력비가 줄어들어 서징 또는 불안정 영역을 피할 수 있다는 결론을 얻었다.

2.4 신재생에너지

다양한 신재생에너지 중에서 태양열 화학 반응기와 지열원 냉난방 시스템에 관한 연구 논문이 발표되었다.

Jung et al.[6]은 상용 전산해석 프로그램인 FLUENT를 사용하여 Spiral 형상의 태양열 화학반응기의 열효율 향상을 위한 수치해석을 수행하였다. 반응기 내부에서의 복사 열유속 분포 해석 기법에 대한 연구와 복사 · 대류 · 전도 열손실의 해석 기법을 정립하여 열손실을 최소화했다. 또한, 실제 Dish형 집열기에 반응기를 설치하여 메탄가스의 수증기 개질 반응 실험을 수행하고 화학반응에 적합한 최적의 반응기를 설계할 수 있는 기법을 개발 및 검증하였다.

Choi et al.[43]은 주간에 태양 복사열을 지중에 축열하고, 야간에 지중에 축열된 열량을 공조공간으로 방출하며 일반공조공간보다 외기 침입효과가 큰 난방부하 특성을 갖는 시설원예 설비의 난방시스템으로 지열원 멀티 열펌프 시스템을 적용하여 실증성능을 평가하였다. 부분부하에서의 난방 성능 및 시스템 용량가변 특성에 관한 성능 평가를 통하여 시설원예 적용 지열원 난방 시스템의 에너지 절감 가능성을 평가하였으며, 연간 에너지 소모량 감소를 위한 시스템 설계 및 최적 운전 제어 알고리즘 개발과 신뢰성 확보를 위한 기초자료를 제시하였다.

Lee et al.[84]은 지열원 열펌프 유닛과 지중열교환기 및 시스템의 성능 관련 공통 주요 변수인 지중순환수 유량 변화에 따른 성능 분석을 수행하였다. 현재 지열원 열펌프 유닛의 성능 인증 현황에 대한 분석을 통하여 지열원 열펌프 시스템 적용을 통한 에너지 절감을 이루기 위한 열펌프 유닛 인증 기준 개선안을 제시하였으며, 지중순환수 유량 변화에 따른 시스템 성능과 지중열교환기 설계에 관한 분석을 실시하여 지열원 열펌프 시스템의 효율향상과 시공비 절감을 위한 최적 설계 방안을 도출하였다.

3. 열전달 및 열교환기

3.1 개관

2010년도 게재된 열전달 분야의 논문을 바탕으로 열전달 일반, 산업용 열교환기 분야로 논문을 세분류하여 연구동향을 분석하였다. 열전달 일반분야에서는 열전모듈을 이용한 냉각 및 발전성능, 열병합 발전시스템 성능해석, 터널내 화재 가스유동 해석, PVP 탄소나노유체 및 발포금속에 의한 열전달 특성, R123/오일 혼합냉매 및 R410A 냉매의 열전달 특성 등의 연구가 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 판형 열교환기, 쉘튜브열교환기, 전열교환기, 마이크로채널 열교환기의 열전달 및 압력손실

에 관한 연구가 활발하게 수행되었다.

3.2 열전달 일반

공랭식 열교환핀이 부착된 열전모듈의 냉각성능에 관한 연구가 Shin et al.[101]에 의해 수행되었다. 열교환핀의 열저항이 감소함에 따라 흡열량과 성능계수가 모두 증가하여 냉각성능이 향상됨을 보였다. 운전온도 및 전기회로 구성방법에 따른 열전모듈의 발전특성에 관한 연구가 Kim et al.[97, 102]과 Han et al.[100]에 의해 수행되었으며, 운전온도의 증가에 따라 열전모듈의 전기저항은 선형적으로 증가하며 이러한 전기저항의 변화가 열전모듈의 발전성능 해석식에 반영되어야 함을 밝혔다. 또한 여러개의 열전모듈을 이용한 발전 시스템의 구성시 직렬 및 병렬 연결에 따른 발전 성능의 감소현상을 보고하였다.

Seo et al.[106]는 가스터빈발전기, 배열회수보일러, 스팀터빈발전기 및 지역난방 열교환기로 구성된 열병합발전 시스템의 계절별 성능을 해석하였다. 해석을 통해 지역난방 열교환기의 열원으로 공급되는 스팀터빈발전기의 추기 및 배기의 압력조건이 지역난방 열교환기의 열교환량을 결정함으로 보고하였다. Cho et al.[114]는 소형가스엔진 열병합발전의 운전거동 예측을 위한 동적 시뮬레이션 개념을 도입하여 부분부하 운전에서 발전효율과 열효율의 변화, 축열조 온도가 열병합발전의 운전거동에 미치는 영향 등을 밝혔다. Chung[107]는 성층화된 축열조의 해석을 위한 적분근사해를 제시하였다.

장대 터널내 구난역의 열차 화재시 제연을 위한 CFD해석이 Jung et al.[110]에 의해 수행되었다. 1D-3D 복합해석을 통하여 열차 화재시 승객의 대비 가능시간에 관한 자료를 제시하였다.

열전달특성 향상을 목적으로하는 연구로서, Seo et al.[103]은 PVP가 첨가된 탄소나노유체의 특성에 대해 연구하였다. 열전도도와 점도를 측정하여 탄소나노튜브 대비 300wt%의 PVP를 첨가한 경우의 열전도도가 가장 우수함을 보였다. Son et al.[105]는 구리와 니켈 발포금속을 사각채널에 채우고 열전달 특성을 고찰하였다. 핀-휜 구조물과 발포금속의 실험결과를 비교하여 발포금속의 열전달율이 다소 높음을 보였다.

경사면에서의 분무냉각 막비등 열전달에 관한 실험적 연구가 Kim[5]에 의해 수행되었다. 수평으로 설치된 냉각면의 경우 분무중심을 기준으로 좌우측의 열유속이 거의 동일하게 나타나며, 경사각이 증가하면 국소 열유속이 다소 증가함을 보였다.

냉매의 열전달 특성에 대한 연구로서, Lee et al.[91]은 평활관군에 대하여 R-123 냉매의 대류비등에 미치는 오일의 영향을 살펴보았다. 오일 농도가 증가할수록 열전달계수는 감소하여 오일 농도 1%에서 6~10%, 농도 5%에서 18~24%로 나타났다. Park[92]는 미소유로를 적용한 R410A A/C 시스템의 응축기 내부 냉매 충전량 예측을 위한 모델을 개발하였다.

3.3 산업용 열교환기

딤플형 판형 열교환기의 유동 및 전열특성에 대한 수치해석적 연구가 Ahn et al.[19]에 의해 수행되었다. 딤플의 크기와 배열을 다르게 한 모델에 대하여 해석을 통해 Colburn j-factor와 Fanning f-factor를 도출하여 제시하였다.

Kim et al.[41]는 단면형상 변화에 따른 전열교환기 열전달 특성변화에 대해 연구하였다. 해석결과, 입구형상이 삼각형에 근접할수록 열전달효과가 가장 크게 나타났으며, 길이방향으로 굴곡이 커짐에 따라 열전달효과 및 압력차가 증가함을 보였다.

Oh et al.[77]은 쉘-튜브 열교환기의 배플 높이와 배플 수를 변화시켜 열전달 및 압력강하에 미치는 영향을 살펴보았다. 배플 수의 증가에 따라 열전달을 증가하다 다시 감소하는 경향을 보였다.

Kim et al.[97]은 다섯 가지 마이크로 채널 PCHE (printed circuit heat exchanger) 열교환기를 제작하여 실험을 수행하고 결과비교를 위한 전산해석을 병행하였다. 열교환기 내부 채널의 기울임 각도가 증가하면 표면마찰을 받는 유로의 총 길이가 증가하여 압력손실과 마찰계수가 커짐을 보였다.

Moon et al.[79]는 전자장비 냉각을 위한 기-액 유동분리 구조를 갖는 소형 평판형 냉각장치를 개발하고 시험하였다. 제작된 실리콘 재질의 평판형 냉각장치는 동일 크기의 구리블록에 비해 열저항이 약 2배 작게 나타났다.

4. 냉동

4.1 개관

탄화수소 및 혼합냉매, 이산화탄소 등 대체냉매를 적용한 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 냉동

및 냉방 시스템의 성능 향상과 관련한 실용적 연구가 수행되었다. 태양열과 흡수식 또는 태양열과 열펌프를 복합 적용하는 하이브리드 시스템에 대한 시뮬레이션 및 실증시험 연구가 진행되었다.

4.2 대체 냉매

Jang et al.[34]은 가정용 냉장고에 R134a나 R600a (이소부탄)를 적용하는 경우, 적용 냉매에 대하여 냉매 충전량, 모세관길이, 흡입관경, SLHX 길이 등을 최적화하기 위한 연구를 수행하였다. Kang et al.[49]과 Park et al.[108]은 기존 자동차 공조기 냉매인 R134a를 보충하거나 대체하기 위한 냉매로 R152a, R134a/R152a의 2원 혼합냉매, 여기에 HC290을 섞은 3원 혼합냉매, R1234yf와 R1234yf/R134a 혼합냉매를 대상으로 하여 냉방과 난방 조건에서의 성능시험을 실시하여, 성적계수, 냉난방 용량, 압축기 토출온도 등을 비교하였다. Bae and Cho[85]는 이산화탄소 사이클의 증발기와 가스쿨러로 핀-관 열교환기와 마이크로채널 루버핀 열교환기를 적용하는 경우의 성능을 비교 고찰하였다. Park et al.[44]은 R1234yf를 R134a를 대체하여 대형 냉동기에 적용하기 위한 기초연구로 평활관, 낮은 핀관, Turbo-C 촉진관에 대한 외부 응축열전달계수를 측정하여 R134a의 값과 비교하였다.

4.3 냉동사이클 성능향상

Lee at al.[4]은 R410a를 적용한 시스템 에어컨에서 냉매량이 시스템 성능에 미치는 영향을 시험하고, 현장 설치시 적정냉매량을 충전여부를 판정할 수 있는 방법을 제안하였다. Lee et al.[47]은 응축기에서 응축된 포화냉매액을 축열된 냉열을 이용하여 과냉각시킴으로써 냉각능력을 향상시킬 수 있는 냉매과냉각형 냉동시스템의 운전특성을 실험적으로 고찰하였다.

Ha et al.[53]은 냉장고 가스켓 주위 열손실을 수치해석 방법으로 비교 평가하여 개선방향을 제시하였다. Cha and Kwon[98]은 기존의 반도체 칠러 성능을 향상시키기 위한 목적으로, 2대의 증발기와 핫가스 바이패스 방식을 적용한 냉동기에 대한 실험적 연구를 수행하였다. Gil and Choi[115]는 김치저장용기의 온도편차를 감소시키기 위한 방안으로 김치냉장고의 증발기와 저장용기 사이에 염수팩을 삽입하는 간접냉각방식의 성능을 실험하였다. Shin[35]은 차량용 공기조화시스템의 제어알고리즘을 연구하였으며, 일사량 및 외기온도 등 외란 변화에 신속히 대응할 수 있는 피드포워드 제어루틴을 시뮬레이션하였다.

Baek et al.[57]은 LNG-FPSO(LNG-Floating Production Storage and Offloading)에 적용하기 위한 LNG 액화공정용 질소 팽창 사이클의 효율증가방법을 연구하였다.

Shin et al.[110]은 이중효용 흡수식 냉동기에서 고온재생기 내 용액 액위 거동을 분석하고, 이를 적절하게 제어하기 위한 방법을 제안하였다.

4.4 재생에너지 이용 시스템

Shin et al.[11]은 태양열을 보조열원으로 이용하는 일/이중 겸용 흡수식 냉동기에 대한 동특성 모델을 개발하고 시뮬레이션을 실시하였다. Pyo et al.[38]과 Kim and Cho[106]는 태양열 시스템과 보조열원으로 전기식 공기열원 열펌프로 구성된 시스템에 대하여 각각 봄철과 겨울철 급탕/난방특성에 대한 실험적 연구를 수행하였다.

Dash-Ulziiutas et al.[42]은 재생증발식 냉각기를 적용한 제습냉방시스템의 재생공기 도입부에 직접증발식 냉각기를 설치함에 따른 냉방용량 및 성적계수 변화를 연구하여, 설치 타당성을 평가하였다.

5. 건축기계설비

5.1 개관

건축기계설비 분야에 관련된 논문은 냉난방 시스템, 공조설비, 실내공기환경, 에너지 자원화, 및 기타설비로 분류하여 고찰하였다.

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

5.2 냉난방 시스템

Han et al.[10]은 열차 주변압기 냉각 시스템의 에너지 사용을 효율화 시킬 수 있는 제어 알고리즘 개발을 위하여 실험을 통해 수학적 모델을 개발하고

자 하였다. 주변압기 냉각 시스템에는 안전장치는 설치되어 있지만 오일펌프와 송풍기가 최대속도로 가동되고 있어 이에 대한 개선방안이 필요한 실정이다. 따라서 주변압기, 오일펌프, 오일쿨러, 송풍기로 구성된 열차 주변압기 냉각 시스템의 정적모델과 동적모델을 개발하였다. 또한 Han et al.[66]은 열차 주변압기 냉각 시스템의 에너지 효율을 최대화할 수 있는 송풍기와 오일펌프의 제어 알고리즘을 개발하였다. 이를 통해 설정 알고리즘과 제어 알고리즘으로 구성된 지능제어 알고리즘의 성능을 분석하였다.

Cho et al.[26]은 데이터 센터 내 IT 장비의 소비전력 및 처리능력이 크게 증가함에 따라 효율적인 발열처리에 대한 공기분배 시스템의 중요성을 강조하고 있다. 따라서 데이터 센터의 IT 서버 발열제거와 관련된 공조효율 증대를 위한 공조 파티션 시스템을 제안하고 그 성능을 객관적으로 분석하기 위하여 데이터 센터 공기분배 시스템의 효율평가 방법에 대한 연구를 수행하였다. Kim et al.[32]은 300 kW급의 발전용량을 갖는 소형가스엔진 열병합발전 시스템의 성능평가에 대해 연구하였다. 배열회수 시스템의 설계 및 성능을 실험하고, 파일로트 플랜트에 설치하여 실증운전을 수행하였고, 배가스 열교환기로 쉘-튜브형 열교환기 및 쉘-플레이트형 열교환기를 설계하였다. 기존 방법론에서는 장시간 걸렸던 성능평가법을 정상상태진단 및 데이터 필터링 기술을 적용하여 자동화하였다.

Jang[73]은 기존의 전열교환 환기유닛과 냉동기를 일체화하여 외기 및 환기가 도입되는 유입구 부분과 급기 및 배기를 시키는 유출구 부분에 기류방향을 전환시킬 수 있는 댐퍼를 설치하여 냉동기를 역사이클로 운전하지 않고 기류전환으로 계절에 따라 냉난방 및 동시에 외기도입이 가능한 기류전환형 히트펌프를 개발하여 동계 외기온도 변화에 따른 시스템의 운전특성을 실험적으로 연구하였다. Han et al.[89]은 실용화가 용이한 표준화 거리 기법과 규칙기반법을 이용하여 단일 덕트 정풍량 공조시스템에 대한 고장검출 및 진단 알고리즘을 제안하였다. 제안한 고장검출 및 진단 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 기존 연구를 통해 작성된 표준모델 건물 내 정풍량 공조시스템을 대상으로 무고장과 고장상태 시뮬레이션을 수행하였다. Song et al.[90]은 반도체 클린룸에서 소비되는 외기부하를 절감하기 위한 배기 열회수식 에어와셔 시스템의 열회수량을 산출할 수 있는 수치해석 방법을 개발하고 겨울철 및 여름철의 계산결과를 기존의 실험결과와 비교하여 수치해석 방법의 타당성을 검토하였다. 또한 배기 열회수식 에어와셔 시스템에 대한 열회수량을 산출하고 이로부터 전력 절감량, 에너지절약금액, 이산화탄소 감축량을 평가하였다. 축열조를 사용하여 축·방열량을 조절하는 수축열, 빙축열 시스템과는 달리 방열제어에 있어 난점을 지닌 슬래브 축열 시스템의 경우, 축열 중의 열손실, 에너지소비 및 비용 등 여러 요소를 고려하여 효과적인 운용이 필요하다. 따라서 Jung[93]은 공조기 처리열량 및 평가함수를 적정 축열 시간을 평가 기준으로 하절기 실측치를 사용하여 사무소 건물의 슬래브 축열 공조시스템의 적정 축열 시간이 어느 정도인지 검토하였다.

Suh et al.[104]은 태양열 집열 시스템을 이용한 급탕 난방 시스템에서 TRNSYS를 이용하여 태양열 시스템의 열성능을 태양열 의존률을 중심으로 해석적으로 평가하였다. Baffle식 축열 시스템이 단일 축열 시스템에 비해 태양열 의존률이 높게 나타났으며, 동시에 집열기의 효율 및 열손실계수가 시스템의 태양열 의존률에 상당히 영향을 미침을 보여주었다.

5.3 공조 설비

온돌설비가 포함되지 않은 건물에너지 시뮬레이션은 연속난방의 경우에는 비교적 총 에너지 소비량의 적절한 추정이 가능하나, 간헐난방에 적용하면 상당한 차이를 가진다. 이는 온돌자체의 복잡함과 축열효과 및 시스템 응답의 지연 등 계산상 어려움 때문이다. 대부분의 난방방식이 온돌인 한국의 주택에 대한 정확한 에너지 및 쾌적성 시뮬레이션을 위해서는 온돌을 포함시킨 해석이 필요하므로 Hong et al.[48, 60]은 이에 대한 방법을 제시하고 온·오프 제어와 정유량 제어방식에 적용하여 분석하였다. 정유량 제어방식에서 적절한 유량분배를 위한 개도조정이 필수적이며 성공적인 제어의 관건이라 할 수 있을 만큼 매우 중요하다. 개도조정이 적합하지 않은 경우 온도제어 구간을 벗어나는 과열, 과냉현상이 심화되며 쾌적성 저하와 더불어 설정온도를 높이는 경향을 보여 에너지 낭비로 직결될 수 있으므로, 새로운 개도조정 방식을 제시하고 이에 대한 적합성을 연구하였다.

Kim et al.[63]은 열교환기를 사용한 냉각재 가열

장치에서 주요 성능변수가 변화함에 따른 성능변화 특성을 알아보기 위해 시스템의 각 구성요소를 통과한 공기의 상태를 예측할 수 있는 모델을 제시하고 이를 통해 조건변화에 대한 열교환기와 냉각코일 및 보조재가열 코일의 열전달량을 계산하였으며, 에너지 절감의 변화를 조사하였다. 열교환기를 사용한 에너지 절약형 냉각 재가열장치의 최종 조건을 요구조건에 부합시키기 위해서 보조재가열 장치를 사용한 방식과 바이패스 댐퍼를 사용한 방식 두 가지를 고안하였다.

Yoo et al.[103]은 건물의 열적특성을 고려함과 동시에 사용자가 사용하기 쉽고 적용 건물에 대한 과거 운전 데이터 없이 건물의 면적값과 기상청의 일기예보로부터 쉽게 얻을 수 있는 익일 최고온도와 최저온도만을 가지고 냉방부하를 예측할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 제안된 냉방부하의 신뢰성을 검토하기 위해 11개의 집단건물에 냉방부하를 공급하는 냉방 시스템의 실측부하 데이터와 예측부하를 비교하였다. 냉방시스템의 효율적이고 경제적인 운전전략수립을 위해 건물의 면적과 기상예보를 이용하여 매우 간편하게 시간별 냉방부하를 예측하는 기법을 제안하였다.

Kim et al.[107]은 도장 보수용으로 많이 사용되어 오고 있는 열풍을 이용한 자동차용 도료건조 특성과 에너지 소비량을 가열패널 건조장치와 비교하였다. 가열패널은 소규모 건조에 유리한 이점 뿐만 아니라 구조가 단순하고 설치가 용이하므로 현재 운영되고 있는 열풍을 이용하는 중 · 소규모형 비연속식 자동차 도장보수용 건조장치의 구조를 변경하지 않고 열원을 열풍에서 가열패널로 변경하여 쉽게 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서 동일한 실험장치 내에서 가열패널을 이용한 건조장치와 열풍을 이용한 건조장치의 건조특성과 에너지소비량을 비교하는 것이며 건조특성을 비교하기 위한 측정값으로 도료의 표면경도와 표면 광택도를 선택하였으며 건조시간과 피건조물의 표면온도를 변수로 선정하였다.

Kim et al.[109]은 기존 시스템에 빙축열조와 과냉각기만을 추가로 설치하여 시스템의 효율을 향상시켜 이용할 수 있는 냉매과냉각 시스템을 구성하고 과냉각도에 따른 냉동 시스템의 성능특성 변화 및 전력수요관리 효과를 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 부하관리의 대표적인 설비중 하나인 축냉 시스템을 적용하여 에너지의 효율적 이용을 도모하여 효율이 높은 냉동 시스템을 설계하였다. 또한 경제적인 측면에서의 전력수요 관리 및 냉매과냉각에 대한 효과를 살펴보고 결과를 제시하였다.

5.4 실내공기 환경

Sung[8]은 비순환형의 하향 토출방식을 기준으로 난방공간에서 토출각도 변화에 따라 차단효율과 기류상태의 변화에 대한 분석을 통하여 가장효과적인 조건에 대하여 조사하였다. 에어커튼을 설치할 때 제트노즐의 토출방향과 토출속도 선정이 매우 중요하고, 설치효과인 차단효율에 크게 영향이 미치는 것을 확인하였다. Noh et al.[29]은 Class 1000의 청정도로 운영되고 있는 클린룸에 대해서 전산유체역학 기법을 도입하여 3차원 기류 해석을 수행하였다. 클린룸에서 장비 유무에 따른 점유상태, 필터와 다공패널의 배치, 하부 플레넘의 높이 등을 변수로 하고 평가지표로서 편향각과 기류 균일도를 사용하여 편류 개선에 대해 연구하였다. Park et al.[96]은 인플루엔자A 병원균이 실험실에서 공기 중으로 방출되는 경우에 대해 실험실 전실의 압력차와 실험실 문의 누설면적에 따른 병원균의 확산과 제거특성에 대해서 멀티죤 시뮬레이션을 수행하였다. 또한, 설정된 실압을 유지하기 위해서 누설면적에 따른 급배기 풍량과 그 변화로 인한 공조에너지 사용량에 대하여 파악하였다. 연구결과는 향후 생물안전 3등급 연구시설의 설계 및 검증의 도구로서 활용하고, 나아가 실험자의 안전 및 시설의 운용 안전성 제고에 도움을 주었다.

Yi et al.[112]은 아연도금 공장에서 운용중인 흄제거를 위한 기존의 급기-흡기 국소 환기 시스템을 개선하기 위해 환기시스템의 구조를 변경하였을 경우에 대해 유동특성 등을 파악하였다. 기존 환기시스템에 대해 CFD를 이용하여 유동해석 등을 분석한 결과, 기존 시스템의 경우에 에어커튼에서 분사되는 공기가 후드 상부에서 흄이 비산되는 것을 잘 막고 있지만, 개선된 시스템에서 급기후드를 설치하는 것이 넓고 큰 압력으로 흄을 제거시킬 수 있음을 확인하였다. Lee et al.[114]은 바이오 공격이 건물을 대상으로 발생할 경우에 실내 미생물오염의 거동과 미생물 제재의 종류에 따른 효율적인 제거방안을 알아보기 위하여 몇 가지 시나리오에 따라 건물내부에 퍼져나는 미생물 제재의 효율적인 제거방안을 해석적으로 조사하였다. 또한 이러한 바이

오 공격에 대한 대책으로서 면역건물기술을 도입하여 방지 대책을 수립할 경우 건물내부에서 어느 정도 효과를 얻을 수 있을 지에 대하여 평가하였다.

5.5 에너지 자원화

Kim et al.[7]은 공공하수처리시설에 적합한 에너지 자립 기술과 국내・외 하수처리시설의 에너지 자립실태를 분석한 후, 편익・비용 비율분석에 의한 재생에너지원별(소화가스발전, 풍력발전, 소수력발전, 태양광발전 등) 효용성을 평가하고, 공공하수처리시설에 적합한 에너지 자립모델을 조사하였다. 최대로 열을 사용하는 시간대가 주택과 건물이 서로 다르므로 주택과 건물의 비율에 따라 열을 사용하는 범위가 바뀌게 되고, 연간 외기온도의 변화에 따라 주택과 건물의 난방패턴이 달라지므로 Lee et al.[16]은 공동주택과 건물의 비율변화에 따른 일일 및 연간 열사용 패턴의 변화를 분석하여 수요개발 가능범위를 예측하고 이에 따른 연간 열사용량을 제시하였다.

Kim et al.[23]은 국내 지자체의 향후 폐기물 매립계획과 매립지 이용계획 등을 고려하여 매립가스 발생량을 추정하고, 연구대상 매립지를 선정한 후, 가스엔진 발전의 도입에 따른 경제성분석을 수행하여 매립가스 자원화 사업의 가능성을 조사하였다. 매립가스 자원화 시설이 도입되지 않은 중・소규모 매립지를 대상으로 매립가스 발생량을 추정한 후 매립가스 평균 추정 발생량이 2 Nm³/min 이상인 매립지 14개소를 연구대상 매립지로 선정하여 가스엔진 발전 도입에 따른 편익과 비용을 분석하고 경제성을 평가하였다.

5.6 기타설비

Kim et al.[2]은 고온 연소가스로부터 나노입자를 효과적으로 포집, 제거할 수 있는 고성능 고온용 나노 세라믹 필터에 개발연구를 진행하였다. 고온용으로 널리 사용되고 있는 여과방식은 세라믹 필터를 사용한 방식이 있으나 압력손실이 높은 것이 단점이다. 따라서 세라믹 재질을 이용하여 고온의 환경에서 적용이 가능하며 HEPA 급의 포집효율을 가지도록 하는 고성능 나노 세라믹 필터를 개발하여 특성을 분석하였다.

최근 환경 문제와 더불어 자원 재활용이라는 관점에서 건설 폐기물의 재처리는 그 중요성이 날마다 증대되고 있다. 치차형 스크린은 치차의 회전에 의하여 골재가 이송되고 분리되는 선별기이다. Kim et al.[27, 28]은 국산 치차형 스크린을 개발함에 앞서 치차형 스크린의 기본 설계와 선별 성능을 예측해 볼 수 있는 동역학 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 치차형 스크린의 선별 성능을 향상시키기 위하여 치차부를 구성하고 있는 스페이서와 치차의 형상을 해석대상으로 선정하였으며 이들 설계형상이 분리성능에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 예측하였다.

국내 집단에너지 사업의 대표적인 지역난방 시스템은 전체 배관망이 약 3,000 km에 이르고 있으며, 이러한 장거리 배관망을 통한 열수송에서는 마찰저항으로 인해 많은 펌프동력이 필요하다. 효율적인 장거리 열수송을 위한 연구로서 대표적인 방법 중 하나가 마찰저감제를 투입하는 것이다. 따라서 Cho et al.[51]은 고분자 물질로서 Polyacrylamide와 Xanthan Gum, 계면활성제인 Amine Oxide를 활용하여 온도영역 50℃~80℃ 범위에서 단기간 동안에 마찰저감 특성을 비교하고 장기간동안 마찰저감 성능이 소멸되는 퇴화현상을 비교 평가함으로써 향후 지역난방 시스템에서 적용 가능성을 평가하였다.

국내에서 현재 활용되고 있는 난방도일이 30년 전에 정립된 데이터여서 Cho et al.[56]은 변화된 기후에 적절한 난방도일의 기준을 설정하기 위해서 국내의 주요 15개 지역을 대상으로 약 30년 동안(1971년부터 2006년까지)의 기상자료를 분석하여 주요 도시별 새로운 난방도일을 제시하였다. 난방도일을 정의하는 방법은 실내 설정온도 만에 의한 난방도일 방법보다는 실내기본 설정온도와 무부하온도를 포함하는 난방도일법이 더 현실성이 있는 것으로 분석되었다.

최근 국내에서 항만 근해에서 항구의 기능을 대체할 수 있는 획기적인 개념의 모바일하버에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 따라서 Kim et al.[87]은 모바일하버에 고정 장치가 없는 상태에서의 컨테이너 운동해석을 통해 컨테이너 고정 장치의 필요성에 대해 알아보고, 모바일하버에 컨테이너를 적재할 때 보다 용이한 작업을 위해 새로운 개념의 적재 유도 시스템을 제안하고 이에 대하여 시뮬레이션을 통해 동역학적 해석 및 검증을 수행하였다.

배관설비는 공업용 배관 뿐 아니라 고층화 대형화되고 있는 건축설비용 배관에서도 고압의 필요성

이 날로 증가하고 있다. 따라서 Lee[101]은 플러그 드로잉방식으로 성형한 분기배관의 사용압력을 제시하고 고압용 배관재료인 KS D 3562 Sch40과 KS D 3576 20S를 대상으로 두 재료의 사용에 대한 동등성을 확인하였다.

공조계통의 소음을 저감시키기 위해 공조시스템의 덕트라인에 흡음형 소음기 및 공명형 소음기와 같은 덕트 매립형 소음기를 설치하여 소음을 저감시킨다. 따라서 Lee et al.[116]은 흡음형 소음기와 공명형 소음기에 대하여 소음기의 성능 지표인 삽입손실을 각각 측정하여 성능비교를 하였다. 그리고 소음기를 실제 공조 시스템에 설치하여 사용할 때에 발생할 수 있는 정압 손실을 고려하여 유속에 따른 소음기의 삽입손실 변화에 대한 연구를 수행하였다.

6. 건축환경 및 에너지

6.1 개관

건축환경 및 에너지 분야에서는 다양한 연구가 이루어졌다. 실내환경, 건물에너지, 신재생에너지, 친환경 건축물 등 다양한 주제가 연구되었으며, 특히 전 세계적인 관심사를 반영하듯 신재생에너지 및 건물에너지와 관련된 다양한 연구가 진행되었다. 또한 국내 친환경건축물 인증제도와 관련되어 2005년 이후 친환경건축물 인증대상으로 편입된 학교 건축물을 대상으로 인증항목 분석 및 학교 건축물의 다양한 부문이 연구되었다.

6.2 실내 환경(온열, 빛, 실내공기질)

실내 환경 분야에서는 여름철 열대야 발생시 탑상형 아파트의 실내온열환경에 대한 연구가 진행되었으며, 조광제어 시스템 적용시 실내조도의 변동 예측을 위한 포토센서의 주광조도 분석 및 조도변화에 대한 실내 빛환경 만족도를 분석하였다. 또한, 컬러TV 제품의 오염물질 방출특성 평가방법과 관리 기준안 설정에 대한 연구 와 새집증후군 저감대책을 위한 실내 오염물질 확산 해석 코드 개발 및 적용에 관한 연구가 진행되었다.

Chang et al.[3]은 실내 온열환경에 대한 연구에서는 현장측정을 통해 그 문제점과 개선방향에 대한 검토를 하였으며 구조체의 축 · 방열 특성에 대한 보다 상세한 고찰과 함께, 탑상형 아파트에서의 통풍률 향상을 위한 평면 및 창호 개발에 대한 연구의 방향을 제시하였다. Kang et al.[105]은 초고층 건물의 외피부분이 실내온열환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 인공태양실험실을 활용하는 운영 프로세스를 작성하였으며, 일반적으로 사용되는 멀티코팅유리 및 복층유리를 대상으로 블라인드 설치위치에 따른 창호의 에너지 성능을 평가하였다. Kim[102]은 소규모 사무실공간을 대상으로 조광제어 시스템이 적용되는 경우 포토센서에서 감지되는 조도의 변화량을 분석하였으며 전기조명기기의 출력량의 변화범위를 효과적으로 제어하기 위하여, 건물 전면의 유리에 유입되는 주광의 증감범위를 포토센서의 제어에 적용하는 것을 제안하였다. 또한 Kim[71]은 소규모 사무실공간에서 전기조명이 재실자의 시각적인 만족감에 미치는 영향을 분석하였으며 조광제어 시스템이 적용되는 소규모 공간에서 시각적인 불만족도를 최소화하는 차양조건 및 시각적인 산란감을 최소화할 수 있는 범위내에서 조도변화를 유지해야 한다고 제안하였다. Kang et al.[39]은 TV 제품군의 오염물질 방출농도 및 방출량 평가기준에 있어 개별 VOC와 TVOC가 모두 사용되어야 할 것이라고 제안하였다. Jeon et al.[95]은 실내 오염물질 확산해석용 코드를 개발하였으며 실내 오염물질 확산의 거동을 분석하였다. Choi[45]는 부유세균 관련 실험 및 실제 실내 환경의 제한 등 실험적인 접근이 어려운 상황에 대한 대안으로 기존의 실험에 대한 시뮬레이션 모델을 제시하고 이들이 나타내는 결과를 실험적인 결과와 서로 비교하도록 하였다. 또한 제시한 모델을 이용하여 실험할 수 없었던 상황을 모사하고 이 결과들을 바탕으로 시뮬레이션 이용 결과의 적절성에 대한 타당성을 판단하였다.

6.3 친환경

친환경 분야에서는 주로 국내 친환경인증제도와 관련되어 학교건축물의 인증 항목 분석 및 개선방향을 제시하는 연구가 주로 진행 되었으며, 80년대 기준 아파트와 현 정부에서 추진하고 있는 에너지 절약형 친환경 주택의 CO2 배출량을 비교 분석하는 연구가 진행되었다.

Kwag et al.[14]는 2005년부터 학교 부문에서의 친환경인증제도 도입에 따라 학교부문에서의 친환경성의 중대함을 제시하고 있으며, 특히, 친환경 인증제도의 9개 항목 중 재료 밑 자원부분을 실제 학교

에서 가장 많이 사용하는 성장기의 아이들과 교사들의 직접적인 신체접촉이 이루어지는 부분을 주안점으로 맞추어, 40개 학교의 실제 인증사례를 분석하고, 친환경 인증제도의 사례분석의 연구에서 재료 및 자원부분의 범주를 지정하여 문제점 도출과 개선방향을 연구하였다. Kwon et al.[15]는 친환경 인증대상에서 학교시설의 인증대상건축물 및 인증건축물이 급격하게 증가됨에 따라 친환경 학교건축물 인증제도의 운영이나 관리측면에서 새로운 차원의 검토에 대한 필요성을 제시하였으며, 친환경인증을 획득한 여러 학교 시설들을 대상으로 친환경인증항목 중 "생태환경" 부분의 설계, 시공현황을 파악한 후 평가 항목들을 분석함으로써, 추후 친환경 학교시설 계획 시 개선과 고려가 필요한 사항들을 도출하고 제도개선 방향을 위한 연구를 진행하였다. Shin et al.[75]는 학교시설 국내 친환경 인증 제도의 실내환경 부문을 분석하여, 그에 대한 평가대상 및 항목기준에 관한 검토와 현실에 맞는 발전방향을 모색하고자, 2005년부터 2008년까지 국내 친환경 인증제도 인증점수를 획득한 40개 학교건물을 대상으로 인증제도의 분야별 평가 기준과, 실내환경 인자에 대해서 각 항목의 가중치 및 배점 현황을 알아보고 데이터 분석을 하였으며, 조사・분석된 내용을 바탕으로 40개 학교의 실내 환경부문의 문제점과 개선안을 도출하여 제시하였다. Kwon et al.[76]는 최근 친환경 인증을 받은 학교시설물의 인증항목 중 토지이용 및 교통부문에 대한 세부 평가항목의 내용을 분석하고, 득점비율이 높거나 낮은 평가항목들의 원인을 파악하여 향후 학교시설에서 친환경 인증을 받고자 할 때 도움을 주고, 친환경 학교건축물과 관련된 체계적인 정보 구축에 있어 인증실적 관리 및 인증건축물에 대한 정보제공을 위하여, 친환경 인증의 여러 평가범주 중 토지이용, 교통과 관련된 문헌자료를 분석하고, 각 세부 항목에 대한 도입 배경 및 평가 방법에 대하여 조사하였다.

Kim et al.[30]는 80년대 기준 아파트와 현 정부가 추진하고 있는 에너지 절약형 친환경 주택인 그린홈의 라이프 사이클에서 배출하는 CO2 배출량을 비교 분석 하여 84 m^2 아파트 세대를 기준으로 환경부하를 평가하였으며, 기존아파트의 열성능을 그린 홈 수준으로 향상시키기 위한 추가적인 자재 구입 비용은 2009년 말 기준 272만 원으로 확인하였으며, 그린 홈 시공시 건설단계에서 4.8896Ton의 CO2가 배출됨을 확인하였다. 또한 그린홈의 경우 기존 아파트의 LCCO2 에서 약 83%를 차지하는 유지관리단계에서의 CO2 배출량을 52% 이상 줄일 수 있다는 것을 확인하였으며, 향후 연구로 LCC에 대한 분석을 통하여 비용 대비 최적 환경부하 평가의 필요성에 대하여 제시하였다.

6.4 신재생에너지

Son et al.[81]는 자연에너지와 외기부하를 키워드로 자연에너지의 하나인 지열을 외기의 냉각 및 가열 열원으로 사용하여 외기부하처리용 에너지를 절약할 수 있는 시스템을 대상으로 연구를 진행하였다. 기존연구에서 실측값과의 비교를 통해 그 타당성이 확인된 2차원 열수분 동시이동 방정식에 의한 수치 해석 모델을 이용하여 시스템의 출구온도와 외기온도의 상관관계를 검토하여 풍속별, 튜브길이별 회귀식을 제안하였다. 또한 기존에 제시한 풍속별, 튜브길이별 회귀식을 이용하여 시스템의 냉각 및 가열효과를 예측하기위한 간이 추정식을 제안하고, 2차원 열수분 동시이동방정식에 의한 비선형 수치해석을 통해 결과와 비교를 거쳐 그 타당성을 확인하였다. Son et al.[80]는 또한 이 시스템에 대해 2차원 열수분 동시 이동방정식에 의한 비선형 수치해석을 통해 결과를 분석하여, 풍속과 시스템의 전열면적을 변수로 외기온도와 시스템의 출구온도의 상관관계를 검토하고 출구온도 예측을 위한 회귀식을 제안하였다.

Ko et al.[62]은 유기성 폐자원 바이오에너지에 대한 건물에너지원으로서의 가능성 및 적용성에 관한 연구를 진행하였으며, 상용 에너지공급 시스템과 에너지성능 및 환경성능, 경제성 평가를 통해 건물에너지공급 시스템으로서 유기성폐자원 바이오에너지 시스템의 적용가능성을 분석하였다. 또한 Ko et al.[111]는 사무소 건물에 적용되는 태양열급탕시스템을 대상으로 시스템의 LCC 최적화 시뮬레이션을 실시하여, LCC 최적화에 따른 시스템 설계변수의 변화, LCC 최적화에 따른 시스템의 LCC 변화 등에 대하여 검토하는 것을 목적으로 연구를 수행하였다. Chung et al.[72]는 풍력에너지를 전기에너지로 변환하는 효율적인 풍력 발전시스템의 개발에 대하여 연구하였다.

6.5 건물에너지

건물에너지 분야에서는 건축물의 냉・난방 에너

지 부하를 줄이기 위해 냉·난방 가동시간, 창, 일사유입, 단열성능 및 공조방식 등 다양한 요소에 대한 연구가 시뮬레이션 혹은 자재성능 실험을 통하여 진행되었다.

Lee et al.[12]는 피크 냉방수요 저감을 위해 설정온도상승운전 단계에서 선형으로 증가하는 설정온도의 기울기 결정방법을 제안하였으며, 알고리즘은 냉방시간대 이전의 새벽시간대에 건물의 실내온도를 설정조건의 하한 온도값으로 낮추어 미리 냉방을 실시하는 건물 예냉 운전 단계와 냉방시간대에 설정온도를 설정조건의 상한 온도값까지 적절히 상승조절하는 설정온도상승운전 단계로 나누어 설정하여 연구를 진행하였다. 냉방설정온도 조절에 의한 분석은 EnergyPlus를 사용하고 PC(PreCooling)+SU(Step-Up)을 벤치마킹 대상의 운전방식으로 선택하여 NS, PC+SU, PC+modLR(modified Linear-Rise)에 대한 평가를 진행하였으며, 본 연구에서 제안한 방식을 적용하여 시뮬레이션을 진행한 결과, 27%와 14%의 피크냉방부하와 냉방에너지 절감효과를 확인하였다. Park et al.[24]는 주택 창의 SHGC가 에너지소비에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. eQUEST를 사용해 창의 SHGC가 에너지 소비에 미치는 영향을 평가하였으며, 에너지 분석을 통한 결과를 정리하면, 창에 의한 연간 냉난방에너지 소비는 지역과 창면적비에 따라 차이가 있으며, U-factor가 증가할수록 에너지 소비는 지속적으로 증가하지만, SHGC는 그 값에 따라 에너지 소비의 증감 특성이 다르게 나타나 U-factor만을 기준으로 하는 국내의 현행 창에 대한 에너지 절약 기준에 지역별 SHGC가 반영되어야 함을 제시하였다. Nam et al.[25]는 학교 건물의 신재생에너지 적용을 위한 수요/공급 분석 및 평가에 관한 연구를 진행하였다. 적용성 평가방법론으로 기존의 방법론, 패턴 일치도 알고리즘, 소프트웨어 분석 툴을 제시하였으며, 대상 학교 사례분석을 통해 수요/공급 시나리오, 수요프로파일 작성, 공급 시스템, 수요/공급 패턴 일치 분석을 진행하여, 학교 건물의 신재생에너지의 설치는 수요 패턴의 면밀한 분석과 공급 대응 전략을 마련하여 수행되어야, 과도한 시설투자를 사전에 방지하고 초기 투자비 절감 및 운영 수익성의 극대화를 이룰 수 있다고 제시하였다.

Ko et al.[46]는 자연형 실내 환기 시스템을 통해 동적 단열재의 열성능 측정에 관한 연구를 진행하였다. 연구를 위해 동적 열관류율 실험을 위한 실내 실험 장치를 구현하였고, 이 장치를 통해 KIER-BSF의 단열성능을 측정하였다. 측정된 KIER-BSF가 기존 단열재 대비 45% 이상의 단열성능이 개선되었음을 알 수 있었으며, KIER-BSF와 ABD-BSF의 열관류율 비교실험에서는 초기 열관류율 값을 감안했을 경우 유속이 0.0005 m/s 이상이 될 경우 KIER-BSF 의 단열성능이 ABD-BSF보다 우수하게 나타남을 확인하였다.

Park et al.[50]는 에너지절약형 주택을 대상으로 단열차양 적용과 제어방법에 따른 냉난방부하 분석을 진행하였다. 난방조건에서 주간에 태양일사의 유입이 있더라도 창호를 통한 열 손실이 더 클 경우 단열차양을 작동시키는 조건, 냉방조건에서 냉방설정온도보다 외기온도가 낮더라도 일사유입이 창호를 통한 열손실량 보다 큰 경우 단열차양을 작동하는 조건을 설정하여 시뮬레이션을 진해하였으며, 연구결과 단열차양 적용 시 에너지절약형주택의 난방부하는 약 10.5~11.3%, 냉방부하는 약 29.1~38.3% 절감되는 것으로 확인하였다. Choi et al.[52]는 적외선 열화상을 이용한 공동주택 단열성능 평가에서 TDR(온도차비율)을 중심으로 연구를 진행하였다. 최적 단열설계 방안 도출을 목적으로 적외선 열화상 분석기법을 이용하였으며, 실제 건축물을 대상으로 적외선 열화상 측정을 실시하였고, TDR을 이용하여 기존 건축물의 단열성능을 정량적으로 평가하였다. 또한 공동주택에서 결로에 취약한 우각부 부위 3개 형태를 선정하여 시뮬레이션을 통해 현행 법규 및 법규 대비 단열성능 강화에 따른 결로 방지 성능 향상을 고찰하였으며, 시뮬레이션을 통한 결과, 현행 법규 및 현행 법 규 대비 단열성능 강화에 따른 결로 방지 성능 향상을 고찰한 결과, 현행 단열기준과 같이 단열하였을 때 결로가 우려되는 부위에 단열두께 강화만으로는 결로 발생 문제를 해결할 수 없는 것을 확인하였으며, 보다 구체적인 대응 기술개발이 필요성에 대해 제시하였다. Choi et al.[55]는 전동 블라인드 내장형 창호시스템 적용에 따른 공동주택 에너지 성능평가 연구를 진행하였으며, 일사차단 성능시험 결과 차양일체형 창호시스템 적용 시 일반 창호시스템 대비 동계시 0.3~2.3℃(평균 1.6℃), 하계 시 표면온도는 일반 창호시스템보다 주간 0.7~6.0℃ 정도, 야간 0.3~0.8℃ 정도 낮은 것을 확인하였으며, 블라인드를 내린 경우 주간에 3.5~4.5℃정도 표면온도가 낮은 것을 확인하였다. 시뮬레이션을 통한 연간 전열량과 에너지비용을 비교

분석한 결과에서는 차양일체형 창호시스템을 적용하고 블라인드를 내렸을 경우에는 블라인드를 올린 경우 대비 연간 약 22.9% 정도 전열량이 절감되며, 일반 창호시스템 대비 연간 약 31.8%의 손실열량이 절감되는 것을 확인하였다.

Cho et al.[68]는 내부 IT 발열이 95% 이상을 차지하는 데이터센터를 대상으로 고밀도 내부부하 중심 건물의 에너지 절약적 공조방식에 대한 연구를 진행하였으며, 부하분석을 위해 TRNSYS를 이용하여 동적에너지 해석을 수행하였다. 데이터센터의 특성(장비의 안전한 보호), 국내의 기상조건, 에너지절감효과 및 시스템 구성 및 건축사항 등을 종합적으로 고려하여 외기냉수냉방 시스템과 외기냉방 시스템을 비교하였으며, 기본열원 시스템을 기준으로 단계별 에너지절감 비율을 확인하였다. 연구 결과 외기냉수냉방을 적용할 경우 16.6%, 외기냉방 시스템은 최대 42.2%의 에너지성능향상이 가능하기 때문에 국내의 기상조건에서는 외기냉방이 외기냉수냉방에 비해 보다 효과적인 것을 확인하였다.

6.6 기타

건축환경 분야에서 앞서 살펴본 분야 이외에도 여러 가지 연구가 진행되었다. Kim et al.[40] 은 학습에 효율적인 집중력과 안정감이 부여된 공간을 '공부방'으로 정의하고, 최적의 학습 공간 구현을 위해 실내조명・열・음・실내공기 환경을 개선하는 요소를 개발하여 적용하였다. 또한, 개선하는 요소를 현장실험과 시뮬레이션을 이용하여 성능검증을 수행하였다. Kim et al.[88] 은 셀 구조를 갖고 있는 발포형 고분자 단열재의 장기 열전도도 변화를 정확히 예측하는 시스템을 개발하였고, 시스템을 이용하여 우레탄 폼 단열재의 장기 열전도도를 예측하였다.

Cho[82]는 하기 일사량의 유입 억제를 위하여 Tilt형 창호를 제안하고 창호의 기울기와 건물의 방위각과의 관계를 계산하여 최적의 창호 기울기와 방위각 범위를 알아보았다. Lim et al.[78]은 환기량 조절이 어렵고 실내 면적이 줄어든다는 단점이 있는 이중외피의 단점을 개선하기 위해 중공층에 얇은 팬을 설치하여 공기를 실내로 유입하는 방법에 대하여 연구를 하였다.

Hwang et al.[83] 은 현장 타설형 기초말뚝을 지중열교환기와 병용한 지열히트펌프 시스템을 개발하고, 실험을 통하여 시스템의 성능을 검증하였다. Kim et al.[64] 은 여객 유동 해석에 사용하기 위한 격자를 자동으로 생성하는 전처리 장치, DEM 알고리즘을 기반으로 여객의 크기보다 작은 격자를 사용할 수 있는 여객 유동 알고리즘과 화재 CFD 해석을 통하여 얻은 질식성 기체 CO의 분포 결과를 여객 유동 알고리즘에 적용하는 방법에 대하여 연구하였다.

7. 결 론

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

(1) 열유동 일반 분야에서는 다양한 내용의 연구가 주로 수치해석적 기법에 의하여 수행되었다. 유체기계 분야에서는 축류팬 모터의 열신뢰성, 왕복동식 압축기의 가스맥동, 원심형 압축기의 흡입가이드 베인에 따른 성능 변화에 관한 연구가 진행되었다. 신재생에너지 분야에서는 태양열 화학 반응기와 지열원 열펌프 시스템의 최적 설계에 관한 연구가 수행되었다.

(2) 열전달 일반분야에서는 열전모듈을 이용한 냉각 및 열전발전성능의 해석 및 실험, 열병합 발전 시스템 성능해석, 터널내 화재 가스유동 해석, PVP 탄소나노유체 및 발포금속에 의한 열전달 특성실험, R123/오일 혼합냉매 및 R410A 냉매의 열전달 특성실험 등이 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 판형 열교환기, 쉘튜브 열교환기, 전열교환기, 마이크로채널 열교환기의 열전달 및 압력손실에 관한 연구내용이 보고되었다.

(3) 탄화수소 및 혼합냉매, 이산화탄소 등 대체냉매를 적용한 냉장고, 냉동기, 열펌프 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 냉매충전량 검지, 냉장고 가스켓, 간접 냉각식 김치냉장고, 차량용 공조시스템 등 냉동 및 냉방 시스템의 성능 향상과 관련한 실용적인 연구가 수행되었다. 태양열과 흡수식 또는 태양열과 열펌프를 복합 적용하는 하이브리드 시스템에 대한 시뮬레이션 및 실증시험 연구가 진행되었다.

(4) 건축기계설비 분야에서는 냉난방 시스템, 공조설비, 실내공기 환경, 에너지 자원화와 기타 설비에 대한 논문이 다양하게 발표되었다. 냉난방 시스템에서는 변압기, 공조 파티션 , 열병합발전, 히트펌프, 정풍량 시스템, 열회수 에어와셔, 슬래브 축열, 태양열이용 급탕난방 등의 연구가 그리고 공조설비

에서는 온돌, 냉각/재가열, 냉방부하, 자동차 도료 건조, 전력수요관리 등을 다룬 연구가 수행되었다. 실내공기환경에서는 에어커턴, 클린룸, 병원균 확산, 급기/환기 등의 연구가 그리고 에너지 자원화에서는 하수처리, 지역난방, 매립가스 등이 연구되었다. 그 외 고온용 나노 세라믹 필터, 골재 선별기용 치차형 스크린, 배관 내 마찰저감, 새로운 난방도일, 모바일하버, 고압용 배관 등의 연구가 활발하게 수행되었다.

(5) 건축환경분야에서는 전세계적인 관심과 더불어, 저에너지 친환경 건축과 관련된 많은 연구가 진행되었다. 신재생에너지 분야에서는 지열을 통한 외기부하처리용 에너지 절약형 시스템, 사무소 건물에 적용되는 태양열 급탕시스템의 LCC 최적화 시뮬레이션 연구 및 전기에너지로 변환 시 보다 효율적인 풍력 발전에너지를 얻기 위한 시스템의 개발 등 다양한 연구가 수행되었다. 건물에너지 분야에서는 건축물의 냉·난방 에너지 부하를 줄이기 위해 냉·난방 가동시간, 창, 일사유입, 단열성능 및 공조방식 등 다양한 요소에 대한 연구가 시뮬레이션, 열화상 측정 및 자재의 성능 실험을 통하여 진행되었다. 또한 에너지 분야 외에도 건축물 실내 환경을 개선하기 위하여 온열환경, 빛 환경 부문의 연구가 진행되었으며, 특히 학교 건축물을 대상으로 국내 친환경건축물 인증제도와 관련되어 인증항목 분석 및 학교 건축물을 개선하기 위한 다양한 연구가 수행되었다.

참고문헌

1. Kim, Y. H., Kim, M. K., Kim, S. Y., Rhee, G. H., and Um, S. K., 2010, Study on the variation of electrical internal resistance for thermoelectric generator module with operating temperature, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 1-12.
2. Kim, J. W., Ahn, Y. C., Yi, B. K., and Jeong, H. J., 2010, Development of nano ceramic filter for the removal of ultra fine particles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 13-19.
3. Chang, H. J. and Kim, H. J., 2010, A study on indoor thermal environment in an tower type apartment house at tropical nights, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 20-25.
4. Lee, S. Y., Takeichi, H., Tae, S. J., and Yoon, B., 2010, Refrigerant amount detection technology for system air-conditioner using design of experiment, 2010, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 26-32.
5. Kim, Y. C., 2010, Experimental study on film boiling heat transfer of spray cooling for inclined heat transfer surface, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 33-39.
6. Jung, Y. G., Lee, J. G., Lee, J. H., and Seo, T. B., 2010, Heat transfer characteristic of the spiral type solar chemical reactor, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 40-48.
7. Kim, Y. J., Lee, J. Y. and Kang, Y. T., 2010, Study on energy independence plan for sewage treatment plant, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 1, pp. 49-56.
8. Sung, S. K., 2010, Performance variation of the air curtain for various discharge angles in heating space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 57-63.
9. Choi, H. J., Hong, S. D., Ha, M. Y., and Yoon, H. S., 2010, A study for the water droplet on a stripe-patterned surface, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 64-69.
10. Han, D. Y. and Noh, H. J., 2010, Mathematical models of a transformer cooling system for the control algorithm development, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 70-77.
11. Shin, Y. G., Seo, J. A., and Woo, S. M., 2010, Dynamic simulation of transient operations of a solar power-assisted absorption chiller, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 78-85.
12. Lee, K. H., Yang, S. K., and Han, S. H., 2010, Reducing peak cooling demand using building precooling and modified linear rise of indoor

space temperature, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 86-96.
13. Kim, S. J., Kim, H. J., and Kim, H. J., 2010, Gas pulsation analysis of large reciprocating compressors in parallel operation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 97-103.
14. Kwag, M. G. and Choi, C. H., 2010, A study on the material and resource of education facilities in green building certification criteria, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 104-111.
15. Kwon, Y. C. and Choi, C. H., 2010, A study on the ecology of education facilities in green building certification criteria, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 112-122.
16. Lee, H., Lee, Y. P. and Kim, L. H., 2010, Analysis on the heat load pattern according to ratio of the heat consumers in district heating, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 123-129.
17. Moon, S. A. and Lee, J. H., 2010, Thermal reliability analysis of BLDC motor in a high speed axial fanby numerical method, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 130-138.
18. Sin, J. K., Kim, K. H. and Kang, S. H., 2010, The design and performance test of a centrifugal compressor for HFC-134a refrigerant, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 139-148.
19. Ahn, H. J., Lee, S. H., Hur, N., Park, H. J., and Ryu, H. S., 2010, A numerical simulation of flow and heat transfer in a dimple-type plate heat exchanger, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 149-155.
20. Cha, D. J. and Shin, D. M., 2010, A combustion instability analysis of a gas turbine combustor having closed acoustic boundaries at both ends, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 156-164.
21. Han, H. S., Kim, M. K., Um, S. K., and Kim, S. Y., 2010, Performance of thermoelectric power generator with various thermal conditions, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 165-170.
22. Shin, J. H., Han, H. S., Kim, Y. H., Kim, S. Y., and Hyun, J. M., 2010, Cooling performance of thermoelectric module with air-cooled heat exchanger fins, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 171-180.
23. Kim, Y. J., Lee, J. Y., Koo, J. M., and, Kang, Y. T., 2010, Economic analysis of landfill gas recycling considering environmental benefit, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 181-188.
24. Park, Y. and Park, J. I., 2010, A study of energy use impacts by SHGCs of windows in detached house, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 189-198.
25. Nam, H. J., Park, E. M., Pae, M. H., Kim, J. M., and Park, H. S., 2010, Study on the feasibility test of renewable energy systems for schools, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 199-206.
26. Cho, J. K., Jeong, C. S. and Kim, B. S., 2010, Evaluation of aisle partition system's thermal performance in large data centers for superior cooling efficiency, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 207-214.
27. Kim, K. H., Park, J. H., Moon, B. Y., and Park, Y. K., 2010, Development of a simulation model for separation analysis and design of star screen in construction wastes recycling, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 215-221.
28. Kim, K. H., Park, J. H., Moon, B. Y., and Park, Y. K., 2010, Dynamic analysis and design of star screen in recycling construction

plant, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 222-227.
29. Noh, K. C. and Lee, S. C., 2010, A study on the improvement of airflow deflection in a cleanroom of class 1000, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 228-236.
30. Kim, Y. M. and Sohn, J. Y., 2010, LCCO2 Comparison of existing apartment housing and environment-friendly apartment housing, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 237-243.
31. Park, J. I., Park, Y. and Im, B. C., 2010, A study on the status and improvement of technical standard on building mechanical system engineering, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 244-250.
32. Kim, M. S., Baik, Y. J., Park, S. R., and Ra, H. S., 2010, Observation studies on field operation of a exhausted heat recovery system for a 300 kW class small gas engine cogeneration system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 251-258.
33. Kim, Y. H., Kim, M. K., Kim, S. Y., Rhee, G. H., and Um, S. K., 2010, Performance characteristics of thermoelectric generator modules for parallel and serial electrical circuits, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 259-267.
34. Jang, E. S., Yoon, W. J., Chung, H. J., Jung, H. W., and Kim, Y. C., 2010, An experimental study on the optimization of the performance characteristics of a refrigeration system using R-600a and R-134a, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 268-274.
35. Shin, Y. G., 2010, A basic study on control algorithm for car HVAC, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 275-281.
36. Seo, S. H., Chang, S. H., Yoo, Y. E., and Chung, J. D., 2010, Surface characteristics of polymer material treated by atmospheric pressure plasma, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 282-288.
37. Seo, H. M., Park, S. S. and Kim, N. J., 2010, Characteristics of carbon nano fluid added PVP, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 289-295.
38. Pyo, J. H., Kim, W. S., Cho, H. H., and Park, C. S., 2010, Study on the performance characteristics of hybrid solar heating system during spring season, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 296-303.
39. Kang, H. S., Yoon, D. W., and Lee, Y. G., 2010, Evaluation methods for chemical emissions from TV products and establishing criteria for the perceived indoor air quality, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 304-313.
40. Kim, S. M. and Kim, S. Y., 2010, Influence of the variations of functional-interior factors on study-rooms in apartment, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 314-321.
41. Kim, E. B., Han, M. S., Kim, N. H., and Won, T. Y., 2010, Heat transfer performance of the duct with various cross section in heat exchanger, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 322-327.
42. Ulziiutas, D., Sung, S. C., Oh, M. D., and Lee, D. Y., 2010, Effects of performance analysis of a desiccant cooling system with a direct evaporative cooler in the inlet of regeneration process, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 328-336.
43. Kang, S. H., Choi, J. M., Moon, J. M., and Kwon, H. G., 2010, Heating performance of a ground source multi-heat pump for a greenhouse, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 337-344.

44. Park, K. J., Lee, C. H., Kang, D. G., and Jung. D. S., 2010, External condensation heat transfer coefficients of R1234yf, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 345-352.
45. Choi, S. G., 2010, A Study of air sterilization system in personalized office using simulation, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 353-360.
46. Ko, S. M., Kang, E. C. and Lee, E. J., 2010, A measurement study of a dynamic insulator thermal performance, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 361-368.
47. Lee, E. J., Lee, D. W. and Kim, Y. C., 2010, An experimental study on the performance characteristics of a refrigerant-subcooling refrigeration system with an ice storage tank, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 369-374.
48. Hong, H. K. and Kim, S. H., 2010, Method and analysis of dynamic simulation for Ondol heating, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 375-382.
49. Kang, N. K., Bae, G. H., Park, K. J., and Jung, D. S., 2010, Performance of HFC152a, HFC134a and HC290 mixtures as alternative refrigerants for HFC134a, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 383-391.
50. Park, S. H., Kwon, K. W. and Sohn, J. Y., 2010, An analysis of heating and cooling loads by insulated shades and control method in an energy saving apartment, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 392-397.
51. Cho, S. W., Ryu, J. S., Kim, S. S. Jung S. H., and Yoon, S. M., 2010, A comparison study on drag reduction characteristics of polymer and surfactant as drag reduction additive, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 398-403.
52. Choi, G. S. and Sohn, J. Y., 2010, Thermal performance evaluation of apartment housing using infra-red camera, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 404-412.
53. Ha, J. S., Jung, K. S., Kim, T. K., and Shim, J. S., 2010, The effect of gasket shape and material properties on heat losses in a refrigerator, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 413-418.
54. Jeon, D. S., Lee, S. J., Kim, S. C., Kim, Y. L., and Lee, C. J., 2010, Optimization design of liquid desiccant cooling system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 419-428.
55. Choi, G. S. and Sohn, J. Y., 2010, Energy performance evaluation of apartment building in case of applying a blind integrated window system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 429-435.
56. Cho, S. H., Kim, S. S., and Choi, C. Y., 2010, Study on the revision of HDD for 15 main cities of Korea, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 436-441.
57. Baek, S. W., Jeong, S. K. and Kim, S. Y., 2010, Investigation on efficiency improvement of the nitrogen expander cycle : natural gas liquefaction process for LNG-FPSO, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 442-447.
58. Son, Y. S., Shin, J. Y. and Cho, Y. I., 2010, Experiment and analysis on the heat transfer characteristics of a channel filled with metal form, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 448-453.
59. Seo, Y. H., Lee, J. H., Kim, N. J., Kim, J. Y., Cho, S. K., and Jeon, Y. H., Performance analysis of CHP condensing season heat load conditions, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 454-459.
60. Hong, H. K. and Kim, S. H., 2010, Adjustment of valve opening in Ondol hot water

distributor, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 460-467.
61. Chung, J. D., 2010, Integral approximate solutions to a one-dimensional model for stratified thermal storage tanks, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 468-473.
62. Ko, M. J., Choi, M. Y., Choi, D. S., and Kim, Y. S., 2010, The feasibility analysis of organic waste bioenergy system in apartment complex organic waste bioenergy system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 474-481.
63. Kim, J. H., Yoo, S. Y. and Choi, Y. K., 2010, A study on the energy saving of cooling/reheating system using heat exchanger, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 7, pp. 482-491.
64. Kim, C. G., Lee, S. W., Hur, N. K., and Nam, S. W., 2010, A numerical study on passenger evacuation in a subway station in case of fire occurrence, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 492-508.
65. Han, D. Y. and Won, J. Y., 2010, The intelligent control algorithm of a transformer cooling system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 509-514.
66. Han, D. Y. and Won., T. Y., 2010, The intelligent control algorithm of a transformer cooling system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 515-522.
67. Park, Y. G. and Son, C. M., 2010, A numerical study on flow characteristics around rectangular cylinder with different width-to-height ratios, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 523-529.
68. Cho, J. K., Jeong, C. S. and Kim, B. S., 2010, Viability of HVAC system for energy conservation in high density internal-load dominated buildings, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 530-537.
69. Ohm, K. C., 2010, Impingement heat transfer within a row of submerged circular water jets, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 538-544.
70. Tak, S. H., Kim, T. S., Chang, Y. S., Lee, D. Y., and Kim, M. S., 2010, Analysis of the influence of post-combustion CO2 capture on the performance of fossil Power plants, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 545-552.
71. Kim, S. Y., 2010, The influence of illuminance variation by a daylight dimming control system on visual comfort under clear sky conditions, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 553-561.
72. Chung, K. S. and Kim, C. H., 2010, A numerical study on solidity characteristics of the cross-flow power turbine(CPT), Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 562-566.
73. Jang, Y. K., 2010, An experimental study on the operating performance of an air shift type heat pump with heat exchanger, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 567-572.
74. Yoo, S. Y. and Kim, B. S., 2010, A study on the analysis of incompressible and Lloped flow network using topological constitutive matrix equation, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 573-578.
75. Shin, Y. J., Kwag, M. G. and Choi, C. H., 2010, A study on the indoor environment condition in green building certification criteria, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 579-588.
76. Kwon, Y. C., Kwag, M. G. and Choi, C. H., 2010, A study on the land use and transport of education facilities in green building certification criteria, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 589-598.

77. Oh, G. N., Jun, Y. D. and Lee, K. B., 2010, Research of heat transfer characteristics with baffle parameters in shell and tube heat exchanger, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 599-604.
78. Lim, J. H. and Sohn, J. Y., 2010, Theoretical review and experiment on applicability of double skin facade ventilated by fans, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 605-613.
79. Moon, S. H., Hwang, G., Kang, S. Y., and Cho. K. I., 2010, Development of small flat plate type cooling device, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 614-619.
80. Son, W. T. and Park, K. S., 2010, A Study on the correlation between outdoor air and outlet air temperature in a fresh air load reduction system by using geothermal energy, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 620-627.
81. Son, W. T. and Park, K. S., 2010, A study on the simplified presumption method for the prediction of cooling and heating performance in a fresh air load reduction system by using geothermal energy, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 628-634.
82. Cho, S. W., 2010, The calculation on the optimum angle of tilt type window by length of transmitted solar radiation, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 635-640.
83. Hwang, S. H. and Nam, Y. J., 2010, A study on development of a ground-source heat pump system utilizing cast-in-place concrete pile foundation of a building, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 641-648.
84. Lee, J. Y., Chung, J. T., Woo, J. S., and Choi, J. M., 2010, Influence of the secondary fluid flow rate on the performance of a GSHP system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 649-656.
85. Bae, K. J. and Cho, H. H., 2010, Comparison of performance characteristics with heat exchanger type in CO2 cycle, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 657-664.
86. Jung, J. H., Hur, N. K., Lee, J. P., and Kim, J. K., 2010, The 1D-3D simulation for smoke ventilationin a rescue atation of a railroad tunnel under the fire, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 665-671.
87. Kim, I. S., Kim, K. H. and Son, K., 2010, A container stacking system for the mobile harbor, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 672-678.
88. Kim, J. S., Chun, J. C., Lee, J. B., and Lee, J. H., 2010, Long-term thermal conductivity prediction of polyurethane foam applying precision mass spectrometer for cell gas analysis, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 679-686.
89. Han, D. W., Chang, Y. S., Kim, S. Y., and Kim, Y. C., 2010, Fault detection and diagnosis simulation for CAV AHU system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 687-696.
90. Song, G. S., Kim, H. T., Yoo, K. H., Son, S. W., Shin, D. K., and Kim, Y. I., 2010, Numerical Analysis on Energy Reduction of an exhaust-air-heat-recovery type air washer system for semiconductor manufacturing clean rooms, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 697-703.
91. Lee, J. W., Lee, J. H. and Kim, N. H., 2010, Flow boiling of R-123/oil mixture in a plain tube bundle, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 704-709.
92. Park, C. Y., 2010, A numerical study on R410A charge amount in an air cooled mini-channel condenser, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 710-718.

93. Jung, J. H., 2010, Consideration of appropriate thermal storage time of air-conditioning system with slab thermal storage in an office building by use of measurement value, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 719-726.
94. Son, S. W., Jeong, H. K., Ha, M. Y., and Yoon, H. S., 2010, A numerical study of the motion of a circular cylinder suspended in a square enclosure, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 727-734.
95. Jeon, H. J., Yang, K. S., and Choi, C. B., 2010, Development and application of a computer code for prediction of indoor pollutant dispersion, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 735-744.
96. Park, H. J. and Hong, J. K., 2010, A study on the prediction of indoor environment in bio safety level 3 laboratory according to biohazard scenario, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 745-750.
97. Kim, J. H., Baek, S. W., and Jeong, S. K., 2010, A study on the pressure loss characteristics of micro-channel PCHE, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 751-759.
98. Cha, D. A. and Kwon, O. K., 2010, An experimental study on semiconductor process chiller for dual channel, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 760-766.
99. Lee, J. W., Lee, D. S., Ha, M. Y., Yoon, H. S., 2010, Numerical study of flow around an oscillating sphere, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 767-772.
100. Park, I. S., 2010, A study for characteristics of stack plume dispersion under various atmospheric wind speeds and atmospheric temperature gradients, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 773-780.
101. Lee, S. H., 2010, A study on the working pressure of TBP used in high pressure, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 781-787.
102. Kim, S. Y., 2010, Analyses on photosensor illuminance for prediction of fluctuating illuminance by daylight dimming control systems, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 788-797.
103. Yoo, S. Y. and Han, K. H., 2010, A study on prediction of hourly cooling load using building area, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 798-804.
104. Suh, J. S., Yi, C. S., and Yoon, J. H., 2010, Analysis of thermal performance of solar hot-water and heating system with baffle storage tank, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 805-811.
105. Kang, K. N. and Lee, K. H., 2010, Study on evaluation analysis on thermal performance of window using A. S. Lab. (artificial solar laboratory), Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 11, pp. 812-820.
106. Kim, W. S. and Cho, H. H., 2010, Study on the performance characteristics of the solar hybrid system with heat pump operating temperature during winter season, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 821-827.
107. Kim, S. I. and Park, K. H., 2010, An experimental study on the drying characteristics of automotive paint using heating panels and hot air, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 828-836.
108. Park, K. J., Lee, Y. H., Choe, D. S., and Jung, D. S., 2010, Performance of R1234yf and R1234yf/R134a mixture under mobile air-conditioner operating conditions, Journal of

Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 837-844.
109. Kim, J. B., Lee, E. J., and Lee, D. W., 2010, A study on the DSM effect of a refrigerant-subcooling refrigeration system with an ice storage tank, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 845-851.
110. Shin, Y. G., Kwak, M. S., Cho, H. W., Nam, S. C., and Jeong, J. H., 2010, Level dynamics and control of the solution in the high temperature generator of an absorption chiller, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 852-858.
111. Ko, M. J., Choi, D. S., Chang, J. D., and Kim, Y. S., 2010, Optimizing the life cycle cost of a solar water heating system in an office building through simulation, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 859-866.
112. Yi, C. S., Suh, J. S., and Yoon, J. H., 2010, Numerical analysis on the improvement of fume mixing ratio in the push-pulll local ventilation system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 867-872.
113. Cho, W. J., Lee, K. S., and Kim, I. K., 2010, Computer simulation to predict operating behavior of a gas engine driven micro combined heat and power system, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 873-880.
114. Lee, H. W. and Hong, J. K., 2010, A study on the effective removal method of microbial contaminants in building according to bioviolence agents, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 881-890.
115. Gil, B. G. and Choi, E. S., 2010, A study on the effects of the cold heat storage with salt water on the performance of a kimchi refrigerator, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 891-896.
116. Lee, Y. S., Chung, K. S., and Lee, D. H., 2010, An experimental investigation on noise reduction performance of the absorption and the resonance type duct silencers, Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 897-901.