

에너지 및 동력공학부문

이 글에서는 2005년도 에너지 및 동력공학 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 내연기관, 가스터빈 및 증기터빈, 열병합 및 복합발전, 보일러 및 발전설비, 소각로, 연소기기, 원자력 에너지, 공기조화 등 각 세부분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술개발이 폭넓게 이루어졌으며, 각 세부분야별 연구 동향을 소개하면 다음과 같다.

내연기관

지구의 환경에 대한 관심이 고조되면서 차량 증가로 인한 자동차의 배출가스는 환경오염의 주범으로 지목받고 있으며, 이에 따라 배출가스 규제가 강화되어 각국은 자동차의 배출가스 저감에 큰 관심을 쏟게 되었다. 한편, 에너지절약 차원에서 석유 자원의 고갈로 인한 자동차의 연비 향상 역시 커다란 이슈가 되고 있다. 국내에서는 석유 수입 억제에 의한 국제 무역수지 개선과 정부의 강력한 에너지절약 정책의 시행으로 지속적인 고유가 현상에 대응하고 있다. 또한, 우리나라가

리우기후변화협약과 OECD에 가입함에 따라 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 2005년까지 발생량을 1990년의 90% 수준으로 동결하고자 하는 총량 규제를 만족시켜야 하므로 연비 개선은 피할 수 없는 당면과제로 등장하였다.

이러한 문제에 대처하기 위하여 한국을 비롯한 미국, 유럽, 일본의 자동차회사에서는 초저연비 자동차의 상용화를 위한 연구개발을 적극 추진하고 있으며, 이와 같은 초저연비자동차 개발을 위하여 경량화와 리사이클을 고려한 신소재기술, 기존 내연기관 개량기술(희박연소엔진, 2스토로크 엔진, 디젤엔진 등), 대체연료 적

용기술, 컴퓨터 기술, 축전지, 전기자동차, 하이브리드자동차, 가스터빈, 연료전지 등 모든 자동차 관련 기술을 종합적으로 검토하고 있다. 기업에서만 아니라 관련 부처인 산업자원부에서도 이러한 연구개발을 적극 지원하고 있어서, 2010년 이전에는 국내 기술로 개발된 초저연비자동차가 실용화될 것으로 전망된다. 연료소모가 적은 자동차는 소비자의 입장에서는 매우 매력적이기 때문에 초저연비 자동차 기술은 CO₂를 포함한 배출가스 문제뿐만 아니라 자동차 판매력에서도 결정적인 우위를 차지할 수 있을 것으로 기대된다.

직접분사식 가솔린 엔진

자동차 연비와 배기성능 개선을 위한 연구 중 최근에 논의되고 있는 연구 방향은 희박 연소를 통한 직접분사식 가솔린 엔진이 주목을 받고 있다. 지금까지의 흡기 포트 분사 방식은 연료 공급에 대한 응답이 정확하게 이루어지지 않을 뿐만 아니라 연소 제어 역시 쉽지 않다. 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 직접분사식 가솔린 엔진은 펌핑 손실과 냉각 손실을 저감시키며, 높은 체적 효율과 anti-knock 특성을 가지고 있으므로 우수한 운전성을 나타내고 있다. 그러나 이 엔진은 혼합기의 희박으로 인한 연소의 불안정성이란 문제점을 가지고 있으나, 이런 단점을 해결하는 방법으로 혼합기 분포에 대한 특성 파악과 피스톤 형상의 변화에 따른 연소 특성 연구가 요구되고 있다. 국내에서는 연세대학교 자동차기술연구소에서 최근 5년간 화염 전파 검출 실험을 통하여 압축비 증가에 따라 엔진의 열효율과 출력의 동시 향상에 관한 연구를 수행하고 있다. 실린더 블록 진동 신호 등과 같은 노킹 검출 방법 및 제어 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

한양대학교에서는 직접분사식 가솔린 엔진 내에서의 자착화에 의한 연소 조절(controlled auto-ignition) 방법을 통하여 연소의 불안정성 및 Soot의 생성에 대한 연구가 진행되고 있으며,

서울대학교에서는 가솔린 엔진의 성층화 혼합기에 적용이 가능한 연소모델 개발 및 연료와 희박한 영역에서 남은 산화제에 의한 확산 화염을 고려함으로써 실제현상에 근접한 배출물의 생성특성을 파악할 수 있는 연소 모델을 개발하여 연소 특성 및 연소 후의 배기 성분을 예측하였다. 또한, 부산대학교 및 한양대학교에서는 LISA 및 APTAB 모델을 이용하여 분무 특성을 예측하는 연구가 수행 중에 있다.

HCCI 엔진 기술

예혼합 압축착화 연소(HCCI) 기술은 연료의 흡기 포트 혹은 이른 시기에 행해지는 실린더 내 직접분사 방법 등으로 균질 혼합기가 형성되도록 함으로써 입자상 물질 발생이 없고 희박 연소로 인해 연소온도가 낮아 질소산화물의 발생이 크게 저감하는 장점을 가지고 있다. 이러한 연소 기술은 가솔린, 디젤, DME, 천연가스, LPG 등 가용 연료의 범위가 넓다는 장점을 가지고 있으나, 고부하 영역에서는 노킹과 실화의 문제로 인해 그 운전 범위가 제한되고 저온 산화 반응에 이은 이른 점화시기로 인하여 연소 제어가 어려워지는 단점이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 한국과학기술원에서는 배기가스 재순환(EGR)을 통한 희석 가스의 형성으로 점화시기를 지연하는 방법을 이용하고 있으며, 한양

대학교와 자동차부품연구원 등에서는 흡기온도, 밸브 타이밍, 연료 분사시기, 연료 조성 등을 이용하여 예혼합기의 착화를 제어하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 이 외에도 기존의 디젤 연료를 사용한 HCCI 구현에는 벽면 젖음(wall wetting)현상과 많은 양의 입자상 물질(PM : Particulate Matters)의 발생으로 인하여 연료 소비율과 배기가스 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다. 그러나 저탄소 함산소 연료인 DME는 증기압이 높아 상온에서 기상으로 존재하는 기화 특성이 좋은 연료로서 디젤 연료를 사용하였을 때 발생하게 되는 PM의 배출이 거의 나타나지 않는 장점을 가지고 있어 기존의 디젤 연료를 대체하려는 연구가 인하대학교와 한국기계연구원 등에서 활발히 진행되고 있는 실정이다. 한국과학기술원에서도 이러한 특징을 가진 DME를 이용하여 HCCI 엔진에 적용한 사례나 흡기포트에 분사하여 운전 영역을 확장하기 위한 연구가 진행되고 있다.

대체에너지 연소기술

- 하이브리드 자동차(HEV) 기술

배기규제와 석유 에너지 자원 감소로 인해 대체에너지 개발과 연료소비를 극대화하는 자동차업체의 생존 관건으로 부각되고 있다. 두 가지 이상의 에너지 동력원을 사용하는 HEV는 기존 인프라를

사용할 수 있다는 점과 동시에 에너지 효율을 대폭 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 자동차업계의 화두로 떠오르고 있다. HEV는 직렬과 병렬식으로 나누어지며 토요타는 2축 병렬 방식의 동력분배 장치인 THS를 개발하여 양산 중이며, GM도 자동 변속기를 기반으로 동력 분배 장치를 제안하였다. 특히 하이브리드에 많은 연구가 진행되고 있는 성균관대학교에서는 하이브리드 동력 전달시스템의 핵심 및 기반 기술에 관한 연구를 중점적으로 수행하고 있다. 또한 현재 하이브리드 전기자동차에 사용되는 중대형 배터리(리튬폴리머)와 리튬이온 기술 개발이 활발히 진행되고 있는 실정이다. 넥스콘 테크놀로지(주)에서는 리튬폴리머와 리튬이온 배터리 역시 에너지 고밀도로 인한 폭발성 위험이 있기 때문에 리튬 배터리를 사용하는 디젤 하이브리드 전기자동차의 배터리 위험을 차단하고 배터리의 관리 및 잔량을 측정하여 예고할 수 있는 관리 시스템 개발을 위해 연구가 진행되고 있다.

전세계의 자동차 회사는 기존의 14V 전력시스템에서 42V 전력시스템으로의 전환을 준비 중에 있다. 이와 같이 42V로의 승압은 같은 배선으로 더 많은 전력을 공급할 수 있고, 늘어난 전력과 ISG(integrated starter / generator)를 통한 start/stop, regeneration braking 등과 같

은 mild hybrid 개념을 도입함으로써 시스템의 전체적인 연비 향상을 꾀할 수 있다. 42V 시스템으로의 전환은 기존의 14V 전기 부하를 42V로 변경하여야 하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 42V와 14V를 병행하고 그 사이에 DC/DC 컨버터를 채용하는 듀얼 볼테지 시스템을 채택하고 있다. 국내에서는 현대자동차에서 듀얼 볼테지 시스템을 양산차에 적용하기 위해 서울대학교와 공동으로 연구가 진행되고 있다.

- 연료전지자동차 기술(FCEV)

FCEV는 수소와 산소의 화학 반응을 이용하여 전력을 발생시키는 친환경 자동차로서 우리나라를 비롯하여 전세계적으로 많은 연구가 진행되고 있으며, 국민대학교에서는 FCEV 스택의 성능평가에 관한 연구를 수행 중에 있다. 에너지 종합 효율은 가솔린이나 수소 등의 연료를 정제하는 연료 효율과 연료로부터 동력을 끌어내는 연비 효율 두 단계가 있어서 어떻게 에너지 손실을 저감하는가에 달려 있다. FCEV는 시스템이 무거워서 차량 중량이 무거워지기 때문에 차량 시스템 소재를 경량화 하면 연비 효율이 증가될 수 있다. 특히 각 FCEV 개발 업체는 지구 환경을 보존하기 위해 연료를 정제하는 단계로부터 사용단계까지 종합적으로 에너지효율이 높은 FCEV를 보

급시킬 필요가 있다고 판단하여 에너지 효율이 높은 FCEV 개발에 주력하고 있는 실정이다. FCEV 개발과 동시에 연료전지의 코스트를 대폭 저감하는 새로운 방식의 개발에 박차를 가하여야 할 것이다.

한편, 연료전지 스택은 순간적으로 공급할 수 있는 최대 전력량이 상대적으로 적은 단점을 가지고 있기 때문에 축전지를 함께 이용하여 저 부하 영역에서는 스택의 에너지를 이용해 차량의 구동과 축전지의 충전을 수행하며, 고 부하 영역에서는 스택과 축전지의 에너지를 동시에 공급하는 방식으로 구성되는 연료전지 하이브리드 시스템이 제안되고 있다.

최근 성균관대학교에서는 병렬형 하이브리드 전기자동차의 현존 기술의 엔진, 모터, 그리고 배터리의 용량을 감안한 운전 최적화 연구를 수행 중이며, 한국에너지기술연구원에서는 주행 조건이 하이브리드 자동차의 연비에 미치는 영향을 연구하고 있고, 현대자동차에서는 연료전지 자동차의 양산을 목표로 개발에 박차를 기하고 있는 실정이다.

산학연 공동체를 구성하여 연구에 매진하면 위에서 서술한 바와 같은 자동차용 저공해 및 저연비 엔진기술에 관한 연구는 꾸준히 발표될 것을 사료되며, 향후에도 이 분야 대한 관심은 더욱 고조될 것으로 기대된다.

[이기형, 한양대학교]

가스터빈 및 증기터빈

발전용 가스터빈 및 증기터빈 설비는 현재 국내 발전설비의 높은 비율을 차지하고 있으며, 지속적으로 설비용량이 증가되고 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 가스터빈 및 증기터빈에 대한 연구로는 효율 향상을 위한 냉각 성능향상 연구들과 발전소의 증기 밸브에 대한 연구 등을 통한 효율 향상에 대한 연구들이 지속적으로 수행되고 있으며, 가스터빈 및 증기터빈의 운전 성능을 평가하고 저하시키는 요인을 찾아내 개선하는 연구들이 이루어지고 있다.

터빈 입구 온도를 높여 가스터빈의 효율을 향상시키기 위한 연구로는 주로 베인 및 블레이드의 냉각성능 향상에 초점을 맞춰 연구하였다. 터빈의 열부하를 알기 위해 고온의 유체가 지나가는 베인 및 터빈 블레이드의 상대위치 변화에 초점을 맞추거나, 또는 실제 블레이드는 회전을 하기 때문에 이를 고려하여 여러 인자들로 인한 블레이드 끝 단면과 슈라우드에서의 국소 열전달 특성을 연구하였다. 가스터빈 블레이드 표면에 대한 열부하 측정 연구는 회전각이 큰 터빈 동익에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 입사각이 터빈 동익 끝벽 열전달에 미치는 영향을 알아보기 위해 입사각을 변화시켜가며 터빈 익형 끝벽에서의 열부하 분포를 측정하

였으며, 입사각이 양의 각을 가질 때 음의 각과 0도일 때보다 선단 말발굽와류 압력면다리의 발달이 활발하여 열부하가 크게 증가한다는 것을 밝혀내었다. 또한 입사각이 터빈 동익의 후류 난류 유동에 미치는 영향에 대한 연구도 진행되었는데, 이 연구로부터 입사각이 음에서 양으로 변화함에 따라 후류의 폭이 확대된다는 것과 후류영역이 흡입면 쪽으로 편향된다는 것을 밝혀내었다. 그리고 가스터빈 연소실 내 높은 난류 유동은 블레이드 표면의 열전달을 균일하게 한다는 것으로부터, 가스터빈 연소기 내 음향장을 이용하여 난류를 촉진시켜 불균일한 열 분포를 개선하는 수치해석을 통한 연구를 진행하였다.

성능 향상을 위한 냉각에 대한 연구로는 곡관부를 가지는 내부 냉각유로에서의 회전수의 변화에 따른 열전달 및 유동특성을 고찰한 연구를 진행하였으며, 그 외에도 유로 내의 표면 거칠기에 따른 압력강하와 열전달에 미치는 연구, 요철이 설치된 유로에서의 복합열전달 해석 등 가스터빈의 내부 냉각의 효율을 향상시키기 위한 지속적인 연구들이 진행되었다. 또한, 다양한 강제대류 냉각방법 중 충돌제트 냉각기법에 대한 연구로 초기 횡방향 유동이 존재하는 충돌제트/유출냉각에서 원형핀이 유출면 위에서 어떠한 열/물질전달 특성을 갖는지를 연구하였다. 이 연구로부터 원형핀

은 횡방향 유동에 의해 발생하는 낮은 열전달 영역을 감소시켜 보다 균일한 냉각 성능을 얻고 구조적으로 안정된 냉각방법을 얻을 수 있음을 밝혀내었다.

증기터빈에 대한 연구로는 복합 화력발전소의 증기터빈의 냉각 및 열간 기동 시 주증기 배관의 온도 상승률이 낮아 기동시간이 많이 소요되어 주증기 조절 밸브의 전단 고압터빈 배수 라인 오리피스를 확장하여 기동시간을 단축하는 효과를 얻지만 배수량이 증가하게 되어 수조용기에서의 많은 양의 응축수가 증기로 변화하여 외부로 배출되어 에너지 손실이 발생하게 된다. 따라서 이에 대한 연구로는 수조용기로 유입되는 폐열 회수 처리에 관한 연구를 진행하여 외부로 배출되는 증기를 최소화하고 회수된 응축수를 계통에 활용함으로써 발전시스템의 효율을 향상시키는 연구가 있었다. 그리고 발전소 안전 운전에 큰 영향을 주는 밸브에 대한 연구도 진행되었는데, 발전소 증기 및 급소 제어 밸브의 음향방출 누설진단 기술 적용에 대한 연구를 통해 밸브의 신뢰성 확보와 열손실의 극소화 및 설비의 안정적인 운전/보수 계획에 대한 기준 등을 제시하였다.

이와 같이 가스터빈 및 증기터빈의 연구 경향은 가스터빈의 경우엔 터빈 블레이드의 개선된 냉각기술에 관한 다수의 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다. 증

기터빈의 경우에는 산업체를 중심으로 성능평가 및 터빈 효율 증대에 대한 연구들이 진행되고 있고 특히 증기 밸브에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 향후에도 이 분야에 대한 연구는 꾸준히 이루어질 것이다.

[발표 논문]

(1) Bae, S. T., Kim, M. H., Ahn, S. H., Jin, Y. S. and Kim, S. T., 2005, "Effect of Number of Rough Walls on Pressure Drop and Heat Transfer in Square Channel," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 3, pp. 340~348.

(2) Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Heat/Mass Transfer Characteristics on Stationary Turbine Blade and Shroud in a Low Speed Annular Cascade(I)," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 4, pp. 485~494.

(3) Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Heat/Mass Transfer Characteristics on Stationary Turbine Blade and Shroud in a Low Speed Annular Cascade(II)," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 4, pp. 495~503.

(4) Kim, K. M., Kim, S. I., Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Experimental Study of Heat/Mass Transfer in

Rotating Cooling Passages with Discrete Ribs," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 5, pp. 590~598.

(5) Lee, H. G., Ha, M. Y., Yoon, H. S. and Hong, D. S., 2005, "A Numerical Study on the Heat Transfer Characteristics of Impinging Jet Flow in the Presence of Applied Magnetic Fields," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 6, pp. 653~661.

(6) Park, J. J. and Lee, S. W., 2005, "Effect of Incidence Angle on the Endwall Heat Transfer Within a Turbine Rotor Passage," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 6, pp. 696~702.

(7) Kim, K. M., Kim, Y. Y., Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Effect of Rotation Speed on Heat Transfer and Flow in a Coolant Passage with Turning Region(I)," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 6, pp. 737~746.

(8) Hong, S. K., Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Heat/Mass Transfer on Effusion Plate with Circular Pin Fins for Impingement/Effusion Cooling System with Initial Crossflow," *Trans. of the KSME(B)*, Vol. 29, No. 7, pp. 828~836.

(9) Jun, G. S., Lee, K. H. and Kim, H. D., 2005, "A Computational Study of the Flow Characteristics Passing through a Steam Control Valve," *Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting*, pp. 2949~2953.

(10) Rhee, D. H. and Cho, H. H., 2005, "Effect of Relative Position of Vane and Blade on Blade Tip and Shroud Heat Transfer," *Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting*, pp. 2291~2299.

(11) Joo, Y. J., Kim, S. M. and Jang, S. W., 2005, "Development of On-Line Performance Monitoring System for Combined Heat and Power Plant," *Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting*, pp. 3130~3134.

(12) Jang, S. W., Rhim, S. K., Jung, H., Joo, Y. J. and Lee, S. H., 2005, "Feed Water Heater Performance Modeling and Tuning Techniques for Power Plant," *Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting*, pp. 3135~3139.

(13) Song, J. C., Ahn, J. and Lee, J. S., 2005, "Conjugate Heat Transfer

Analysis in Ribbed Channel," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 1268~1272.

(14) Hwang, S. D., Kwon, H. G. and Cho, H. H., 2005, "An Experimental Study on Heat Transfer and Pressure Drop of Rectangular Channel with Dimple and Protrusion Arrays," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 2017~2022.

(15) Lee, S. G., Cho, K. Y. and Kim, T. R., 2005, "Study on the Application of Leak Diagnosis Technique Using AE for Steam and Water Control Valve in Power Plants," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 1550~1555.

(16) Koo, J. R., Park, K. H. and Cho, C. W., 2005, "Study on Heat Recovery Inflow in Vessel Tank," Proc. KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 340~344.

(17) Lee, S. W. and Kwon, H. G., 2005, "Effects of Combustor-Level High Free-Stream Turbulence on Blade-Surface Heat/Mass Transfer in the Three-Dimensional Flow Region near the Endwall of a High-Turning Turbine Rotor

Cascade," KSME Int. J., Vol. 19, No. 6, pp. 1347~1357.

(18) Sohn, C. H. and Cho, H. C., 2005, "A CFD Study on Thermo-Acoustic Instability of Methane/Air Flames in Gas Turbine Combustor," KSME Int. J., Vol. 19, No. 9, pp. 1811~1820.

[조형희, 연세대학교]

보일러 및 발전설비

최근 들어 에너지 소비 및 절감이 전세계적으로 큰 이슈가 됨에 따라 산업용 보일러를 비롯한 에너지 발생기기의 효율 및 성능에 대한 관심이 대두되고 있다. 이에 따라 학계에서도 보일러 운전 시 효율, 성능평가 및 안정적인 운전에 대한 각종 연구들이 실험 및 수치해석을 통해 다양하게 수행되었다.

이에 대한 연구로 발전소 보일러를 모델링하고 시뮬레이션하여 단위 입력에 대한 응답을 분석함으로써 보일러의 동적 특성을 파악하는 연구가 진행되었다. 대용량 증기발생 설비인 발전용 보일러의 운전 시, 요구된 부하를 만족시키기 위해 보일러의 신속하고 정확한 증기 공급은 매우 중요하기 때문에 증기 공급을 위해 보일러 및 보조기기들은 경제성을 고려하여 안전하게 운전되어야 하며, 운전 시작 및 정지와 비정상적인 상태를 고려하여 안정

적인 운전이 보장되어야 한다. 그러므로 상기의 요소들을 고려하여 보일러 제어로직을 설계하기 위해 기본적으로 제어대상이 되는 보일러의 응답특성이 파악되었다.

발전설비에 관한 연구로는 실제 운전되고 있는 증유 화력 발전소에 대해 바람상자(wind-box)를 통해 각 버너로 공급되는 연소용 공기량의 편차 정도와 개별 버너의 공기조절 베인(air register vane)을 통해 공급되는 유동 형태가 이상적인 조건과 얼마나 편차를 나타내는가를 전산유동해석과 모형실험 그리고 실제 발전소에서의 유속측정을 통해 비교·검증하여 확인하는 연구가 진행되었다. 다른 연구로는 역전도 해석법(inverse analysis)을 이용하여 가열로 내의 소재에 대한 2차원 총괄열흡수율을 추정할 수 있는 방법이 제시되었다. 추정된 2차원 총괄열흡수율의 값을 사용하여 소재의 온도 이력을 예측해 본 결과 실험에 의한 온도 이력과 잘 일치하는 것을 볼 수 있었으며, 또한 1차원 해석에 비해 2차원해석의 경우 측정치에 대한 추정치의 상대오차가 약 50% 이상 감소함을 보였다. 따라서 총괄열흡수율법을 이용한 두께 및 폭방향의 이차원 소재온도 예측모델이 실제 가열로의 연소제어용 온-라인 모델로 적절히 사용될 수 있음을 밝혔다.

한편, 열에너지의 이용을 극대화하기 위해 고밀도 배열식 관형 열교환기(high tube array heat exchanger)를 사용하여 배수 용기(drain vessel)에서 고압, 고온으로 유입되는 증기를 응축기로 회수하고, 또한 응축에 사용된 물을 탈기기(deaerator)가 열에 이용하였다. 즉, 발전소의 기본적인 성능저하를 수반하지 않는 조건에서 배수 용기의 크기에 적합한 열교환기를 설계하여 설치함으로써 응축수를 효율적으로 회수할 수 있도록 하였다.

[발표 논문]

(1) Kim, Sung-Ho, Jung, Won-Hee, Cho, Chang-Ho, 2005 "Open Loop Step Response of OWF Boiler of TPP," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 335~339.

(2) Go, Young Gun, Choi, Sang Min, Kim, Young Joo, 2005 "Experimental Measurement and Computational Simulation of Non-Uniformly Supplied Combustion Air in a Power Plant Boiler," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 329~334.

(3) Kang, Deok-Hong, Kwag, Dong-Seong, Kim, Woo-Seung, 2005 "An Inverse Analysis on the

Estimation of Two-dimensional Overall Heat Absorptance on the Slab in the Reheating Furnace," Trans. of KSME(B), Vol. 29, No. 11, pp. 1257~1264.

(4) Koo, Jae Rayang, Park, Kwang Ha, Cho, Cheul Whan, 2005 "Study on heat recovery inflow in Vessel Tank," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 340~343.

[조형희, 연세대학교]

소각로

폐기물의 발생의 증가 추세로 인해 부피감량 등의 장점을 가진 일반적인 소각(스토커 방식)의 경우, 선진 외국기술을 도입하여 그동안 많은 경험을 바탕으로 활발한 기술축적이 이루어져 왔으나, 소각 시 발생하는 다이옥신을 비롯한 공해물질을 저감하기 위한 기술의 진보와 적극적인 투자가 요구되고 있으며 소각재를 다량 배출하기 때문에 매립장이 또한 필요하고 이에 따른 2차 오염이 역시 우려되어 사회적으로 큰 관심사항이 되고 있는 실정이다.

열분해 용융기술들은 다이옥신 등의 심각한 공해물질의 배출이 거의 없고, 바닥재와 비산재 등 소각 후 발생하는 고형 폐기물의 발생도 없으며, 열분해 가스로부터 직접 에너지를 회수할 수 있

는 폐기물 자원화 개념 등의 많은 장점을 갖고 있다. 이러한 추세에 부응하여, 2005년 한 해에도 폐기물학회를 중심으로 폐기물의 열분해에 관한 다수의 연구들이 수행되었다. 연세대학교를 중심으로 30kg/hr급 열분해 용융소각로용 연소실에서 RDF의 연소특성에 대한 연구가 이루어져 2차와 3차 공기 주입조건에 따른 연소실 성능 향상, NOx 저감, CO 저감과의 상관관계에 대한 연구결과를 얻었으며, 이러한 열분해 용융소각로의 열분해로에 대한 최적설계 인자를 도출하기 위해 이동층식 열분해 공정을 통해 이루어지는 RDF의 열분해 특성에 대한 분석을 수행하였다. 국민대학교를 중심으로는 축소모델 실험을 통하여 열분해 용융소각로용 기포 용탕 내부의 열전달 특성을 파악하여 용탕 내부의 단면 유속에 따른 열교환기 열전달률의 변화 및 열전달 계수를 도출하여 열교환기 열전달 계수의 감소 조건을 제시하였다. 아주대학교에서는 축열식 고온 용융 소각로 설계의 기초인자를 도출하기 위해 소각로의 운전과 용융슬래그의 특성을 조사하였다. 소각시설에서 발생하는 배출가스와 관련하여 국립환경연구원에서는 폐기물 소각시설의 공정별 배출가스 중 다이옥신류의 동족체 및 이성체 분포특성에 관한 연구를 통하여 소각시설의 공정별(방지시설) 다이옥신류의 2,3,7,8-

이성질체별 발생현황 및 존재비를 도출하여 기초적 처리방안을 제시하였다. 이와 관련하여 포항공대와 연세대학교가 공동으로 많은 논쟁의 대상이 되고 있는 할로겐족 화합물의 생성과정과 거동 및 오염물질관의 상관성을 밝히기 위해 Cl 및 Br의 성분을 함유하고 있는 촉매를 이용하여 소각시설 배출가스와의 접촉반응에 의한 PCDDs/Fs, PCBDDs/Fs, PBDDs/Fs 및 기타 할로겐 유기화합물(벤젠류 및 페놀류)의 생성을 살펴보고, Cl과 Br의 거동에 의한 상관성에 대한 연구 성과를 도출하였다.

소각시설에서 발생하는 중금속의 배출 특성을 파악하기 위해 한국생활환경시험연구원에서는 소각용량 200~2,000kg/hr의 중형 폐기물 소각시설을 대상으로 화격자 방식 10개 시설, 로터리 킬른 3개 시설의 배출 특성을 평가하여 수은, 납, 비소, 셀렌은 대체로 배가스 기준치 이내로 배출됨을 증명하였으나, 비소와 셀렌의 경우 제거효율의 편차가 크며 국내 중형 폐기물 소각시설에서 대기오염 방지시설의 구성이 비소와 셀렌의 제어에는 적합하지 못한 것으로 시스템적인 재구축이 필요함을 제시하였다. 창원대학교에서는 200Ton/day 규모의 도시고형 폐기물 연속식 스토커 소각시설에서 배출되는 바닥재와 비산재를 각 위치별로 채취하여 중금속 용출특성을 조사

하였다. 납은 바닥재 중 연소단과 비산재 중 백 필터에서 함유량이 높았고 바닥재의 경우 연소가 진행될수록 용출률이 높아지는 것으로 조사되었으며, 구리는 바닥재에 상당량 함유되었으며, 카드뮴은 이와 상반된 관계를 보였다. 또한 중금속과 더불어 공존하는 이온들도 중금속 용출에 큰 영향을 끼치므로 향후의 연구 필요성을 제시하였다.

현장에서 오랫동안 많이 사용되고 있는 로터리 킬른 소각로에 대한 이해도를 높이고자 복사에너지 및 SOOT의 영향을 고려한 수치 모델해석이 한양대학교에서 이루어졌다. 이 연구를 통해서 수치 해석적 방법의 가능성을 확인하였으며 기초적 설계 자료 및 운영 연구 자료를 도출하여 후속 연구 방향을 제시하였다.

이상과 같이 소각로에 대한 연구 경향은 기존의 소각로에 대해서는 가스 및 중금속의 배출 특성에 대한 연구가 중점을 이루며, 최근 열분해 용융로 소각로에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. [정진도, 호서대학교]

원자력 에너지

원자력 에너지 분야에서는 실제 원자력 발전소의 안정성 및 신뢰성을 확보하기 위한 연구 및 원자력 발전소의 성능을 높이기 위한 연구들이 지속적으로 이루어졌다.

실제 원자력 발전소의 안정성에 관한 연구로, 하나로 핵연료시험시설의 설계기준사고인 가상의 냉각수 상실 사고 시 비상냉각수 계통의 성능을 판정하는 변수 중 하나인 첨두핵연료 피복재온도(PCT : Peak Cladding Temperature)의 운전변수의 영향에 대한 연구가 수행되었다. 핵연료 피복재온도의 민감도 분석과 관련하여 조사한 운전변수는 시험핵연료의 출력, 노 내 시험부의 유량, 온도 및 압력과 가상의 사고 발생 시 사고완화를 위하여 작동하여야 하는 각종 안전 관련 밸브들의 행정시간이며, 가압경수로 시험핵연료를 시험하는 경우에 국한하여 수행되었다. 조사 결과 고압주입밸브 및 감압배기밸브의 행정시간은 조사한 범위 내에서 핵연료피복재온도에 거의 영향을 주지 않았다. 제1기실저온관 파단사고 시 핵연료피복재온도는 시험핵연료의 출력, 주냉각수의 온도, 저온관 격리밸브의 행정시간이 증가함에 따라 증가하였고 수조 내 저온관 파단사고의 경우에는 노내시험부 압력과 고온관 격리밸브의 행정시간이 감소하는 경우에도 핵연료피복재온도가 증가하였다.

또한, 영광원자력발전소 1호기에서 운전 중인 밸브 중 누설발생 또는 내부부품 손상이 발생할 수 있는 밸브를 대상으로, 밸브누설 및 손상을 진단 및 평가하기 위하여 진단시스템을 현장에 설

치하여 안정성과 신뢰성을 평가하는 연구가 진행되었다. 이를 통해 시험적으로 데이터를 취득 및 분석함으로써 발전소 밸브에 대한 건전성을 확보함과 동시에 향후 확대 적용을 도모하였다.

원자력발전소의 효율을 높이기 위한 연구로는 수퍼컴퓨터를 사용하여 17×17 봉다발의 전체 단면의 열/유동 해석을 수행하는 연구가 진행되었다. 이 연구에서는 부수로 전체에 대형 2차 와류를 생성시키는 LSVF(Large Scale secondary Vortex Flow) 혼합날개와 부수로 내의 와류 생성이 잘되는 Split 혼합날개를 설치한 봉다발 부수로에 대한 전산해석을 수행하여, 유동과 난류강도 그리고 연료봉 표면 최고온도를 해석함으로써 그 결과를 비교·분석하였다. 이들은 이 연구를 통해 혼합 날개는 봉에서의 최대 온도를 감소시키고 단면 난류강도를 증가시킴을 확인하였다.

이외에도, 원자력 발전소의 터빈 사이클의 정확한 성능 분석을 위해 온라인 데이터 취득 시스템과 직접 연결된 성능 분석 시스템이 개발되었다. 이것은 발전소 설계 데이터, 인수 성능 데이터 및 기타 정상 운전에서의 데이터를 기준 데이터로 온라인 데이터의 검증에 대한 절차를 개발하여 정확한 성능분석 및 보정계산이 가능하게 하였다. 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 웹기반 시스템으로 개발하여 기존의 영광

3·4호기 원자력 발전소 성능 분석 시스템에 통합하여 보다 정확한 성능 분석을 할 수 있는 성능 분석 시스템을 구축하는 연구를 진행하였다.

[발표 논문]

(1) Park, Su-Ki, Chi, Dae-Young, Lee, Chung-Young, Kim, Hak-Roh, 2005 "Effects of Operation Parameters on the Peak Cladding Temperature for the Fuel Test Loop," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 1592~1597.

(2) Lee, Sang-Guk, Choo, Kee-Young, Kim, Tae-Ryong, 2005 "Study on the Application of Leak Diagnosis Technique Using AE for Steam and Water Control Valve in Power Plants," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 1550~1555.

(3) Lee, C. M., Lee, An, J. S., Choi, Y. D., 2005 "Study on the optimization of mixing vane for LSVF(Large Scale secondary Vortex Flow) in 17·17 rod bundle," Proceeding of KSME 2005 Fall Annual Meeting, pp. 373~378.

(4) Kim, Seong Kun, Choi,

Ki Sang, Choi, Kwang Hee, Ji, Moon Hak, Hong, Seung Yeol, 2005 "Web-Based On-Line Thermal Performance Analysis System for Turbine Cycle of Nuclear Power Plant," Trans. of KSME(B), Vol. 29, No. 3, pp. 409~416. [신창환, 한국원자력연구소/조형희, 연세대학교]

열병합 및 복합발전

국내 발전용량의 상당 부분은 원자력 발전에 의해서 생산되고 있지만, 최근 들어 분산발전 개념의 확대와 청정발전에 대한 사회적인 관심으로 인하여 복합 화력 발전에 대한 관심이 증대되고 있는 상황이다. 복합 화력발전은 발전효율이 높고 환경오염물질 배출이 적어 2004년 6월 기준으로 전체 발전설비의 25%를 점유할 정도로 국내 발전설비에서 차지하는 비중이 증대되고 있으며, 국내 전력시장도 자유경쟁에 의한 전력거래 체제로 변화됨에 따라 핵심 경쟁요소인 연료비 및 운전비용절감을 위한 발전소 최적 성능 유지에 많은 관심이 집중되고 있다. 이를 위해 발전설비의 최적 운전성능 유지를 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 특히 열병합 복합 화력발전소는 전력과 더불어 지역난방용 열원을 생산하는데 있어 매우 다양한 운전 패턴을 가지므로 현재의 운전 상태를

감시하여 최적으로 운영하는 데 상당한 어려움을 겪어왔다. 따라서 이에 관한 연구로 실시간으로 운전데이터를 취득하여 발전소의 운전성능평가는 물론 설비의 이상 유무 상태를 온라인으로 상시 감시하여 최적의 운전 상태를 유지할 수 있는 시스템을 적용하는 연구가 진행되었다. 이를 국내 분당 열병합 복합 화력발전소에 적용하여 연료소비를 줄이고 발전소 유지보수 경비를 절감하는 데 기여하였고, 발전소의 예측 보수를 가능케 하여 정지·보수 주기를 연장할 수 있을 뿐만 아니라, 심각한 발전소 정지를 미연에 방지할 수 있는 연구를 진행하고 있다.

화력발전소 중 기력발전소는 이론적으로 정압가열, 단열팽창, 정압응축, 단열압축으로 이루어지는 재생·재열 밀폐계로 구성된다. 이 중 보일러, 터빈, 콘덴서, 급수가열기로 구성되는 발전소 사이클은 운전조건 변화에 따라 다양한 열적 상태변화를 나타내고 있다. 운전 중 사이클 내에 존재하는 단위기기의 변화는 서로 유기적으로 연계되어 있어, 기기 상호간의 성능과 운전변화에 영향을 미치게 된다. 따라서 발전소 단위기기 중 급수가열기의 다양한 운전 거동을 모사, 성능 변화를 분석하기 위해서는 성능 예측, 운전거동 모사를 실시하여야 한다. 그러므로 이러한 해석을 통해서 운전변화에 영향을 미치는 주

요인자와 그 인자의 정량적, 정성적 수치를 도출 하는 연구도 수행되었다.

또한, 대체에너지원 개발의 일환으로, 풍력 발전에 대한 연구가 진행되었는데, 이 연구에서는 블레이드 손실 모델을 적용한 BEMT(Blade Element Momentum Theory)이론을 활용하여 로터 블레이드 최적 설계를 수행함으로써 관련 설계기법을 확립하고, 최종적으로 성능평가를 위한 국산 소프트웨어의 개발을 수행하였다.

[발표 논문]

(1) Kim, Beom Seok, Yang, Changjo, Kim, Jeong Hwan and Lee, Young Ho, 2005 "Software Development for the Optimum Rotor Design and the Performance Analysis of the HAWT by BEMT," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3140~3145.

(2) Jang, Seok Won, Rhim, Sang Kyu, Jung, Hoon, Joo, Yong Jin and Lee, Sang Heon, 2005, "Feed Water Heater Performance Modeling and Tuning Techniques for Power Plant," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3135~3139.

(3) Joo, Yong Jin, Kim, Si Moon and Jang, Seok Won, 2005, "Development of On-Line Performance Monitoring System for Combined Heat and Power Plant," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3130~3134. [조형희, 연세대학교]

연소기기

연소기기는 공업로 및 보일러 등에 사용되는 버너와 가스터빈 연소기 등으로 구분할 수 있으며, 최근의 연소기기는 열에너지 효율 극대화화 연소기기를 통해 배출되는 배기가스 규제의 환경기대치 충족을 동시에 요구하고 있다. 특히 완전 연소 시 방출되는 CO₂는 지구온난화의 주원인으로 1997년 교토의정서협약을 통해 저감 대상국과 규제치를 구체화하고 있다. 그리고 비준에 서약한 37개국은 1990년 대비 연 평균 5.2%를 감축하기로 하였다. 이에 따라 연비 향상 및 환경 보전을 위한 연구가 크게 요구되고 있는 실정이다.

2005년에 발표된 연소기기 관련 논문 중 연소특성과 배기가스 문제를 유기적으로 고려한 연구들을 살펴보면 대한기계학회논문집에 4편, 한국자동차공학회 논문집에 9편, 한국연소학회지에 8편 등 총 21편의 논문이 발표되었다.

보일러 및 가스터빈 연소기와 관련한 연구는 소형 버너 장치 내에서 스웰 유동과 분사 압력 조절에 따른 연소특성 및 배기 배출물 특성 파악에 관련한 연구, CO₂ 또는 H₂O 첨가에 따른 예혼합 화염의 안정성 및 화염표면 상호작용에 관한 연구가 다수 기관에서 수행되었다. 충북대학교에서는 스웰 노즐을 이용하여 공기 속도를 조절하고 이와 함께 분사 압력을 조절함으로써 CO, CO₂, NO_x, 연소 효율을 파악하는 연구를 수행하여 적절한 소형 연소기기를 설계하는 데 이용하였다. 서울대학교에서는 음파 가진에 의한 수소 확산화염의 NO_x 배출저감 연구를 수행하였다. 한국과학기술원에서는 주변 온도에 따라 예혼합 화염의 열소염 및 화학소염에 대해 실험을 통하여 화염 표면의 연소 특성을 파악하는 연구를 수행하였다. 또한 CO₂ 첨가에 따른 순산소 연소기의 연소 특성을 연구하였다. 이는 CO₂ 첨가를 및 분사공 수 조절을 통해 산소와 연료의 혼합률을 증가시켜 연소효율을 높이고 배기배출물을 줄이는 최적의 연소 조건을 구하는 연구 내용을 담고 있다.

또한 연소 특성을 차량에 적용한 엔진 기술을 살펴보면, 직접 분사식 가솔린 엔진(GDI : Gasoline Direct Injection Engine 또는 DISI : Direct Injection Spark Ignition)은

기존의 흡기 분사 방식에서 연료를 직접 연소실로 분사하는 방식으로 변경시켜 저연비, 고효율을 실현하였다. 그러나 PM 배출 및 Catalyst와의 부합성 문제 등을 가지고 있다. 이보다 연비에서 우월성을 보이는 직접분사식 디젤 엔진(HSDI : High Speed Direct Injection)은 유럽을 중심으로 활발히 개발되고 있으나 NO_x 및 PM 배출저감을 위한 연료분무 및 연소시기 전자정밀 제어 기술이 요구된다. 이 외에도 저NO_x 연소 기술로서 다단 연소(Stage Combustion), 가변밸브 시스템(VVT-L : Variable Valve Timing-Lift), 균일 예혼합 압축착화(HCCI : Homogeneous Charge Combustion Ignition), 배기 재순환(EGR : Exhaust Gas Recirculation), 촉매 연소(Catalytic Combustion), SCR, SNCR, 플라즈마 탈질 기술 등이 있다.

직접 분사식 가솔린 엔진에 관한 연구의 경우, 한양대학교에서는 고압축비와 더불어 흡기되는 공기의 온도를 조절한 후 가솔린 연료를 연소실 안에 직접 분사하는 방식을 채택하였다. 이는 흡입 공기의 온도 조절과 연료 분사시기의 조절을 통해 고 압축비임에도 불구하고 급격한 NO_x 생성없이 연소효율을 증대시켰다. 또한 연료와 공기의 성층화를 시도함으로써 엔진 속도와 압축비 조건에 따라 연소의 안정성을 이루는

연구를 진행하였다. 그리고 열효율이 높은 디젤 엔진의 균일 예혼합에 관한 연구는 주로 NO_x, THC와 PM의 연소 배출물의 동시 저감에 관한 연구가 진행되었다. 현대자동차에서는 HSDI 엔진의 연소 시스템을 개발하기 위해 3단계에 걸쳐 시뮬레이션을 수행하였다. 첫 번째 단계는 HYDSIM을 이용한 커먼레일 인젝터의 분사특성 분석이고, 다음 단계는 KIVA-3V와 INSIGHT를 이용한 3차원 연소 모델 분석, 마지막 단계는 실험을 통해 검증함으로써 구성한 시뮬레이션을 최적화 하는 것이다. 이를 통해 연비의 손해 없이 NO_x와 Soot를 크게 감소시킬 수 있었다. 한양대에서는 단기통 HCCI 디젤 엔진에 배기재순환가스(EGR) 사용과 배기 압력조절을 시도하여 기존 디젤엔진 대비 NO_x 생성을 크게 감소시키는 연구를 진행하였다. 또한 한국기계연구원에서는 희박 예혼합 방식을 채택하여 다양한 형상의 예혼합기와 당량비에 따른 배기가스 실험을 수행하였다.

그 외에 국민대학교에서는 스파크 점화기관의 냉시동시 배기 밸브 타이밍 및 점화시기를 조절하여 촉매장치 활성화를 신속하게 하여 냉시동시 배기가스를 저감할 수 있는 연구를 수행하였다. 그리고 한양대에서는 Direct Injection Diesel Engine에 압축비 변화에 따른 점화지연과 연료 분사각을 조절하여 연소실 내

의 연료침전물 생성을 감소시켜 NOx 생성을 크게 감소시키는 연구를 수행하였다. 쌍용자동차에서는 인젝터의 분사공 수를 증가시켜 연소 및 배기특성 향상에 관한 연구를 수행하였다. 경남대학교에서는 스파크 점화기관의 흡기조성 변화(산소의 체적분을 증가)에 따른 기관 연소와 배기특성에 관한 연구를 수행하였다. 서울대학교에서는 버너나 가스터빈에서의 연소 효율을 높이기 위해 고온 공기 혹은 상승된 온도 환경에서 연소를 연구하고 있으며 특히 연소 시스템의 안정과 관련한 화염 안정성에 관한 연구를 수행하고 있다. 난류 부상화염에 관한 연구는 상온에서 다양한 가스 연료에 대해서 노즐 직경 변화, 연료 희석, 동축류 속도 변화 등의 효과를 고려하여 연구를 진행하고 있다.

이와 같이 2005년도 연소기기의 연구 경향은 연비 및 배기저감을 위해 소형 가스버너 기술, 첨가제 사용에 따른 연소 특성 향상 기술, 가솔린과 디젤엔진의 장점을 조합한 연소기술, 연료 분사 및 연소 시기 전자 정밀 제어 기술 그리고 후처리 장치 개선 기술과 관련한 연구가 진행되었으며, 향후에도 이 분야에 대한 연구는 꾸준히 이루어질 것이다.

[민경덕, 서울대학교]

공기조화

현대 건물의 기밀성 및 에너지 절감 추구는 실내 공기의 환기문제를 야기하고 있다. 특히 많은 시간을 한정된 공간에서 생활하는 학생들의 경우 빌딩 증후군(building syndrome) 등이 문제가 되고 있다. 따라서 학교 교실 내의 실내 공기의 오염도를 평가하기 위해 이산화탄소의 농도와 온·습도를 측정하였고, 환기장치의 작동 유무에 따라 교실 내 이산화탄소의 농도변화 및 온습도변화에 대해 실시간으로 측정·분석하였다. 이 연구를 통해 환기장치를 가동하지 않았을 때는 학교보건법 시행규칙에서 규정하고 있는 이산화탄소 농도보다 높은 수치가 나타난다는 것을 밝혀냈고, 환기 용량이 800CMH 이하일 때 교실 내 최대인원에서 필요한 필요 환기량임을 확인하였다. 또한, 실내의 열쾌적도를 평가하는 지표인 기류분포성능지표(ADPI)와 온열쾌적지표(PMV)가 혼용되어 왔는데, 이 둘의 차이를 평가하기 위해 강의실에서 4-way 카세트 에어컨이 설치된 경우와 팬코일유닛(FCU)이 설치된 경우에 대한 수치해석 연구를 하였다. 이를 통해 두 지표에 대한 비교·평가가 수행된 결과, 측정된 값들은 유사한 쾌적도를 나타내는 것으로 확인되었다.

건물의 공조 방식에 관한 연구로는 현대 건물의 개발 추세인

개별 공조 방식이 주를 이루고 있다. 이 방식은 각 개별 공간의 부하에 따라 용량을 독립적으로 조절할 수 있는 시스템 멀티 에어컨을 주로 사용하는 것이다. 이 연구에서는 시스템 멀티 에어컨을 대상으로 냉방기에 발생할 수 있는 몇 가지 고장을 대상으로 이들의 복잡성과 비전형성에 대한 검출 및 진단을 효과적으로 수행할 수 있는 퍼지논리를 이용한 진단 시스템의 개발과 유효성 확인에 관한 연구가 이루어졌다. 단계별로 고장의 정도를 검출할 수 있는 시스템을 개발하였으며 실험을 수행한 결과 78~90% 정도의 정확도를 얻었다.

한편, 건물의 에너지 절감의 측면에서는 지열원 히트펌프 이용하는 연구가 진행되었다. 국내 최초로 Standing Column Wall(SCW)방식을 이용한 시스템과 냉·온수 축열방식을 조합한 냉난방 시스템에 대한 실증 시험이 실시되었는데, 주요 열적 성능에 대한 실험 결과치는 한국 전력공사의 기준치에 적합함이 확인되었다. 또한, 지열과 함께 태양열원을 복합적으로 이용하는 시스템에 대한 연구도 행해졌는데, 지열원 히트펌프시스템의 일일 평균 냉방성능계수는 4.5, 난방의 경우 3.5 정도를 나타내었고, 태양열 급탕시스템의 운전성능을 분석한 결과 연간 30% 이상의 급탕부하를 담당하는 것으로 판단되었다.

우리나라의 수출 주력품목인

첨단 전자산업에서의 연구는 대규모 클린룸을 가지는 공장이 많아 에너지의 철저한 사용 합리화가 요구되고 있기 때문에, 이에 따라 클린룸에 도입되는 외기 내의 가스상 오염물을 제거하고 동시에 반도체 공장 등의 생산 장비로부터의 고농도의 케미컬 가스성분을 포함하는 다량의 배기로부터 열회수를 실시하는 두 가지의 기능을 겸비한 에어와셔 시스템의 열회수 성능에 대한 기초 실험이 주로 수행되었다.

이 밖에도 최근 교통량 증가 문제에 대처하기 위한 대안으로 지하공간을 활용하는 장대터널 개발은 많은 장점을 가지고 있어 지속적으로 수요가 급증하고 있는 추세다. 그러나 반 밀폐된 구조로 인하여 화재 시 배연에 많은 어려움이 있다. 따라서 국내에 건설 예정인 실제터널의 축소모형을 대상으로 자연배기 상황에서 사람들이 대피할 수 있는 비상출구 위치의 적절성을 검토하는 연구가 진행되었다.

앞서 기술한 바와 같이 쾌적한 환경을 만들기 위한 지표들과 다양한 시설들에 따른 영향 등 생활환경에 대한 연구들이 주로 이루어졌으며, 에너지 절약을 위한 연구들이 주를 이루어져 왔다. 이와 같은 연구들은 우리의 보다 나은 생활과 건강을 위한 것으로 앞으로 공기조화 연구는 지속적으로 이루어질 것으로 예상된다.

[발표 논문]

(1) Shin, H. S., Lee, J. K., Lee, J. K. and Lee, K. G., 2005, "The Performance Evaluation and Measurement of Indoor Air Quality for Ventilation with the Existence of Occupants in Schools," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3146~3150.

(2) Shin, H. S., Lee, J. K., Ahn, Y. C., Yeo, C. S., Byun, S. H., Lee, J. K., Kang, T. W., Lee, K. G. and Park, H. S., 2005, "Measurement of Indoor Air Quality for Ventilation with the Existence of Occupants in Schools," KSME Int. J., Vol. 19, No. 4, pp. 1001~1005.

(3) Noh, K. C. and Oh, M. D., 2005, "Comparison of Thermal Comfort Performance Indices for Cooling Loads in the Lecture Room," Trans. of the KSME(B), Vol. 29, No. 7, pp. 868~877.

(4) Choi, C. S., Tae, S. J., Kim, H. M., Cho, K. N., Moon, J. M., Kim, J. Y., and Kwon, H. J., 2005, "Fuzzy Algorithm for FDD Technique Development of System Multi-Air Conditioner," Trans. of the KSME(B), Vol. 29, No. 11,

pp. 1220~1228.

(5) Woo, N. S., Hwang, I. J. and Lee H. C., 2005, "Experimental Investigation of Cooling and Heating Performance of a Solar Assisted Ground-Source Heat Pump System," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3151~3156.

(6) Kim, O. J., Koh, D. Y., Yeom, H. K. and Rhee, K., 2005, "An Experimental Study on The Performance of a Ground Source Heat Pump System," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3157~3163.

(7) Yoo, K. H. and Yeo, K. H., 2005, "An Experiment of Heat Recovery of an Air Washer System for Semiconductor Clean Room," Proceeding of KSME 2005 Spring Annual Meeting, pp. 3164~3167.

(8) Hwang, C. H., Yoo, B. H., Lee, C. E., Kum, S. M., Kim, J. Y. and Shin, H. J., 2005, "An Experimental Study of Smoke Movement in Tunnel Fire with Natural and Forced Ventilations," Trans. of the KSME(B), Vol. 29, No. 6, pp. 711~725.

[조형희, 연세대학교]