

에너지 및 동력공학부문

부문위원장 : 이 영 철[한국서부발전(주), 전무]

2001년도 에너지 및 동력공학 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 내연기관, 가스터빈 및 증기터빈, 열병합 및 복합발전, 보일러 및 발전설비, 소각로, 연료 및 대체에너지, 원자력 에너지, 연소기기, 공기조화 등 각 세부분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술개발이 폭넓게 이루어졌으며, 각 세부분야별 연구 동향을 소개하면 다음과 같다.

내연기관

최근의 내연기관 관련 부분에서 가장 중요한 논점은 효율, 저공해 엔진과 내연기관의 장래에 관한 것이라고 할 수 있다. 자동차와 관련된 지구, 환경문제는 기존의 유해 배기가스에서 지구온난화와 관련된 이산화탄소(CO₂), CFC 등의 온실가스 발생은 물론 산성비, 오존층 파괴 등의 문제로까지 확대되었다. 특히, 지구온난화 가스 중 80% 이상을 차지하는 CO₂는 수송부문에서 약 18%가 배출되는 것으로 알려

져 있으며, EU환경각료 이사회는 UN기후협약에 의거 승용차의 CO₂배출량을 2005~2010년까지 120g/km로 감축할 것을 요구하고 있다. 자동차의 CO₂ 감축을 위한 기술로는 크게 차량측면, 엔진본체, 변속기 등의 기술범위로 대별할 수 있으며, 또한 사용연료 자체를 바꿔주는 대체연료 자동차 기술 등이 있다. 이중 엔진본체의 연비 개선 기술로는 선진국에서는 많이 보급되어 있는 디젤 승용차의 보급확대와 가솔린 직접 분사(GDI) 엔진기술이 있으며, 또한 국내에서도 이미 실용화 되어 있는 초회박 엔진기술이 등이 CO₂ 감축에 크게 기여할 것으로 예상된다. 이밖에 연소효율 증대를 위한 고압축비연소기술, 각 부품의 마찰저감기술, 전자제어에 의한 최적화 엔진제어기술 등이 있다.

내연기관의 CO₂저감기술과 관련하여 Volkswagen 사는 Lupo 직분식 터보차지 디젤엔진을 개발하여 주목할 만한 기술적 가능성을 제시하였다. 2000년에 수행

된 도로주행 시험결과에 의하면 이 Lupo 3L 디젤엔진을 탑재한 차량이 792.57L의 연료로 80일 동안에 5대륙에 걸쳐서 평균속도 85.6km/h로 33333km를 주파하였으며, 이는 100km를 주행하는데 2.38L의 연료가 소모되고 연료 소모량당 주행거리로는 98.9miles/gallon이 되며, 이러한 Lupo 디젤엔진은 세계최초의 3-L Car이며, 동시에 EURO6를 만족할 수 있는 최초의 디젤엔진으로서 큰 의미를 지닌다고 할 수 있다. 현재 Volkswagen 사는 100km 주행거리 당 연료소모량을 2.0L 이하로 절감하기 위해 관련기술 및 연소과정의 최적화를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 연료소모율을 최적화하기 위해 ring노즐로 분사되며, ring노즐을 거쳐 연소실로 유입된 연료는 연소실 중앙에서 충돌하면서 자발화와 함께 연소실 벽면과 접촉이 없이 fireball을 형성하면서 급속하게 연소시키고 Wall quenching에 의한 UHC형성을 막을 수 있고 Fireball이 잔류 연

소가스에 쌓여서 연소 되기 때문에 NOx 및 soot의 생성을 최소화할 수 있는 연소기술을 개발 중에 있다. 이러한 고효율 연소기관의 개발은 석유자원의 고갈과 지구온난화와 관련해서 아주 중요한 의미를 가지는 것이다.

미래의 저공해, 고효율 내연기관 연소기술은 난류혼합제어 및 연소제어의 자유도에 따라 체계적으로 분류할 수 있다. 일반적으로 가솔린엔진의 연소제어에 있어서 직접분사방식은 혼합기형성의 자유도를 증가시킬 수 있으며, 분사시기를 조절함으로써 균일혼합기에서 성층혼합기까지 조절할 수 있다. 이러한 기존 혼합기 형성방법에 부가적으로 2단 혼합방식, 2단 연소방식, 그리고 희박성층혼합기 연소방식 등을 이용해서 균일혼합기와 성층혼합기의 혼합 그리고 연소가스에 예혼합기의 혼합 등으로 GDI엔진의 혼합기 형성에 있어서의 자유도를 한층 증가시킬 수 있는 방식들에 대한 연구가 진행되고 있다. 2단 혼합방식은 흡기행정 초기의 1차 분사시 희박가연 한계를 초과하는 공연비 60 정도의 초희박 균일혼합기를 형성하기 때문에 knocking을 억제하는 데 효과적이며, 압축행정 말기의 2차분사는 초희박 균일혼합기내에 약간 농후한 성층혼합기 영역을 형성하게 되어 연소초기에는 Soot가 형성되거나 초희박 균일혼합기 쪽으로 화염이 전파하면서 희박 균일혼합기 속의 O₂ 및 OH라디칼에 의해 완전히 산화하게 된다. 2단 연소방식은 압축행정 말기에

1차 분사에 의해 희박 성층혼합기를 형성하고 팽창행정 말기에 보조적인 2차 분사를 하여 배기가스 온도를 상승시켜 촉매를 빨리 가열시키며, 2차 분사의 연소과정에서 형성된 Soot는 난류혼합과정에서 희박 성층혼합기의 연소생성물 중의 OH라디칼 등에 의해 산화하게 된다. 이러한 2단 연소방식은 연료소모율을 개선하기 위해 촉매의 초기가열이 끝난 후에는 성층 희박혼합기에 의한 1단 연소방식으로 전환하는 방식을 채택하고 있다.

일반적으로 가솔린엔진의 연소과정은 난류에 의해 제어되고 GDI엔진의 연소과정은 혼합기형성에 의해 제어할 수 있으나, NOx와 PM의 동시 저감을 위해 개발되고 있는 균일예혼합 압축착화기관(HCCI)의 연소제어에 있어서 가장 큰 문제점은 점화시기 제어의 어려움에 있다. 나고야 공과대학의 Ohta 등은 HCCI엔진의 연소과정을 제어하기 위한 두 가지 방식, 즉 저휘발성 유기화합물을 연료에 첨가하여 자발화 시기를 지연하는 방법과 디젤엔진용 cetane수의 탄화수소 연료에 가솔린엔진용 높은 octane수의 탄화수소연료에 첨가함으로써 넓은 운전조건에 대하여 점화시기와 엔진부하를 제어하는 방식을 고안하였으며, Nissan자동차는 고부하 및 넓은 운전조건에서 작동할 수 있는 HCCI엔진을 개발하기 위하여 개선된 MK(modulated kinetics)연소방식을 제안하였다. 고부하 운전조건에서 MK연소 방식은 EGR가스의

온도증가로 인한 점화시기의 단축과 분사연료량의 증가로 인한 분사 기간의 증가와 같은 문제점 때문에 자발화 전에 연료분사를 완료해야 하는 예혼합 연소의 필요조건을 충족할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 EGR가스를 냉각하고 압축비를 낮추어 점화시기를 지연시키고 고압분사에 의한 분사기기를 단축하는 방식과 함께 연소실 현상을 개선하고 선회강도를 증가시켜 난류혼합에 의한 혼합기의 예혼합도를 향상시키고 HC의 형성을 최소화하는 연소기술의 개발 중에 있다. HCCI엔진의 연소과정 및 점화시기를 예측하기 위한 모델링에 대한 많은 연구들이 국제적으로 진행되고 있다. HCCI엔진의 연소실 벽면에서의 경계층 영향을 고려하기 위하여 연소실 중앙의 단열화염 영역과 열전달을 수반하는 연소실 벽면 근방의 연소영역을 구분하여 해석하는 Multi-Zone모델 그리고 HCCI엔진의 연소과정에서 유동장과 화학반응의 상호작용 영향을 고려하기 위해서 CFD code을 이용하여 HCCI엔진의 연소특성을 해석하는 연구들이 수행되고 있다. 또한 최근에 와서 특기할만한 수치해석 연구의 기술적 동향 중에 하나는 포괄적인 수치모델을 유전자 알고리즘과 결합하여 내연기관의 최적설계에 적용한다는 점이다.

이외에도 전기자동차, 하이브리드자동차(HEV), 연료전지자동차(FCEV) 및 천연가스(CNG)자동차 등 대체연료 자동

차 개발의 실용화가 중요한 과제이다. 대한기계학회논문집에서도 가솔린엔진의 연비 성능을 향상시키기 위하여 SCV를 이용한 희박연소 특성에 관련된 논문들과 직분식 가솔린 엔진에 적합한 분무특성을 파악한 논문들이 작년 한 해 동안 다수 발표되었다. 또한 고속직분식 디젤엔진의 연소 성능에 중요한 영향을 미치는 고압 인젝터의 분무충돌 특성에 관한 논문들과 EGR 및 과급을 이용하여 디젤엔진의 배기 특성, 그리고 HCCI엔진의 연소 특성에 관한 논문들이 여러 연구기관에서 발표되었다. 이와 같이 자동차용 저공해 및 저연비 엔진기술에 관한 연구는 꾸준히 발표되고 있으며, 향후에도 이 분야 대한 관심은 더욱 고조될 것으로 기대된다. [김용모, 한양대학교]

가스터빈 및 중기터빈

항공기 엔진에서 발전시스템으로 발전되는 대형시스템뿐만 아니라, 단위건물의 열병합발전, 하이브리드용 초소형 엔진 등의 소형시스템으로 점차 가스터빈의 응용분야가 확대되고 있다. 이러한 추세에 맞추어서 시스템의 효율 및 성능향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 가스터빈의 효율과 출력 향상은 터빈입구온도 상승과 직결되어 있어 냉각이 매우 중요하며, 이에 관련된 연구들이 다수 발표되었다.

터빈 블레이드 표면의 효율적인 냉각방법인 막냉각에 대한 연구를 살펴보면 평판 막냉각에 한

정되어 왔던 기존 연구에서 벗어나 반원형 모델을 이용하여 분사홀의 형상과 분사각 변화가 터빈 블레이드 선단 막냉각 특성에 미치는 영향에 대한 연구가 수행되었다. 반대방향의 방향각을 갖는 2열 분사구조의 막냉각 연구로 분사형상 및 상대적 배열에 따른 연구가 이루어졌으며, 상류 홀과 하류 홀의 상대적 배열에 따라 막냉각 제트의 궤적이 달라져 막냉각 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 또한 반대방향의 방향각을 갖는 정렬배열 2열 분사구조의 막냉각에 분사비가 미치는 영향에 대해서도 연구되었다. 경계층 외류의 존재 유무에 따른 막냉각 성능 변화에 대한 연구로서 전방 확장홀인 경우에 수행되었으며, 단순분사각을 가지는 경우에도 연구가 이루어졌다. 2차원 슬롯 막냉각의 분사비-분사각도의 효율적인 조합에 대한 연구로 유동의 가시화 실험과 수치해석이 수행되었다. 막냉각이 이루어지는 표면만에 국한되지 않고 비대칭 입구조를 갖는 막냉각홀 내부에 대한 연구 등도 다루어졌다.

국소적으로 높은 열전달효과로 인해 터빈 블레이드와 연소기 내벽의 냉각에 적용되고 있는 충돌제트 냉각방법에 대한 연구들도 많이 수행되었다. 기본적인 단일 충돌제트 연구로는 MeshScreen 차폐물 변화를 통해 충돌분류의 유동구조 변경에 따른 열전달 특성을 관찰한 연구가 수행되었으며, 맥동이 존재하는 경우에 축대칭 충돌제트에 대한 열전달 특

성이 연구되었다. 완전 발달된 난류 원형 제트가 평판에 충돌하는 경우에 제트 레이놀즈수, 노즐 출구와 충돌 벽면간의 무차원 거리, 노즐 출구 벽면의 두께의 변화가 충돌 영역과 벽면 제트의 난류 유동장 구조에 미치는 영향에 대해서도 연구가 수행되었다. 슬롯형 제트와 원형제트의 열전달 비교한 연구도 이루어졌으며, 원형제트의 노즐과 평판충돌면 사이에 다공질판을 삽입된 경우에 다공질판의 구멍 크기와 간격, 형상변화에 대한 연구도 다루어졌다. 수치적인 연구로는 경사진 충돌제트에서 $k-\epsilon-v^2$ 모델을 이용하여 충돌면까지의 거리, 노즐의 경사각의 변화에 따른 유동 및 온도장 해석이 수행되었다. 실제적인 충돌제트 냉각방법 적용에 대한 연구로 충돌전후에 인접한 제트간의 상호작용이 고려되는 배열 충돌제트 연구들도 진행되었다. 배열 슬롯제트에서 노즐과 충돌면까지의 거리, 노즐간의 거리등의 변화에 따른 충돌면에서의 열전달 특성 연구도 수행되었다. 또한 열전달을 향상시키기 위해 분사관에 유출홀을 설치한 경우와 설치되지 않은 경우에 대하여 분사관과 충돌판 사이의 간격 변화에 대한 충돌면에서의 국소 열/물질전달 특성 연구가 이루어져 유출홀이 설치된 경우에 열전달이 크게 향상되는 것으로 보고되었다.

터빈 블레이드 내부에서의 열전달을 향상시키기 위한 연구들도 계속적으로 진행되었다. 난류 성분을 촉진시키기 위한 방법으

로 내부관에 설치된 다양한 연속 및 단락 요철 배열과 형상에 대한 연구들이 수행되었으며, 보다 실제적인 터빈 블레이드를 모사하기 위해 회전 내부관에서의 다양한 레이놀즈수의 변화 및 곡관부의 형상변화에 대한 열전달 특성 연구도 수행되었다. 틸새 유동을 가지는 단락요철의 사용은 열적 취약점이 될 수 있는 영역을 축소하고 열전달의 균일성을 증가시키는 것으로 발표되었다.

그밖에도 터빈 블레이드의 경우, 고온의 연소가스가 블레이드와 슈라우드 사이에 유입되어 블레이드 말단이나 슈라우드에 과도한 열부하가 발생되므로 블레이드 말단이나 슈라우드의 정확한 열전달 특성을 파악하기 위한 연구들도 수행되고 있다. 블레이드 말단과 슈라우드 사이의 간극 변화 및 난류강도 변화에 대한 열전달 특성 연구가 이루어졌으며, 가스터빈의 제1단 동익 끝벽의 냉각시스템 설계를 위하여 터빈 익 끝벽에서의 열전달 계수를 구하는 연구도 다루어졌다. 터빈 블레이드로 구성되는 터빈 캐스케이드 내의 유동 및 열전달 현상에 대한 연구로서 정익의 후류효과를 고려한 캐스케이드 내의 열전달 특성에 관한 연구 이외에도 입구 경계층 두께에 대한 적절한 높이의 펜스 설치에 따른 열전달 연구결과도 보고되었다. 다양한 상류의 후류 형태가 선형터빈익렬의 유동 및 열전달에 미치는 영향에 관한 연구들도 다수 발표되었다.

가스터빈 블레이드에 대한 개

별적인 냉각방법들에 대한 연구 이외에도 전체적인 가스터빈의 냉각성능에 대한 설계에 대한 연구들도 이루어졌다. 간단한 모델링을 통해 실제 가스터빈 블레이드 형상에 대한 해석을 수행하여 외부 작동조건이 가스터빈 블레이드 냉각유량에 미치는 영향에 대해 연구가 이루어졌으며, 발전용 가스터빈 1단 동익에 대해 외부열전달 계수, 요철, 굴곡이 있는 유로 등에 대한 열전달 및 압력 손실을 고려한 유로망 해석 및 온도해석 방법을 고려한 전체적인 1단 동익에 대한 열전달 해석이 보고되었다. 대형 발전용 가스터빈의 부분부하 운전에 대한 성능 특성을 역서지 개념을 이용하여 해석한 결과도 발표되었다. 최적화 기법을 이용한 대형 증기 터빈 유로설계에 대한 연구도 이루어졌으며, 해석적 방법을 이용한 가스터빈 축류 압축기의 파울링 현상 해석에 대한 연구도 발표되었다.

가스터빈 및 증기터빈에 대한 연구는 계속적으로 가스터빈 블레이드의 냉각방법에 대한 연구들이 주로 수행되고 있으며, 전체적인 가스터빈 성능 설계에 관련된 연구들도 최근 들어 다수 이루어지고 있다.[조형희, 연세대학교]

열병합 및 복합 발전

에너지와 환경문제의 해결방안으로 주목받고 있는 열병합 발전 시스템은 환경친화성, 에너지 절약성 및 에너지 수요처에서 열 및 전기 에너지를 동시에 공급할 수

있다는 유연성 때문에 선진국을 중심으로 보급이 확산되고 있다. 국내에도 여러 종류의 열병합 발전 플랜트가 도입되어 사용되고 있으며, 새로운 가스터빈 또는 복합사이클 방식에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다. 현재 국내에서 이루어지고 있는 연구경향을 살펴보면 다음과 같다.

열병합 발전플랜트의 열성능 해석을 위해 시스템의 초기 설계 기술부분인 설계점의 사이클 해석과 시스템 시뮬레이션 및 성능 특성분석, 시스템의 최적화를 위한 열병합 발전 시스템의 열정산 프로그램을 개발하여 성능 개선 주요 설계변수들에 대한 연구가 이루어졌다. 열정산 결과로부터 지역난방부의 온도설계 조건과 터빈 배기점, 터빈 배기유량이 적절히 조합될 때 발전 플랜트에 있어 최적의 상태점이 존재하는 연구결과가 발표되었다. 열병합 복합발전시스템용 폐열회수 보일러 열설계 소프트웨어 개발에 대한 연구도 진행되었으며, 개발된 소프트웨어는 증기용량 및 증기조건 등을 고려하여 폐열회수 보일러의 크기를 결정하거나 또는 보일러의 크기가 정해진 경우의 예상되는 성능을 분석하는 목적으로 사용될 수 있음을 보고하였다.

복합화력 발전플랜트 설계에 있어서 중요한 사항은 설계점/탈 설계점에서의 성능해석이며, 이들에 관한 연구결과도 발표되었다. 대형 복합화력 발전시스템에서 일반적으로 채택되고 있는 삼중압 열회수 증기발생기를 기본 구성요소로 하는 발전 시스템의

최적설계에 대해 연구도 이루어졌으며, 복합화력 발전하부시스템 설계시 열회수 증기발생기의 열교환기 배치의 영향 및 탈기용 열원증기의 추기지점의 영향에 대한 연구도 수행되었다. 복합화력 발전용 관류형 열회수 증기발생기의 성능해석을 위한 프로그램을 구성하여 열회수 증기발생기의 압력설정에 따른 영향, 재열 시작점 위치 선정과 재열압력에 따른 영향을 해석한 결과도 보고되었다. 열병합 보일러 화로에서의 연소와 열전달, NOx 생성, FEGT 특성곡선에 대한 수치적 연구도 수행되었다. 실제 플랜트의 화로 출구의 온도를 측정하여 계산결과를 검증한 결과 측정지점의 값으로 대표한 FEGT와 잘 일치하는 결과를 얻은 것으로 보고되었다.

발전효율을 향상시키고 환경규제를 만족시키기 위해 발열량이 낮은 석탄이나 중질유 등의 연료를 가스터빈에 사용할 있도록 하는 가스화 복합발전(IGCC)에 대한 연구도 다루어졌다. 고열량의 천연가스로 설계된 기존의 가스터빈에 가스화공정에서 생산된 저열량의 합성가스를 사용하는 경우에 대한 가스터빈의 성능 예측에 대한 연구가 수행되어 연료 조성 변화가 가스터빈 출력, 효율 및 압축기 서지 마진, 압축비 등에 미치는 영향에 대한 결과가 보고되었다. 또한 중급 규모 가스화 복합발전 플랜트의 NOx 저감 방식이 성능 및 환경특성에 미치는 영향에 대한 연구도 수행되었다. [조형희, 연세대학교]

보일러 및 발전설비

차세대 에너지원의 개발과 함께 이에 대한 연구 또한 급증하는 추세이지만, 보일러와 증기터빈 등을 이용한 증기발전 방식은 단독 혹은 복합화되어 여전히 사용되고 있으며, 이에 대한 연구도 지난 일 년간 꾸준히 이루어져 왔다.

성능증가와 NOx 배출 저감을 위한 응축형 가스보일러에서 사용되어지는 원통형 다공 예혼합 연소기에 대한 연구가 진행되었다. 화염 안정도를 위해 모델링된 평면 연소기를 사용하여 홀(hole)의 직경 및 배열과 같은 다공 연소기의 설계 변수가 조사되었으며, 안정성과 NOx 배출 저감을 위한 연소특성이 원통형 다공 연소에 대해서 연구되었다. 이러한 연구를 통해 비례제어에 적당한 최적의 가동을 위한 등가비를 얻을 수 있었으며, 낮은 NOx, CO 배출량과 함께 연구된 연소기가 LPG 및 NG에도 무리없이 적용될 수 있을 것으로 파악되었다.

저NOx 응축형 가스보일러에서 사용되어지는 열교환기에 관한 설계 연구가 진행되었다. 실험과 해석적인 방법을 통하여 Fin-type HEX, Coil-type HEX, Baffle 등과 같은 각각의 열교환기 요소들의 설계 인자들이 연구되었으며, 설계된 가스보일러의 다양한 조건하에서의 성능 또한 조사되었다. 기열과 열수에 대한 보일러 효율, NOx와 CO의 배출에 있어 기존의 Bunsen-type 보

일러와 비교하여 매우 향상된 효과를 얻을 수 있었다.

소형시편을 사용한 SP-Creep 테스트가 고온 구조재에 대한 새로운 피로테스트로 연구되었다. SP-Creep 테스트는 보일러 튜브 재료로 널리 쓰이고 있는 2.25Cr-1Mo(STBA24) Steel에 적용되었는데 소형시편의 피로변형에 적용된 테스트 온도는 대략 550~600°C 정도였다. SP-Creep 곡선은 하중과 온도에 영향받았으며, 일반적인 단축 신장 피로곡선과 유사한 세 단계의 피로거동을 보여주었다. 소형시편의 하중지수는 테스트 온도의 증가에 따라 감소하였고, 그 거동은 단축 피로테스트에서의 응력 지수와 유사했다. SP-Creep Rate와 테스트 온도간의 관계로부터 얻어진 피로 활동 에너지는 적용된 하중의 증가에 따라 감소하였다.

응축형 보일러의 열교환기에 대해 Disk와 Annular Baffle을 포함한 튜브 내에서의 유동 및 열전달 특성에 대한 수치적 연구가 수행되었다. 튜브와 Annular Baffle 사이의 간격, 높이 Baffle의 직경 등이 중요한 설계 변수로 채택되었으며, 이러한 변수들의 열전달 및 유동에 대한 영향이 연구되었다. 튜브와 Baffle 사이의 간격의 경우, 압력이 감소함에 따라 열전달은 증가하였다. Disk와 Annular Baffle의 크기가 증가하고, Baffle간의 거리가 줄어들수록 열전달은 서서히 증가하였다. 압력감하는 Disk와 Annular Baffle의 크기 변화에 민감하게 변화하였다.

다단 물유동층 열교환기에 있어서 보일러 배출 가스로부터의 폐열 회수 성능에 관한 연구가 진행되었다. 회수열은 가스에 포함된 열에너지뿐만 아니라 가스의 상변화 에너지 또한 포함시키는데 시스템에서 배출가스가 물유동층을 통과하는 동안 직접적인 접촉에 의한 열전달이 발생하게 되고, 이러한 방식으로 회복된 열 에너지는 다시 유동층 내에 존재하는 열교환 파이프를 통해 순환하는 물에 전달된다. 따라서, 배출가스의 열에너지는 깨끗한 열수로 환원될 수 있게 되었다. 개발된 컴퓨터 프로그램을 통하여 열/물질 전달계수를 얻어낼 수 있었고, '단수'의 증가에 따라 성능 또한 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 단수가 늘어남에 따라 성능의 증가율은 점차 둔화되어 가는 것도 확인할 수 있었다.

백금촉매상에서 메탄-공기 혼합물을 이용한 하이브리드 촉매 연소기에 대한 연소특성이 균일/비균일 화학과 이차원 경계층 모델을 사용하여 수치적으로 해석되었다. 더욱 정확한 해석을 위해, 백금으로 코팅되어 있는 모놀리스의 실제 표면상 밀도가 실험 데이터와의 비교를 통해 결정되었다. 모놀리스 내에서의 균일 반응은 온도 경향의 변화나 메탄 전환율 등에 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났지만, OH나 CO와 같은 Radical들은 균일 반응에 의해서 출구부분에서 급격하게 생성되었다. 등가율, 온도, 속도, 압력 그리고 입구에서의 모놀리스채널의 직경과 같은

구동조건의 영향 또한 연구되었다. 연소기 내에서 N_2O 의 생성은 반응: $N_2+O(+M) \rightarrow 2O(+M)$ 의 상대적인 중요성 때문에 NO에 비해 월등히 높았다. 마지막으로 메탄 첨가의 양에 의한 CO와 NOx의 생성도 연구되었다.

벤치규모의 가압유동층 연소소에서 석회석에 의한 무연탄의 탈황특성이 연구되었다. 실험에 사용된 석탄은 강원도 태백지역의 국내 무연탄이었으며, 충북 단양에서 채취된 석회석으로 탈황 실험이 진행되었다. 연소가스 내에서의 SO_2 의 농도는 Bed 온도와 가스 속도 증가에 따라 증가되었으나, 초과 공기 공급과 Ca/S 물비의 증가에 따라 감소하였다.[조형희, 연세대학교]

소각로

2001년도 폐기물학회는 예년과 같이 춘·추계학술 발표가 있었으며, 춘계학술 발표 행사는 관련 학회인 자원리사이클링학회, 한국유기성폐자원학회와 공동으로 행사가 거행되었으며, 일본폐기물학회와의 국제교류관계를 유지하면서 학술발표를 하고 있다. 이 글에는 학회 중심으로 지난 한 해 동안 소개된 폐기물의 소각기술 개발 내용을 요약하여 소개한 것이다.

폐기물을 소각로에서 처리할 경우, 대형 소각로보다는 중소형 소각로에서 간헐연소에 의해 발생하는 유해물질, 다이옥신 처리 기술과 소각재 용융처리에 대한 기술 소개가 지난해보다 비중이

높았는데, 앞으로 음식물 쓰레기의 감량화에 의한 쓰레기 내 함수율이 줄어들 것이 예상되기 때문에 이로 인한 폐기물의 발열량 증가와 투입 폐기물의 5~15% 정도가 배출되는 소각재(바닥재와 비산재)에 중금속의 농축에 대한 대책으로, 2차오염 물질의 발생 억제와 에너지 순환형 소각시스템 개발을 고려한 소각재용융고화 기술 개발이 진행되고 있으며, 이 분야의 기술 개발의 중요성이 높아지고 있다.

소각재 중 바닥재에서의 유해물질에 의한 영향과 재활용을 위한 정부차원의 규제 및 관리가 조만간 예상되고 있으며, 이러한 상황에 대응하는 기술 개발이 필요한 시점에서, 소각재나 비산재의 안전처리를 위한 기술개발 분야에서는 소각시설 내에서 중금속 거동, 중금속 배출과 용출 특성, 소각재(바닥재와 비산재)의 열분해 용융소각기술 개발이 생활쓰레기와 산업폐기물을 대상으로 하여 상용화를 위한 연구가 작년에 이어 계속 진행되고 있는데, 국내의 생활폐기물 바닥재 재활용에 관련 기술 개발은 선진기술 확보를 위한 연구가 경쟁으로 진행 될 것으로 예상된다.

다이옥신 처리 기술에 있어서는 국내 운영 중인 중소형 소각로를 중심으로 PCDD/Fs의 배출저감을 위하여 종래 사용해 오던 운전인자들과 배출농도와의 관련성을 해석해 온 데 반해, 상기 인자들에 소각로현장 소각로에서 PCDD/Fs 배출저감을 위해 적용하고 있는 운전 Know-how를 정

량화한 논문에서는 소각로 폐기물 투입방법 조절이 다이옥신 배출저감에 중요한 인자가 되며, 다이옥신 배출농도는 연소효율보다 안정적 연소상태에 의해 더 큰 영향을 받고 있음을 제안하였다.

생활폐기물 고품연료(RDF : refuse derived fuel)제조 및 발전을 위한 기술 개발분야에서는 정부의 2003년까지 대체에너지 공급률을 2% 올리는데 핵심적인 역할을 할 수 있는 분야로 그 기술 개발의 중요성이 대두되고 있는 가운데, 이미 보유하고 있는 RDF제조 기술을 RDF발전기술로 이끌고 가기 위한 노력이 계속되고 있으며, 관련 기관 및 전문가들이 RDF발전 연구회를 구성하여 1년 동안 운영해 오고 있다. 국내에서 RDF발전(power generation)기술의 상용화가 멀지 않은 것으로 예상된다.[최갑석, 한국기계연구원]

연소기기

연소기기는 공업로 및 보일러 등에 사용되는 버너 및 가스터빈 연소기 등으로 구분할 수 있으며, 에너지 절약 및 저공해 연소기술에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 특히 최근에는 기후협약에 따른 온실가스 저감과 관련된 연소기술에 대한 연구가 주목을 받고 있다.

저공해 연소기술은 주로 저NOx연소기술에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있으며, 환경규제가 강화됨에 따라 이에 대한 연구는 급속히 증가하고 있다. 저

NOx연소기술로는 농담연소, 연료 및 공기 다단연소, 재연소, 배기가스 재순환, 산소연소, 진동연소 등을 들 수 있으며, 이 중 공기 및 연료 다단연소기술을 이용한 저NOx 버너가 주종을 이루고 있다. 현재, 국내의 경우 저NOx연소기의 개발에 대한 연구는 한국기계연구원, 생산기술연구원, 한국에너지기술연구원 및 고등기술연구원 등에서 진행되고 있으며 저NOx 연소시스템의 레이저계측 및 설계해석 기술은 서울대학교와 한양대학교에서 체계적으로 개발하였다. 이러한 산학연 연구결과 중 일부는 상용화되고 있으나, 아직까지 산업계에서는 많은 경우 버너를 수입하여 사용하고 있다. 따라서, 저NOx 버너 개발에 대한 연구를 보다 활성화시키고 국내 기술이 현장에 적용될 수 있도록 하기 위해서는 제도적인 지원이 절실히 필요한 실정이다. 최근에는 규제가 더욱 더 강화됨에 따라 저NOx 버너와 SCR 또는 SNCR 등을 혼합하여 NOx를 저감하는 방법 등이 시도되고 있다.

에너지절약 및 고효율 연소기술로는 축열을 포함한 고온공기 연소기술, 축매연소기술 등에 대한 연구가 수행되고 있다. 또한 온실가스 저감 및 순산소연소기술에 체계적인 연구가 수행 중이거나 수행예정인 것으로 되어 있다. 순산소연소기술은 산소부화연소(OEC : oxygen enriched combustion)의 극단적인 형태로서, 열효율의 제고 및 CO₂가스 저감 기술과 맞물려서 전 세계적으로

활발하게 기술개발이 진행되고 있다. 그럼에도 불구하고 아직 확립된 기술은 존재하고 있지 않으며, 에너지 다소비 열설비인 대규모 가열로에서는 구현되고 있지 못하고 용융로 및 소규모의 급속 가열로에서만 주로 활용이 되고 있는 정도이다. 순산소연소를 채택함에 따른 경제적 이익은 연소효율을 제고하여 에너지 비용을 절감할 수 있고, 에너지의 밀도가 높기 때문에 생산성의 향상을 가져올 수 있으며, 청정연료와 순산소를 연소시키므로 대기오염 물질의 배출이 거의 없어 배연가스의 후처리비용을 절감할 수 있다. 그러나 순산소 제조비용 및 추가적인 시설투자비 때문에 경제성을 확보할 수 있는 분야가 전기와 같은 고가의 에너지를 투입하여 고온을 얻는 것이 필수적이었던 용융로와 같은 상대적으로 좁은 범위에 한정되어 있는 실정이나 에너지 고갈시 중요한 역할을 할 것으로 기대되는 매립지 가스 등과 같이 CO₂ 함유율이 높은 저급 연료의 연소기에 확립된 기술을 확대 적용할 수 있어 향후 CO₂ 저감에 더욱 폭넓은 역할을 할 것이 기대된다. 이러한 CO₂ 저감기술 및 차세대 신기술의 상용화를 위해서는 순산소연소, 산소제조, CO₂ 회수, 내열재료 및 성형기술을 포함한 설비시스템 차원의 핵심요소기술, 시스템기술 및 응용기술에 대한 개발이 체계적으로 수행될 필요가 있다. 또한 기후변화협약에 따른 온실가스 저감을 이행하지 못할 경우 국가적으로 막대한 손실을 초래하게 되고 이

러한 기술 개발의 성패 여부에 따라 기존 설비들을 포함하는 각종 연소 시스템 가동 중단은 물론 수출에 심대한 타격을 받을 것으로 예상되기 때문에 환경, 경제 및 기술적으로 국가적 차원에서 대응방안을 마련하여야 할 필요성이 있다. 이러한 필요성 때문에 국내에서는 CO₂ 저감 관련 기술의 체계적인 개발을 위하여 프론티어 사업을 추진 중에 있으며, 한국과학기술원의 ERC를 중심으로 이에 대한 기초연구를 진행 중에 있으며, 연료-산소-CO₂ 연소기술 등 CO₂ 및 N₂O 등의 온실가스 저감에 관한 연구가 향후 활발히 진행될 것으로 예상된다.

가스터빈 연소기와 관련하여서는 2001년부터는 이전에 비하여 국내의 가스터빈 개발사업이 상대적으로 활성화되어 삼성테크윈, 한국기계연구원, 항공우주연구원, 그리고 전력연구원 등에서 연구가 진행 중에 있으며, 특히 최근 발전용 소형 가스터빈에 대한 필요성이 대두되면서 몇몇 업체에서 가스터빈 사업을 수행 중이거나 준비 중에 있다. 가스터빈의 경우에도 환경규제를 만족시키기 위한 NO_x 저감에 대한 연구가 필수적이므로, 선진국의 경우에도 이에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있으며, 국내 경우에도 연구가 시작되고 있다. 저 NO_x 기술로는 예혼합 희박연소, 과농 희박연소 및 촉매연소 기술 등을 들 수 있으며, 현재까지는 예혼합 희박연소 기술이 가장 적합한 기술로 인식되어 기계연구원과 항공우주연구소에서 연구가

진행되고 있으며, 일부 기술은 상용화되고 있다. 최근에는 촉매를 이용하여 NO_x를 현저히 낮추는 기술이 개발되어 상용화를 시도하고 있다. 연소기기 개발에 관한 연구는 에너지 절약과 저공해 연소기술을 중심으로 진행되고 있으나, 두 경우를 모두 만족시키는 고효율 저공해형 연소기술 개발이 요구되고 있다. 특히, 저공해에 따라 연소효율이 저하되는 경우가 많으므로 새로운 연소기술의 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 또한 차세대 연소기기로는 산소연소기술, 수소이용기술 및 폐가스 또는 신연료 이용기술 등 대체연료 사용에 관한 연구와 새로운 연소방법 개발에 의한 연소기기의 고효율 저공해 연소기술과 함께 MEMS기술을 접목한 미세연소시스템 기술 등이 포함되며, 이에 대한 연구가 국내에서도 현저하게 증가하는 추세에 있다.[김용모, 한양대학교]

원자력 에너지

천연자원이 부족하여 전체 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있는 우리나라는 '70년도에 있었던 두 번의 석유파동을 계기로 에너지자원의 다변화정책 일환으로 원자력발전을 추진하였다. 1978년 4월 국내 최초의 원전인 고리 1호기의 상업운전 이래 현재 총 16기의 원전을 가동하고 있고 4기를 건설중이며, 또한 6기를 추가 건설하기로 기본계획을 확정 한 바 있다. 이러한 상황에서 우리나라의 원자력 기술수준은 일

부 핵심기술에 대해 기술을 활용할 능력(know-how)은 보유하고 있으나, 기술을 응용하고 보완할 수 있는 능력(know-why)은 부족한 실정이다. 그리고 1979년 미국 TMI(three mile island)와 1986년 소련 Chernobyl 원전 사고는 원자력발전소의 안전성 향상을 더욱 강조하게 된 계기가 되었다. 따라서 정부와 한국전력공사는 이러한 상황을 종합적으로 고려하여 그간 국내 원자력 기술을 한 단계 고도화하고 21세기 전력수요에 효과적으로 대처하기 위하여 안전성과 경제성이 향상된 대용량급 신형원전인 차세대 원자로의 기술개발이 필요하여 신형경수로 1400(APR1400)을 국가선도개발사업(G-7)으로 선정하고 현재 3단계 기술개발을 추진 중이다.

APR-1400은 한국 표준형 원전의 뒤를 이어 2010년 이후부터 운전될 국내 주노형으로 92년 6월 정부의 G-7과제로 개발토록 확정되었으며, 안전성과 경제성을 향상시켜 대내외적 경쟁력을 확보하고 장기전력수급 계획에 따른 전력수요 충족을 위해 대용량(1,400MWe급) 개량형 원전에 대한 표준설계를 한전 주도로 산·학·연이 합동으로 개발해왔다.

차세대 원자로 기술개발은 3단계로 구분하여 추진되고 있으며, 1단계와 2단계에서 각각 “노형선정/개념설계 개발”과, “기본설계 개발/SSAR 작성/원자로계통 주요기기 사양 작성 등”을 완료하였고 또한 3단계에서 설계최적화

와 설계인증, 장기소요항목 설계 개발을 목표로 올진 1,2호기 벤치마킹과 설계최적화를 수행한 후 설계에 반영하고 있다. 특히 설계최적화 과정에서 도출된 단일격납구조의 채택, 피동자동차용 축계통 삭제, 복합건물의 채택, 비상디젤발전기의 보조건물수용 등으로 APR-1400의 일반기기 배치도가 2단계보다 많이 변경되었다.

또한, APR1400은 참조발전소인 KSNP에 비해 열출력을 약 40% 증가시키므로써 이에 따른 기기 및 계통과, APR1400에서 채택된 새로운 개념의 설계(ADF)에 대한 최적화 설계가 진행 중에 있다. APR1400의 설계를 위해 선정된 설계 기본요건들에는 원전 사용자가 요구하는 노심손상 빈도, 격납건물 건전성상실 빈도, 방사능 대량누출 빈도, 중대사고 대처요건 등의 안전성 목표와, 안전여유도, 운전원조치 여유시간, 발전소 정전 대처시간 등의 안전성능 요건, 그리고 가동률, 계획외 불시정지 회수, 출력 변동, 재장전 주기 등의 운전성능 요건과, 이들을 만족하기 위한 설계 합리화 요건, 원자로 냉각재 계통(RCS) 구성요건, 비상냉각 및 잔열제거 요건 등이 포함되어 있다. APR1400에 적용되는 설계 기본요건들의 선정을 위하여 국내의 원전 사용자의 요구사항을 면밀히 분석하여 KURD (korean utility requirements documents)가 작성되었고, 이들 요건을 만족하기 위한 기기 및 계통의 설계를 위해서 참조발전소

대비 설계변경 혹은 개선이 필요한 사항을 도출하여 설계방향을 결정하였으며, 이와 더불어, 외국의 개량형 경수로(ALWR)에 채택된 ADF들을 분석하여 성능, 안정성, 경제성 측면에서의 검토를 통해 APR1400에의 채택 여부가 결정되었다. 이러한 과정을 거쳐 결정된 APR1400의 설계 기본요건들은 2단계의 기본설계에 반영되었고, 3단계에서는 APR1400이 KSNP 대비 안정성, 성능 및 경제성이 향상된 국제 수준의 개량형 원전으로 완성하기 위해서 설계최적화가 수행되고 있다.

원자력발전소의 최적 안전운영을 위하여 설비의 신뢰도 향상과 더불어 최적의 관리가 필수적인바, 2001년도에는 다음과 같은 기술개발이 추진되었다. 예방정비와 예측정비 방안, 주요 기기에 대한 건전성진단기법, 신형 정비용장비개발, 발전소안전성 향상을 위한 수명관리 및 확률론적 안전성평가(PSA), 주기적 안전성평가(PSR), 모터 구동 밸브(MOV) 안전성평가 및 진단기술 등이 지속적으로 수행되고 있다. 또한 발전설비의 운전년수 증가에 따라 성능관리 및 유지정비 비용이 점차 증가하고 있는 추세이므로 설비, 장비의 개선 및 기기 안전성평가 및 진단기법개발 등에 의해서 발전소 유지보수 비용을 줄여 발전원가를 줄이려는 연구 및 기술개발이 수행되고 있으며, 2001년도의 주요 현황을 살펴보면 다음과 같다.

원자력발전소의 정비 품질, 신

뢰성 그리고 경제성을 향상시키고자 원자로냉각재펌프(RCP) 실 건전성진단 및 정비기술을 1998년에 착수하여 2001년에 완료하였다. RCP는 원자로냉각재 계통을 통하여 냉각재를 강제 순환시켜 연료에서 발생된 열을 증기발전기의 이차측으로 전달하는 역할을 하며, 발전소의 출력운전 중 RCP 실 손상에 의한 누설이 발생할 경우 정비를 위해서는 발전소의 정지 및 원자로 냉각재 계통의 냉각, 감압 및 배수를 필요로 하여 경제적 손실이 발생하게 된다. 따라서 RCP 실의 품질과 신뢰성은 발전소의 안전운전과 경제성 제고를 위해 반드시 확보되어야 한다. 국내에 원자력발전이 도입된 이후로 RCP 실의 정비는 제작사의 지침서에 따라 RCP 실을 취외후 점검하여 필요한 부품이나 실 어셈블리를 일괄적으로 교체하는 정비가 수행되어 왔다. 그러나 점검방법에 있어서 요구된 점검기준을 만족시킬 수 있는 장비와 기술이 부족하여 점검자의 육안검사에 따른 주관적 판단에 의존되는 경우가 많았고 점검결과를 객관적으로 유지관리하기 위한 시험 및 절차를 수행한 후 만족한 제품을 재사용하는 기술과 장비가 확보되지 못하여 폐기하게 되어 고가의 RCP 실 구입비용 증가, 폐기물 처리비용의 증가는 물론 정비된 RCP 실을 시험하지 아니하고 설치한 후 발전소의 기동시에 재정비 필요 사유의 발생에 기인한 경제적 손실의 위험성이 상존하여 왔다. RCP 실 건전성 진단 및 정비기

술개발은 현재 수행 중인 정비방법을 보완하고 개선하여 보다 과학적이고 기술적인 정비체계와 품질보증체계를 확립하여 정비품질과 신뢰성을 극대화시키면서 고가인 RCP 실의 사용수명을 연장시켜서 경제성을 제고시키는 성과를 거두었다.

또한 원자력발전소의 주요 기기 중 하나인 증기발생기의 2차계통 내부에는 계통을 구성하는 펌프, 배관 등 수많은 부품들의 침부식으로 생성된 금속성 슬러지가 침적된다. 이 금속성 슬러지는 전열관의 균열 및 마모를 촉진시키고 열전달 효율을 저하시키므로 증기발생기 제작사에서는 예방정비기간중 정기적으로 슬러지를 제거토록 권고하고 있다. 따라서 원자력발전소에서는 매 예방정비기간마다 슬러지 제거작업을 수행하고 있으며, 화학세정이 필요한 특별한 경우를 제외하고는 고압수를 분사하여 제거하는 방식을 활용하고 있는데 이것을 랜싱이라고 한다. 1999년부터 랜싱장비의 국산화에 착수하여 고리 1호기 랜싱장비인 KALANS (kepcos advanced lancing system)를 2000년 10월에 개발하여 2000년 및 2001년 계획에 방정비기간중 성공적으로 랜싱작업을 수행하였다. 안전이 최우선인 원자력발전소에서 순수한 국내 기술로 여러 가지 기술이 복합적으로 적용되는 정밀 장비를 개발한 것은 큰 성과라 할 수 있다. 현재 고리 1호기 랜싱을 위해 개발된 KALANS 장비를 고리 2호기에도 사용할 수 있도록 기능을

확장하는 작업을 수행하고 있으며, 올진 3, 4호기 및 영광 1, 2호기용 랜싱 장비의 개발에 착수할 계획이다. 이 과제가 완료되는 2003년에는 국내 랜싱 장비는 대부분 국내 기술로 개발하여 관리하게 될 것으로 기대된다. 향후 증기발생기 랜싱 장비의 개발에 이어 증기발생기 내 이물질 제거를 위한 FOSAR (foreign object search and retrieval) 장비의 국산 개발에 대한 계획도 추진 중에 있다.

원자력발전소의 1, 2차계통의 압력경계를 이루고 있는 증기발생기의 건전성 확보를 위하여 증기발생기 통합 성능관리 체계 기술개발에 착수하였다. 추진배경은 국내 가동 중 증기발생기 46기중 24기는 가동기간이 10년 이상 되었고 적극적인 성능관리를 통하여 증기발생기 교체 등 대규모 비용 발생을 줄이고, 가동 중에 전열관의 누설로 인한 발전정지의 유발을 방지하기 위함이다. 전열관 결함의 구조적 누설 안전성에 대한 명확한 세부 기술기준을 재정립하고, 검사와 정비, 누설관리, 수집관리, 건전성평가 등 제반요건에 대한 기반기술을 개발하여 이것을 근거로 기술지침서, 최종안전성분석보고서, 부속절차서 등 약 40여 건을 재정비하고 인허가 관련 사항은 규제기관의 변경 허가를 추진할 계획이며, 2002년 3월 개발에 착수하여 2005년도에 완료하여 증기발생기 관리 체계를 구축할 예정이다.

마지막으로 원자력발전소 안전성 및 신뢰성 향상을 위해 전 원

자력발전소의 안전관련 밸브에 대하여 관련계통 및 밸브 자체 설계기준의 검토 및 시험을 통해 설계기준 조건에서 얼마나 여유있게 운전될 수 있는지를 확인하고 있다. 외국 수행사례를 수집하고 평가 진단 절차서를 개발하여 본격 운영 중에 있으며, 현재 2005년 완료 목표로 추진 중에 있으며, 평가결과는 향후 밸브의 사용연수에 따른 성능저하 정도를 판단하는 기초자료로 활용할 예정이다. 동력구동밸브 안전성 평가 업무는 밸브에 관련된 핵심 기술이 집약된 업무로서 사업소별 전담조직 운영 및 원자력교육원의 교육과정을 개설하여 운영하고 있다.

그밖에 2001년도에 발표된 연구결과를 살펴보면 다음과 같다. 원자로 벽면에서의 수조비등 (pool boiling) 열전달에 관한 실험적 연구가 진행되었다. 수조비등 열전달은 가열면의 온도를 그다지 상승시키지 않고 많은 열을 전달할 수 있는 장점이 있는 반면, 가열면에 공급되는 열속이 임계열속 (critical heat flux)보다 커지면 열전달 거동이 핵비등으로부터 막비등으로 변화하고 가열면이 급속히 가열되면서 파손될 수 있으므로 열속 부하를 임계열속 이하로 유지시켜야 한다. 최근에는 원자로의 중대사고시 원자로 외벽냉각과 관련된 수조비등현상이 새롭게 조명되고 있다. 원자로에서 노심용융사고가 발생하게 되면 노심의 핵연료가 녹아 내려서 원자로 하반구에 쌓이게 된다. 녹은 핵연료에서 붕괴열에

의해 지속적으로 열이 발생되므로 원자로 용기가 파손될 수 있으며, 이로 인해, 핵연료 및 방사능 물질이 외부에 누출될 수 있다. 최근에 이러한 사고를 완화하기 위하여 원자로 공동에 물을 공급하여 원자로 외벽을 냉각하는 방안에 대한 연구가 이루어지고 있다. 원자로 용기의 외벽이 반구형이므로 이를 이차원적으로 또는 수평면으로 단순화하거나, 규모가 작은 반구형태로 모사하여 연구가 수행되었다. 이러한 실험적인 연구에서 얻어진 결론은 외벽 냉각에서의 열적 여유도(thermal margin)가 수직면에서의 비등 열전달 및 임계 열속에 의해 지배 받는다는 것이다.

원자력 설비 배관의 완성도를 높이기 위한 NPIES라 불리는 전문가 시스템 개발에 관한 연구가 진행되었다. NPIES 시스템은 세 가지 부분으로 구성되어 있는데 데이터 입력 부분, 분석 부분, 출력 부분이 그것이다. 데이터 입력 부분은 재료 물성치 데이터베이스 모듈과 사용자 인터페이스 모듈로 구성되어 있다. 분석 부분은 LEFM, CDFD, J/T, 제한 하중 모듈들로 구성되어 있으며, 균열과 하중조건에 따라 12개의 서로 다른 해석 루틴들이 제공되어지고 있다. 해석 결과는 출력부분에서 화면, 프린터 그리고 문서파일로 보고된다. 배관상에 원주방향으로 균열이 발생한 경우에 대하여 시스템의 정확도와 사용가능성을 테스트하기 위한 연구가 진행되었다. NPIES 시스템에 의해 예측된 최대 배관하중은 3차원

미소체적 해석을 통한 결과와 잘 일치하였다. 재료의 물성치가 완전히 주어지지 않은 상태에서도 NPIES 시스템은 재료 물성치 데이터베이스 모듈로부터 추론된 예측 물성치를 사용하여 비교적 이성적인 평가 결과를 제공하였다. [이용태, 한국수력원자력(주)/ 조형희, 연세대학교]

공기조화

공기조화기는 실내의 온·습도, 기류 및 청정도를 인위적으로 사용목적에 적합하도록 조절하는 장치로서 그 적용목표가 소음 및 진동의 영역까지 확대되고 있으며, 가정용뿐만 아니라 산업용 시설에까지 적용범위가 확대되어 가면서 그 설계의 중요성이 날로 커지고 있다. 고속전철이 터널 내부로 들어오거나 서로 교차하여 지나갈 때, 외부 압력의 변화로 인하여 내부 압의 변화가 발생하게 되는데, 이러한 현상을 모사할 수 있는 프로그램을 개발하였으며 또한, 이를 통하여 고속전철의 탑승객의 불편함을 없애기 위한 연속 환기 시스템 제어 방법이 개발되었다. 이 방법은 전철의 내/외부에서 생성된 공기압을 인식함으로써 적절한 상태로 공기의 흡입과 배출 정도를 조절하는 데에 기반하고 있다. 즉, 전철 내/외부 압력의 차이가 인식되었을 경우 흡입 또는 배출용 팬의 회전속도와 밸브 개폐율이 변화하게 된다. 이 시스템의 기초성능은 300km/h의 속도를 갖는 TGV-K 고속전철의 데이터를 사용하였을

이 확인되었으며, 더욱이 350km/h의 속도를 갖는 한국형 고속전철에의 적용성도 시뮬레이션을 통하여 확인되었고 귀의 통증을 없애기 위한 수단으로서도 효율적이었음이 판명되었다.

복사냉방 시스템에 있어 응결현상의 방지를 위한 제어 변수에 대한 해석과 사용된 제어방식의 평가를 위하여 시뮬레이션을 통한 연구가 진행되었다. 시뮬레이션 해석을 통하여 On/Off 제어, 유량변화 제어 그리고 실내 온도를 통한 실외 복원 피드백 제어 등이 평가되고 서로 비교되었다. 복사냉방을 위한 최저 표면온도는 약 23°C 근방이 되는 것이 확인되었고, 표면 응축현상은 실내 습도를 20g/kg(DA) 내로 제어함으로써 방지할 수 있었다. 실내 온도를 통한 실외 복원 피드백 제어가 On/Off 제어나 유량변화 제어방식에 비하여 응축방지와 열적 안락함에 있어서 더욱 적당한 제어방식으로 나타났다.

학습 알고리즘 중의 하나인 인조 신경망 모델을 사용한 HVAC의 최적 중단 시간을 결정하는 방법에 대한 연구가 진행되었다. 이를 위하여 경험되지 않은 학습 데이터에 대한 HVAC의 중단 시간의 결정에 대한 성능이 평가되었고, 입력 데이터의 측정에 대한 시간 간격과 ANN 모델의 실제 적용을 위해 필요한 허용 오차가 시뮬레이션의 결과를 사용하여 계산되었다.

개별공조시스템에서 공급되는 공기의 적절한 온도 습도를 위해 PID 제어 사용에 관한 연구가 진

행되었다. 개별공조시스템에서는 공기가 별도의 혼합챔버 없이 공급관을 통과하여 흐를 때에 특정 온도로 가열되기 때문에 공기의 온도제어가 어려워진다. 개별공조시스템에서의 선형 동적 모델이 먼저 얻어졌으며, overshoot이나 saturation이 없이 빠른 응답성을 제공하기 위하여 P, PD 그리고 PID 형태의 제어 시스템이 고안되었고 실험적으로 수행되었다. 얻어진 데이터는 제어 시스템이 설계 규정을 잘 만족하고 있으며, 공급 공기의 온도를 제어하는 데에 적절히 기능하고 있음을 보여주었다.

최근 고성능 냉동·공조용 열교환기 개발과 관련된 기술로 수력 직경이 작은 세관 원형관이나 다수의 미소 유로를 가지는 다채널 평판관을 이용하는 방법이 제안되고 있다. 이 방법에 관한 연

구는 현재까지 꾸준히 개발되어 오고 있고 실용화도 일부 이루어지고 있으며, 최근의 연구로 그 적용 범위는 점점 더 넓어질 전망이다. 그러나 이와 같은 세관에서의 전열 특성은 종래의 대구경관의 경우와 다른 특성을 나타내는 것과는 상이한 것으로 보고되고 있다. 이러한 세관 열교환기 기초 설계 자료 제공을 위하여 R-22와 그 대체 냉매인 R-134a를 작동유체로 하여 세관에서의 응축전열특성을 분석하여 보았다. 세관의 직경이 작아짐에 따라 전열성능은 향상되었으며, 관경 변화에 따른 전열성능 향상 폭은 관경에 따라 다르게 나타났으며, 관내 응축 열전달 예측식인 Shah의 상관식과 Cavallini-Zecchin의 상관식을 세관에 적용하는 것은 오차가 큰 것으로 나타났다.

HFC 냉매 중의 하나인 R410a

는 국내 공기조화기에서 널리 사용되고 있는 R22의 대체제로서 각광받고 있다. R410a를 위한 로터리 압축기는 흡입챔버와 방출 챔버 사이의 높은 압력차이 때문에 R22의 압축기보다 낮은 에너지 효율을 갖고 있다. 또한, 방출구의 틈새 용적에서 발생하는 R410a용 로터리 압축기의 재팽창 가스손실은 R410a 냉매의 높은 밀도 때문에 R22의 경우보다 더 크다. 이러한 이유로 R410a 로터리 압축기의 효율 향상을 위하여 방출 시스템의 다양한 설계 변수들에 대한 압력-용적 해석이 이루어졌다. P-V 해석과 정량적인 해석을 통하여 성능 데이터, 과도압축 손실과 재팽창 손실 데이터 등이 얻어졌으며, 방출 시스템의 몇몇 설계 변수들의 최적 값이 P-V 도표의 해석을 통하여 얻어졌다.[조형희, 연세대학교]

기계용어 해설

▶ 점화에너지(Ignition Energy)

점화장치에서 발생된 전기에너지가 점화케이블 및 점화플러그를 거쳐 실제로 혼합기에 방전된 에너지의 양을 나타낸다. 정적(static)이며, 균일(homogeneous)하며, 이론공연비(stoichiometric)에서의 혼합기는 약 0.2mJ의 점화에너지로도 착화가 가능하나 혼합기의 유동이 존재하거나 희박 또는 농후한 공연비에서의 혼합기를 착화시키기 위해서는 보다 많은 점화에너지가 요구된다. 따라서 점화에너지는 가장 점화가 어려운 운전 조건에서도 혼합기를 안정적으로 착화시킬 수 있도록 충분한 양이 공급되어야 한다.

▶ 용량성 방전 점화장치(Capacitive Discharge Ignition(CDI) System)

코일 대신 주로 커패시터에 점화에너지를 저장하는 방식이다. 순간적으로(0.1~0.3ms) 매우 높은 에너지를 방출하는 특성이 있으며, 주로 절연파괴 방전을 이용하며, 절연파괴 방전시의 전압과 전류를 증가시켜 이 기간 동안 점화에너지의 많은 부분을 방전한다. 전기에너지에서 열에너지로의 변환 효율이 높고 급속연소를 이룰 수 있다는 장점을 가진다. 또한 한 사이클에 여러 번 점화를 시켜 연소 속도를 증가시키며, 연소의 안정성을 더욱 높일 수 있는 다중 점화장치(multi-spark ignition system)로도 쉽게 변환시킬 수 있다.