

유체공학부문

부문위원장 : 부 정 숙(부산대학교, 교수)

유체기계

2001년도 한 해 동안 유체기계 관련 연구 활동은 크게 압축기, 터빈, 송풍기, 펌프 분야로 세분할 수 있다.

압축기

압축기 분야는 2001년도 한 해 동안 가장 많은 수의 논문이 발표되어, 활발히 연구가 진행되고 있음을 알 수 있다. 이 글에서는 압축기 분야를 원심압축기와 축류압축기 등으로 나누어 설명을 한다. 먼저 원심압축기에서는 원심압축기의 고속회전시 스톨 발단에 관한 실험적 연구가 스톨 발단 과정과 스톨 경고 방법 면에서 수행되었고, 팁 간극 영향으로 인한 원심압축기의 성능 특성에 관한 시험 연구도 실험적으로 수행되었다. 압축기 내부의 부품들에 대한 연구로는 위치가 있는 원심임펠러의 유동장 및 소음원 해석과 원심팬의 산란음향장을 예측한 것이 있고, 작은 안내깃이 붙은 원심형임펠러의 소음 특성에 대하여 수치해석적으로 연구한 것

도 있다. 반면에 디퓨저에 대한 것으로는 원심압축기 채널 디퓨저 내부의 압력분포에 관한 연구를 들 수 있다. 축류압축기에 관한 연구로는 상류 후류의 익렬유동에 미치는 영향에 대한 실험적 연구가 행해졌고, 천음속압축기 동익을 지나는 삼차원 유동의 수치해석적 연구도 있다. 해석적 방법을 이용한 것으로는 가스터빈 축류압축기의 파울링현상을 해석한 연구가 있으며, 개선된 단축적 방법을 이용한 축류압축기의 효과적인 성능예측에 대한 논문도 발표되었다. 단단 압축기가 아닌 헬리콥터용 2단 축류압축기의 재설계에 관한 연구도 진행되고 있다. 이렇듯 전반적으로 실험과 수치해석이 모두 병행되고 있다.

터빈

압축기보다는 상대적으로 연구 결과들이 적은 편이지만 여전히 유체기계의 주요 관심분야로 자리하고 있다. 터빈에 대한 연구로는 비정상 후류가 선형터빈익렬의 유동 및 열전달에 미치는 영향에 관한 연구가 있으며, 열전달

관점에서 나프탈렌승화법을 이용한 선형터빈익렬 끝벽에서의 열 및 물질 전달계수를 측정하고 터빈 블레이드 말단과 슈라우드 사이의 간극변화에 따른 슈라우드에서의 열 및 물질전달 특성을 연구한 것이 있다. 이외에도 분사홀 형상과 분사각 변화가 터빈 블레이드 선단 막강각 특성에 미치는 영향에 관한 연구도 있다.

송풍기

먼저 축류팬에 대한 연구로는 냉장고용 소형 축류팬의 통계학적 3차원 난류유동 특성에 관한 연구와 2단 축류팬과 엠티전식 축류팬의 공력특성에 관한 실험적 연구를 들 수 있다. 반면에 원심형 송풍기에서는 베인리스 디퓨저의 폭변화가 선회실속에 미치는 영향을 다룬 논문도 발표되었다. 또한 프로펠러 팬 날개 위의 역류 유동을 다루기도 하였다.

펌프

여러 종류의 펌프에 대한 연구가 진행되었다. 그 중에서 몇 가지 예를 들면, 추기 펌프형 아음

속 및 음속 이젝터 유동에 관한 수치해석적 연구와 탄성 링을 갖는 볼 베어링 지지의 터보펌프 임계속도에 관한 연구를 들 수 있다. 이외에도 상용 CFD 코드를 이용하여 원심펌프 임펠러의 성능을 해석한 논문과 편심된 펌프 실을 누설 및 회전체동역학적으로 해석한 논문도 제시되었다.

이뿐만 아니라 유량계에 대한 연구 결과도 발표되어 유체기계 전 분야에 걸쳐서 고르게 연구가 진행되고 있으며, 공력 성능 이외에 열전달, 소음 특성 등에서도 활발히 연구가 진행되고 있다. [송성진, 서울대학교]

난류

2001년도에 보고된 난류연구들은 수치해석 및 실험적인 방법에 의해 다양하게 수행되었는데, 난류연구의 성격상 유체공학 전 분야에 걸쳐 긴밀한 상호관계를 가지기 때문에 타 분야와 중복되는 영역이 많으나, 다음과 같이 세분화해볼 수 있다.

- (1) 난류현상의 물리적 이해를 증진시키기 위한 기초연구
- (2) 대와류모사
- (3) 난류제어
- (4) 난류모델링
- (5) 복잡한 형상에서의 난류유동 해석
- (6) 난류열전달
- (7) 환경난류

최근에 많이 사용되고 있는 PIV/PTV를 이용한 실험적 기법이나, 난류연소 및 난류유동장에서 발생하는 유동소음에 관한 연

구 등은 별도의 분야로 다루어지므로 위 분류에 포함시키지 않았으나, 난류 연구에서 그 중요성이 계속 증대되고 있다고 하겠다. 이를 제외한 각 분야들에서는 균형적인 연구가 현재 진행되고 있는데, 그 동향을 간단히 요약하면 다음과 같다.

난류현상의 물리적 이해를 증진시키기 위한 기초연구

직접수치모사의 방법을 주로 이용하여 비교적 낮은 레이놀즈수의 유동을 연구하거나, PIV/PTV를 이용한 실험적 방법을 통해 이루어지고 있는데, 벽면 근처에서 발생하는 난류경계층 유동의 해석에 관한 많은 논문들이 발표되었다. 벽와도와 유동방향 속도섭동의 상관관계 및 주유동 방향의 와구조와 벽압력 변동간의 상관관계, Hairpin 구조에 대한 압력구배의 영향, 난류 채널 유동에서의 외층이 난류량에 미치는 영향에 대한 고찰, 채널에서의 자기유체의 난류유동에 관한 연구, 대규모 Bursting 현상에 대한 연구, 정육면체 장애물 후류에서의 Vortex 구조 등 난류 구조에 대한 이해를 높이는 결과들이 많이 발표되었다.

대와류모사

현실적인 공학 문제를 다루기 위해서는 높은 레이놀즈수를 가지는 유동의 해석이 필수불가결한데, 물체의 형상이나 경계조건의 영향을 받는 큰 와류들은 직접 모사하고 보편적인 성질을 가지는 작은 와류를 모델링하는 이 방

법은 그 적용범위가 계속 확대되고 있다. 평판 사이의 정방형실린더 주위의 유동, 급확대부를 실린더 챔버 내부의 유동 등 복잡한 형상에 적용되고 있으며, 기존의 RANS 모델에 비해 여러가지 장점을 가지고 있으므로 앞으로도 다양한 유동장의 해석에 좋은 도구로 활용될 것으로 기대된다.

난류제어

경제적인 측면에서의 항력 감소를 얻기 위한 난류제어에 관한 연구는 난류의 물리적 현상에 대한 이해가 높아지면서 활발히 진행되었으며, 실용적으로 의미 있는 결과의 도출까지는 지속적인 투자가 필요하다고 하겠다. 다양한 형상의 유동의 경우로 그 적용이 확대되고 있는데, 압전 액추에이터를 이용한 후류의 제어, 혼합 증대를 위한 원형제트의 능동제어, 이중주파수가진기 후향계단 유동에 미치는 영향, 원관 및 채널 내에서의 준최적제어, ER 유체에 관한 연구, 고분자 물질의 첨가에 의한 난류 항력 감소, 분리된 분할판에 의한 원형단면 실린더의 항력 감소 등에 관한 연구들이 보고되고 있다.

난류모델링

공학 문제의 해결에 필수불가결한 난류모델링의 개발은 기존 모델의 성능을 확장하여, 여러 가지 다양한 종류의 유동에 적용되고 있는데, $k-\epsilon-f_{\mu}$ 모델의 확장인 비선형 난류모델을 사용한 연구, $k-\epsilon-\bar{v}^2$ 모델을 이용한 총돌 제트의 유동해석, 천이 경계층 유

동을 예측하기 위한 $k-\epsilon$ 모델의 개발 및 하이브리드 RANS/LES 접근 방법들이 보고되었다.

복잡한 형상에서의 난류유동 해석

복잡한 형상에서 발생하는 여러가지 난류 유동의 해석을 위해서는 아직 많은 노력이 필요하다고 하겠으나, 몇 가지 기본 유동 요소들에 대한 연구가 상당히 진척되었다. 후향계단 및 실린더 주위의 유동에서 발생하는 후류에 관해서는 직접수치모사, 큰 와류모사 및 PIV에 의한 실험적인 연구결과들이 다양하게 보고되고 있다. 뿐만 아니라 복잡한 형상을 단순화한 사각형 장애물 주위의 유동 및 충돌제트현상에 대한 이해를 높이는 연구들도 수행되었는데, 구체적으로 난류박리로 인해 생성된 비정상 후류에 관한 연구, 후류 내의 익형 위 천이경계층에 관한 연구, 방열기 및 노즐의 크기가 충돌제트 열전달에 미치는 영향에 대한 연구, 연소기 내의 유동, 혼합층 내의 입자분산에 관한 연구 등이 지속적으로 진행되고 있다.

난류열전달

난류 연구의 중요한 응용분야 중 하나로서 직접수치모사의 기법 및 실험적 연구방법을 사용하여 열 및 물질 전달을 수동 스칼라 양으로 가정한 해석들이 시도되고 있다. 난류유동장과 온도장의 상이성, 와동발생기의 형상이 온도장에 미치는 영향, 충돌제트에서 분사관의 배열이 열전달에

미치는 영향, 원형블록이 있는 벽면충돌제트의 열전달 특성에 관한 연구 등 열전달을 촉진하기 위한 결과들이 열전달 제어 측면에서 보고되었다.

환경난류

아직 많은 결과들이 보고되고 있지는 않지만, 전단증진된 난류 확산에 관한 연구 등 기초적인 연구가 진행되고 있으며, 그 응용 대상의 중요성으로 볼 때, 앞으로 더 많은 연구가 진행되어야 할 분야라고 할 수 있다.[나 양, 건국대학교]

전산유체공학 분야

전산유체공학(CFD) 분야의 연구는 최근 실험을 대체하여 제품을 설계, 해석할 수 있다는 장점으로 최근 활발히 연구가 진행되고 있으며, 우리나라의 유체관련 학술대회에서 주제별로 분류할 때 유체기계와 함께 일반적으로 가장 많이 발표되는 분야이기도 하다. 2001년도에도 크게 수치해석기법 개발 및 난류모델 개발을 포함하여 수치해석의 정확성 향상을 위한 CFD 자체에 대한 연구와, 이를 실제 기계류 및 다양한 유동현상에 적용 및 응용하는 연구가 많이 수행되었다.

수치해석기법

수치해석기법은 상당부분 정립되어 있어 기계분야의 압축성/비압축성 유동해석기법 자체에 대한 연구 결과는 많이 발표되고 있지 않지만, 항공분야의 초음속유

동해석에 대한 수치해석 기법이 나 기포나 액적 등 자유표면유동에 대한 수치해석기법은 꾸준히 연구되어 발표되고 있다. 상변화를 수반하는 주조나 승화에 대한 해석기법 연구도 발표되고 있다. 또한, 최근에는 예혼합연소나 확산연소에서 NO 등의 발생예측 기법에 대한 연구도 활발히 발표되고 있다. 형상최적설계에 대한 연구와 이동격자나 복합격자(chimera grid)를 이용한 이동물체 주위의 유동해석도 꾸준히 보고되고 있다.

CFD 코드 개발 및 해석성능 검증

CFD 코드 개발 관련해서는, 최근의 병렬화 추세에 따른 병렬처리기법에 대한 연구가 발표되고 있고, 또 이제는 수치해석 코드의 개발과 함께 꼭 필요한 전처리/후처리장치(pre/post-processor)의 개발 관련 보고도 발표되고 있다. 특히 전처리장치 개발에서는 NURB 곡선을 이용한 자동격자 생성에 대한 연구가 발표되고 있으며, 후처리장치 개발에서는 화재시 연기 가시화나, 입체구현 기능의 가시화 프로그램의 개발이 발표되고 있다.

수치해석기법의 정확성 검증이나, 물리현상의 설명을 위한 연구로 고전적인 경계층 유동이나, 곡관유동과 회전유동, 그리고 후류와 유동 불안정성, 충격파 및 초음속 유동, 충돌제트 및 입자거동에 관한 연구도 계속 발표되고 있다.

CFD 적용 및 응용

CFD 적용 및 응용에 대한 연구로는 설계, 해석 사례가 많이 발표되고 있으며, 이는 개발한 자체 코드의 사용과 더불어, 최근에는 Star-CD, Fluent, Flow-3D, KIVA, CFX-TASCflow, Fine/Turbo, CFD-ACE 등 상용코드를 사용한 사례의 발표가 점점 증가되고 있는 추세이다.

2001년도 발표된 논문으로 본 CFD를 적용한 대상으로는, 여진히 팬, 압축기, 펌프 등의 임펠러와 디퓨저 등 유체기계 관련 연구가 가장 많으며, 연소기, 소각로, 가열로, 촉매변환장치 등의 연소 관련 연구결과 및 Notebook PC 냉각, 열교환기, 증발식 냉각기, 제습기 등 열전달 관련 연구도 자주 발표되고 있다. 미소기계(MEMS)의 설계 해석을 위한 유동해석도 발표되고 있으며, 이러한 CFD의 적용 연구는 앞으로 더욱 확대될 전망이다.[허남건, 서강대학교]

유동제어 및 계측

유동제어

유동제어 분야는 지난 1년간 많은 발전을 이루었다. 특히 LES와 DNS와 같은 수치해석기법을 이용한 유동제어기술 분야의 발전이 두드러졌다. 비정상 민감도 해석법, 준 최적 피드백 제어기법 등이 난류유동을 제어하기 위하여 활용되었으며, 최근 들어 각광을 받고 있는 MEMS 미소가공기술을 이용한 유동제어 연구도 선보였다.

능동적 유동제어기법으로는 회전, 음향여기, 흡출, 초음파진동, 전자기장 등이 활용되었다. 주기적으로 회전하는 원주나 회전 디스크에 의한 유동제어효과에 관한 연구가 수행되었으며, 음향여기나 국소교란법으로 원주 후류와 후향단 난류박리 재부착 유동을 제어하기도 하였다. 주기적 후류 내에 놓인 익형 상부의 전이 경계층에 관한 실험적 연구도 수행되었다. 전자기장을 이용한 연구로는 전기장이 유동 속에 놓인 액체입자의 거동과 입자의 산란에 미치는 영향에 관한 수치해석적 연구가 보고되었다.

수동적 유동제어 기법으로는 원주의 표면에 설치한 리블렛 홈이 저항감소에 미치는 영향이 보고되었으며, 톱니형 핀이 부착된 튜브 후류의 와류출 특성에 관한 연구가 수행되었다. 총돌제트 유동을 제어하기 위한 노즐 형상의 변화, 원통 내부 회전유동에 있어서 회전방의 형상 변화가 혼합효과에 미치는 영향에 대한 연구결과도 발표되었다.

유동계측

유동계측 분야는 새로운 측정 기술의 개발과 함께 이들을 이용하여 복잡한 유동구조를 밝히는 등 많은 발전이 있었다. 특히, 컴퓨터, 전자 및 화상처리 기술의 발달에 힘입어 화상응용계측기술은 괄목할 만한 성장을 이루었다. 유동속 입자(particle)들의 변위 정보를 담고 있는 유동화상(flow image)을 이용한 PIV 혹은 PTV 속도장 측정기법은 정성적인 순

간 유동정보를 제공할 뿐만 아니라 우수한 공간분해능을 갖는 정량적인 속도장 정보를 제공하게 되었다.

새로운 PIV 속도장 측정기법으로 적응형 하이브리드 2-frame PTV, Image Shifting을 이용한 Single-frame PIV, 파노라마-PIV, Image Intesifier를 이용한 PIV계측기법, 고해상도 Cinematic PIV, 이색(two-color) PIV 기술 등이 개발되었다. 이밖에 3차원 유동의 속도장 측정을 위한 디지털 영상처리 기법도 발표되었다.

응용 개발연구로 와추적 위상 평균기법을 이용한 원주후류 측정, 위상평균 PIV기법을 이용한 유체기계 내부 유동해석 등이 수행되었다. 이밖에, 사각 실린더의 근접후류, 직사각 프리즘 상면 유동, 황단류제트, 타원제트, 회전요동하는 사각 용기 내부 유동, 후향단 유동, 팬스 유동, 원관 및 분기관 유동, 인공 판막하류 유동, 리블렛 상부 경계층 유동 등 다양한 연구에 속도장 측정기법이 응용되었다. 그리고 산업현장 문제로 도금액 내부유동, 공장 실내 환기유동 등이 연구되었다. 특히, 3차원 속도장 측정 방법의 하나인 스테레오스코픽 PIV 기법을 축류환 후류의 유동해석에 응용한 연구도 보고되었다.

그리고 MEMS기술을 이용한 미세 유체기기(microfluidics)의 중요도가 증대되고 있으며, 이러한 미세 유체기기를 제대로 설계하기 위해서는 미세 구조물 내부 흐름의 유동특성들이 정확히

규명되어져야만 한다. 최근 들어, 미세 채널이나 모세관 내부 유동 및 혈류 유동 등이 micro-PIV 속도장 측정기법 및 유동가시화 기술을 응용하여 연구되고 있다.

압력계측과 관련하여 최근 들어 한 순간에 압력장 전체를 가시화할 수 있는 PSP 측정기술이 크게 발전되었다. PSP는 Lumine-Science Quenching에 기초한 압력측정기술로 점측정 방식에 비해 상대적으로 높은 공간분해능을 가진다. 고속의 충돌 제트가 평판에 충돌한 경우의 압력분포를 PSP로 측정한 연구가 발표되었다.

열유동의 온도장 계측법으로서 LIF(Laser Induced Fluorescence)와 감온성 액정(TLC)기법을 비등은 대류유동과 부력제트 유동에 응용한 연구가 발표되었다. 이밖에 Exciplex 형광법에 의한 농도측정법과 빛의 간섭을 이용한 표면전단응력 측정기법들이 보고되었다. 그리고 홀로그래픽 간섭계를 이용한 Hele-Shaw셀 내부 대류유동의 온도장 측정, Michelson 간섭계를 응용한 미세 상변화 현상의 계측, 스월 충돌제트의 열전달 특성에 관한 실험 연구가 보고되었다.

이와 같은 화상응용 광계측기술은 전용 펄스레이저, 고해상도 CCD카메라, 고속카메라 등과 같은 화상취득장치와 영상기록장치의 보급, 컴퓨터 성능 향상 등으로 향후 열유동 문제의 규명 및 진단에 있어서 강력한 계측방법이 될 것으로 보인다.[이상준, 포항 공과대학교]

다상유동

2001년도 다상유동 분야의 연구논문은 대한기계학회논문집 및 *KSME International Journal*에 40여 편이 게재되었다. 주제별로 보면 액체의 분무 및 미립화에 대한 논문이 17편, 입자거동에 대한 논문이 13편, 응고현상에 대한 논문이 6편, 기포거동에 대한 논문이 4편, 그리고, 이상유동 양식, 증기폭발, 단일 액적의 증발, 용융현상 등에 대한 논문이 5편 내외 발표되었다. 여기에는 열공학부문의 열기기 및 열교환기 분야에서 별도로 취급하는 증발/비등 및 응축현상 관련 이상유동에 대한 논문이 포함되지 않았다.

액체의 분무 및 미립화 분야의 연구는 디젤엔진과 가솔린 직접 분사식(GDI)엔진의 연료분사와 관련하여 가장 활발하게 수행되었다. 분무성능 향상과 관련 분야에서는 인젝터의 와류 분사각, 피스톤의 형상, 노즐의 형상, 액체의 밀도와 점도 등에 따른 분무 특성을 비교하는 연구가 이루어졌다. 액적의 분포 및 거동특성을 측정하는 방법으로는 색도그래피 기법 외에 형광/산란광을 이용하는 기법, 입자의 속도와 크기를 동시에 측정하는 위상도플러 기법과 3차원 측정이 가능한 홀로그래피 기법 등이 사용되었다. 분무거동에 대한 수치해석에서는 연속상인 기상은 오일러리안 방정식을 사용하고 액상은 라그랑지안 운동방정식을 사용하는 기법이 주로 사용되었다. 특히, 분무의 벽면충돌현상에 대한 모델

을 개선하기 위한 노력으로 기존의 모델에 경계층 이론에 근거한 새로운 액막형성 모델과 확장 충돌 모델의 제한적인 적용 등 수정된 액적-벽면충돌 모델이 다수의 논문에서 제안되었다. 액체의 미립화 또는 액적 생성과정 관련 분야에서는 연료분사에 주로 사용되는 공기-액체 2유체 분무방식 외에 정전기력을 이용하는 정전분무에 대한 연구가 활발하게 이루어졌다. 정전분무에 의한 고점성 액체의 액적 생성과정과 스프인들 모드화의 균일 미세액적 생성과정에 대한 연구가 수행되었고, 정전분무에 의해 생성된 액적의 크기를 $0.1\mu\text{m}$ 까지 정확하게 측정할 수 있는 영상처리 기법을 수반한 냉각법이 개발되었다. 또한, 2유체 분무방식과 정전 분무방식을 조합한 2유체 정전분무에 대한 연구와 연속 제트를 사용하는 대신 압전판의 전기적 신호를 이용하여 불연속적인 액적을 생성하는 방법에 대한 연구가 수행되었다.

입자거동에 대한 연구는 환경 문제인 입자의 포집과정과 관련하여 활발하게 이루어졌다. 미세 입자의 포집효율을 향상시킬 수 있는 방법으로, 하전된 입자에 교류전압을 가하여 응집하는 방법, 4극 전극에 교류전압을 가하여 입자를 중앙으로 포커싱하는 방법, 오리피스를 관내에 설치하여 유동을 제한함으로써 입자를 공기역학적으로 포커싱하는 방법 등에 대한 연구가 수행되었다. 미세 입자의 대전량 측정방법으로는 입자의 전기 이동도를 이용하는

TDMA(tandem differential mobility analyzer) 기법이 제시되었다. 또한, 다양한 연소기에서 발생한 입자의 포집특성, 석탄가스화기 내의 입자거동, 전기장 내 하전입자의 거동, 총돌제트 내의 입자거동 등에 대한 연구가 보고되었다. 그밖에 주목할만한 연구로는 액상의 TEOS(tetraethy orthosilicate)를 반응로 내에 전기-수력학적으로 분사하여 합성한 나노크기(68~120nm)의 입자 거동에 대한 연구가 있다.

응고현상과 관련 분야에서는 주조공정, 합금공정, 결정성장, 배관의 결빙 등에 대한 연구가 수행되었다. 응고현상뿐만 아니라 난류, 대류, 이종확산, 자기장 등의 효과가 동시에 고려되었다. 용탕의 난류유동을 고려한 쌍롤식 연속주조과정, 대류를 고려한 과포정계 합금과정, 이종확산과 중력의 영향을 고려한 합금과정, 자기장 또는 이종확산을 고려한 단결정 성장과정 등의 연구가 있다. 수치해석방법으로는 일반좌표계에 적용한 엔탈피법, 이동격자법 등의 기법이 사용되었다.

기포거동에 대한 연구로는 수직관에서의 기포상승, 가열벽면에서의 기포성장 및 합체, 수직 가열벽면에서의 기포성장 및 미끄러짐에 대한 수치해석이 표면장력의 효과를 정확하게 고려한 Level Set 수치기법을 도입하여 수행되었다. 또한, 나노 초 레이저 펄스에 의해 급속 가열된 과열액체의 급증발이 일어나는 경우에 기포의 생성, 성장, 소멸 과정을 Michelson 간섭계를 이용하

여 측정된 논문이 보고되었다.

그밖에 공기-물 이상유동의 유동양식에 대한 실험적인 연구가 수평관뿐만 아니라 미세한 채널의 경우에 대해서 수행되었으며, 원자로의 중대사고시 가능한 노심용융물/냉각수 반응과 관련하여 ZrO_2 를 이용한 증기폭발, 대류가 지배적인 용융현상의 해석을 위한 엔탈피법의 적용, 가열된 고체표면에 부착된 단일액적의 증발냉각 등의 다양한 주제에 대한 논문이 발표되었다.[손기헌, 서강대학교]

환경유체역학

고도화된 산업사회의 발전은 풍요로운 생활을 제공해주고 있지만 한편으로는 과도한 에너지원의 사용으로 인한 환경파괴의 어려움을 가져다 주었다. 새로운 21세기에서는 인류가 지속 가능한 성장을 하기 위해 환경과 생태계를 보호해야 하는 중대한 계기를 맞이하고 있으며, 쾌적한 환경을 추구하려는 노력으로 환경과 관련된 연구는 더욱 그 필요성이 시급하게 대두되었다. 환경은 크게 나누어 대기와 관련된 문제, 바다를 포함한 수자원에 관련된 문제, 그리고 토양과 관련된 문제 등으로 대별될 수 있다. 이중에 두 가지인 물과 공기는 유체이므로 유체역학의 지식과 연구결과는 환경관련 연구에서 가장 중요한 문제해결의 기반을 제공한다.

2001년도에 대한기계학회논문집 및 춘·추계 학술대회에서 환경유체공학과 관련된 논문은 모

두 34편이 발표되었다. 환경유체공학의 범주에는 환경오염물질의 배출저감에 관한 연구로부터 배출된 물질의 확산에 관한 연구에 까지 주로 환경문제와 관련이 있는 유체역학적 제반 문제가 포함된다. 또한 환경 관련 기술에 사용되는 기계의 설계나 제작에 유체역학적 지식이 사용되었을 경우에도 환경유체역학에 포함시킬 수 있다.

대한기계학회논문집과 학술대회에서 발표된 논문을 분석해 보면, 오염물질의 발생원인과 저감 기술에 관한 연구가 압도적으로 많이 수행되었다. 이는 자동차산업 및 각종 소각장과 관련하여 정부의 환경 규제치가 법제화됨으로써, 이를 충족시키는 기술의 개발 수요가 많아졌음을 나타내는 것으로 생각할 수 있다. 먼저 오염물질 발생원인 규명에 대한 실험적 연구로는 난류강도가 수소동축분류 난류확산화염의 NO_x 생성에 미치는 영향, 공기 다단 연소기 화염의 NO 발생 특성에 관한 연구, 매탄올 개질연료를 이용한 S.I. 엔진의 성능 및 배기배출물 특성에 관한 연구, 선삭에서 가공조건에 따른 절삭유 입자발생 특성, 디젤기관에서 엔진 성능과 유해배출가스에 관한 실험적 연구들이 수행되었다.

이러한 오염물질들을 제거하거나 저감하는 연구로는 미연 배기가스 점화기술 및 제어장치를 이용한 배기저감, 저 NO_x 응축형 가스보일러 개발에 관한 연구, 중간류식 폐기물 소각로 연소실의 최적형상 설계를 위한 유동해석,

DC 코로나 방전이 적용된 에틸렌 정상 확산 화염의 Soot 배출 저감, 액체 연료용 버너에서 NOx 저감을 위한 연료 2단 분사 Y-jet 노즐에 관한 기초연구, 저 NOx 2단 선회 분무식 노즐 개발 및 실기적용 연구가 진행되었다.

우리나라의 화력발전소 가운데 상당 부분은 석탄 화력발전소이다. 이와 관련된 환경유체역학 연구로는 2단 분류층 석탄가스화기 내의 열유동 및 미분탄/재 입자 거동 계산, 석탄회 미연탄소함량 동시 측정을 위한 석탄회 정전용량 분석, 벤치규모 가압유동층연소로에서의 석회석에 의한 국내 무연탄의 탈황특성연구 등이 수행되었다.

대기환경과 관련된 연구로는 건물이나 공장지대의 풍환경 측정 및 예측관련 연구가 대표적이다. 건물주위의 풍환경 관련 연구로는 PIV 기법을 이용한 저층 건물 지붕에서 발생하는 원추형 와의 구조에 대한 실험적 연구, 다중평면 PIV측정에 의한 저층건물 주위의 유동특성 규명; 대기경계층 내에 놓인 자유단 원주의 형상비가 후류유동에 미치는 영향에 관한 연구 및 PIV 속도장 측정 기법을 이용한 공장 실내환기 개선방안 연구가 수행되었다.

수자원 및 해양 관련 환경유체 연구로는 수리해석을 이용한 정수장 내 혼화장치 설계 개선에 관한 연구와 Design and Performance Evaluation of Electro-wetting System for Sewage Sludge Recycling 및 오일펜스의 Tip 형상이 후류유동에 미치

는 영향에 대한 연구가 발표되었다.

환경오염의 저감에 사용되는 전기집진기 등 기자재의 설계와 관련된 환경유체공학적 연구도 다양하게 수행되었다. 구체적인 연구제목으로는 모멘트법을 이용한 AC 전기장 내의 단극성 입자의 전기응집 해석, 분무 및 코로나 방전에 의해 대전된 서브마이크론 입자의 대전량 분포, 승용차용 정전 필터의 미세입자 포집 특성, 대기 에어로졸 측정용 3단 임팩터의 성능 특성, 진동파파 청소노즐의 입자제거 특성에 관한 실험적 연구, Dynamic Classifier 가 장착된 미분기 내부 유동 실험, CaO를 이용한 배가스의 반건식 증온 FGD에 관한 연구가 수행되었다. 이들 연구 중에는 자원의 재활용에 관련된 연구들도 포함되어 있으며, 앞으로 더욱 많은 연구가 필요한 분야이다.

우리 학회가 발간하고 있는 국제학술지인 KSME International Journal에도 환경유체 관련 논문이 4편 발표되었다. 그중 3편은 환경오염입자의 발생원인과 저감에 관한 연구였으며, 구체적인 제목은 다음과 같다.

- Electrostatic Precipitability of the Coal Fly-Ash by the Pilot Scale Test
- High Resistivity Characteristics of the Sinter Dust Generated from the Steel Plant
- Electrostatic Benefication of Coal Fly Ash Utilizing Triboelectric Charging with

Subsequent Electrostatic Separation

나머지 한 편은 난류연소과정에서의 오염물질 생성 원인 규명에 관한 연구이다. 논문의 제목은 다음과 같다.

- PRS-Based Microstructural Modeling for Turbulent Combustion Processes and Pollutant Formation in Double Swirler Combustors [김경천, 부산대학교]

생체유체역학

생체유체역학은 혈액생리, 순환생리, 호흡생리, 신장생리 등의 혈액, 공기 등과 같은 생체유체의 순환에 대해 유체역학적 기본원리를 이용하여 생체유체의 유동 현상을 이해하고, 임상에 적용하여 순환기계의 질환을 예측하고, 치료대책을 세우는데 이용되는 학문이다. 생체유체역학적 현상을 연구하고 이해하기 위해서는 의학과 유체역학뿐만 아니라 생리학(physiology), 유전공학, 의용생체공학, 조직공학 등의 지식이 있어야만 한다.

생체유체역학은 심·폐순환기계의 혈액유동을 다루고 있어 순수학문이라기보다는 의학, 임상학, 의공학, 기계공학, 재료공학 등의 여러가지 학문이 조합되어 만들어진 복합과학으로서, 요즘 유행하는 소위 퓨전학문이라고 할 수 있겠다. 외국의 경우 생체유체역학에 대한 연구가 오래되어 많은 자료가 축적되어 있고, 많은 연구자들이 연구를 진행하

고 있어 폭넓은 연구를 진행할 수 있다. 그러나 우리나라에서는 많은 연구자가 관심을 가지고 있지만 전문연구자의 층이 대단히 얇다. 생체에 대한 연구는 많은 제약이 따르기 때문에 외국은 물론 우리나라에서도 많은 어려움을 겪고 있다. 외국에서도 실제 생체에 대한 연구는 임상시험을 중심으로 일부에서만 수행되고 있으며, 주로 모사실험, 수치해석, In Vitro 실험 등이 주를 이루고 있다. 생체유체역학에 관한 연구는 공학계와 의학계가 동일한 공동 관심사를 설정하고, 꾸준히 협동 연구를 수행할 때 새로운 진단법, 치료법을 개발할 수 있고, 국민 보건복지 향상에 이바지 할 수 있다.

생체유체역학에 관한 국내의 연구는 포항공대의 첨단유체공학 연구센터의 생체유체공학팀에 의해 처음 시도된 이래, 1999년도에는 혈류역학연구회가 결성되어 이 분야 연구에 대한 저변이 확대되고, 연구의 필요성에 대한 인식이 제고되었다. 그 뒤 대한기계학회의 학술대회나 한국유체공학학술대회에서도 생체유체역학세션이 새로이 신설되어 이 분야 연구가 활발해지고 많은 연구자들이 관심이 높아지게 되었다. 이러한 관심에 힘입어 2001년도에 마침내 순환기질환의공학회가 창립되어 본격적인 연구의 장이 마련되었다. 순환기질환의공학회는 기계공학을 전공한 연구자와 내과, 외과, 진단방사선학 등을 전공한 의학자들이 함께 모여 심폐순환계, 뇌순환계, 말초순환계, 혈류

역학 및 유동영상에 대한 네 개 분과로 조직을 구성하고 창립총회 및 학술대회가 개최되어 초청 강연 세 편(이병봉-순환기질환의 공학의 새로운 영역 : 임파순환계 질환, Y.I. Cho-Protective Adaptation Theory for the Origin of Atherosclerosis, 민병구-One-Piece Bi-Ventricular Assist Device : AnyHeart)에 유동영상 I·II, 인공장기/심폐순환계 I·II, 혈류역학 I·II의 여섯 세션으로 나누어 순환기계에서 관심이 있는 미소유동, 동맥벽두께의 측정, 혈관내피세포 관련, 인공혈관 및 인공장기, 우회수술법, 기관지유동, 탄성혈관의 거동 등 26편의 논문이 발표되었다.

또한, 2001년도에는 대한기계학회 유체공학부에서 생체유체역학을 주제로 하여 Hemodynamics and Microfluids 세션과 Biomedical Engineering in Cardiovascular Disease 세션으로 나누어 송실대의 서상호 교수가 “혈관질환의 혈류역학적 연구”에 대해, 연세대의 권혁문 교수가 “Hemodynamics Effects on Atherosclerosis-Prone Coronary Artery”에 대해, 포항공대의 이진원 교수가 “인체기관의 유체공학적 고찰”에 대해, 성균관대의 이병봉 교수가 “The Future of Biomedical Engineering for Circulatory Disease”에 대해, 명지대의 이계한 교수가 “혈류가 혈관계 질환에 미치는 영향”에 대해 각각 발표를 하였다. 그의 대한기계학회나 대한의용생체공학회의 학술대회 및 논

문집에 생체유체역학에 관련된 논문이 다수 발표되었다. 이상을 종합하면 2001년도 생체유체역학에 관한 연구발표는 의료장비 및 인공장기의 개발, 혈류역학적 연구, 임상과 연계된 치료대책에 관한 연구가 많이 이루어졌으며, 새로운 연구 시도는 코유동 관련 연구, Bio-MEMS 관련연구 그리고 미소유동가시화 기법을 활용한 생체유체역학 연구이었다.[서상호, 송실대학교]

유동소음

2001년 유동소음 혹은 공력소음(aero-acoustics)은 전 세계적으로 많은 진보가 있었다. 유럽소음연구모임(progressive european noise legislation)을 중심으로 새로운 소음해석도구, 실험기술, 이론, 저감방법 등의 연구를 전 세계적으로 추진하는 노력이 있었다. 산업응용의 연구로는 제트배기소음, 엔진소음, 구조물 진동소음, 헬리콥터 소음 분야가 있었으며, 무기체계와 관련해서는 고속비행시에 폭탄 장착장치에서의 소음 및 음향피로파괴에 초점이 맞추어 졌다.

제트배기소음 연구는 NASA-Glenn의 소음저감연구 프로그램(advanced subsonic technology noise reduction program)을 통하여 웨브론 노즐이 획기적으로 소음을 감소함을 확인하였다. 보잉사는 777에 웨브론 노즐을 달아서 시험할 예정이다. 전산공력 소음계산분야는 Purdue, Florida State, Ohio State 대학 등과

CRAFT(combustion research and flow technology) 사에서 음향모사분야에 많은 발전을 이루었으며, 실험결과와 잘 일치하는 결과를 얻었다.

NASA Langley가 주관하고 여러 업체와 학계가 참여한 콘소시움은 TRAC(tilt-rotor aeroacoustic code)라는 음향해석 소프트웨어를 개발하여 보급하였다. NASA Langley는 이 코드를 이용하여, Brooks가 발견한 Wavy 블레이드 로터소음을 계산하였다.

또한 NASA Langley지원으로 Georgia Tech. Research Institute의 연구진은 일반적인 고양력장치 날개보다 최대양력계수가 높도록 붙어내기에 의한 순환 제어 고양력 날개를 고안하였다. 같은 양력 계수조건에서 이 순환 제어날개는 주된 주파수에서 소음레벨이 5~6dB가 저감되었다. 또한 높은 받음각에서의 플랩후

류 와류소음도 순환제어를 통해 줄일 수 있다고 보고한 바 있다.

국내에서는 주로 터보기계 소음과 제트에서의 소음 그리고 난류경계층 소음에 대한 연구결과가 대한기계학회논문집 및 KSME International Journal에 발표되었다. 터보기계소음 분야에서는 산업에서의 응용이 높은 원심형 임펠러 소음을 예측하기 위해 이산 와류법(DVM)을 사용하며, 날개에 작용하는 힘은 비정상 베르누이 방정식을 적용하였으며, 음원을 예측하기 위하여 Lowson's Method를 사용한 연구결과와 케이싱이 있는 경우 케이싱이 음의 방사와 산란에 미치는 영향이 지배적이므로 이에 따른 영향을 고려하기 위하여 BEM을 도입하여 예측한 결과에 대한 발표가 있었다. 또한 제트 후단형상을 변경하여 초음속제트에서의 소음을 제어하는 연구 결과로서, 미팽창제트 분야에서는

제트유동과 주위 공기와의 혼합의 증가를 통해 소음저감이 이루어졌으며, 과팽창 분야에서는 제트 후단형상을 통해 Shock Cell을 불규칙하게 만들어 Screech Tone을 저감하는 내용이 발표되었다. 난류경계층소음 연구분야에서는 탄성벽면이 경계층 방사소음에 어떻게 영향을 주는지에 대한 실험적 연구결과가 발표되었다. 탄성박판의 저파수의 굽힘파는 저주파수의 경계층 벽압력 에너지에는 영향을 주지 못하며 장력에 따라서 고주파수 에너지에 영향을 주게 되며, 굽힘파에 의한 진동에너지는 근접 음장에 큰 영향을 준다고 보고하였다. 유동소음 연구분야는 2002년 나고야 JSME-KSME 학술대회 유동소음세션에서 일곱 편의 한국측 논문이 발표예정으로서 되어 있으며, 활발한 연구발표가 예상된다.[이승배, 인하대학교]

□ 유도성 방전 점화장치(Inductive Discharge Ignition(IDI) System)

1차측 코일에 전원으로부터 전류를 흐르게 하여 에너지를 저장시킨 후, 1차 전류를 차단하여 2차 코일에 고전압을 발생시키는 장치이다. 에너지의 저장과 방출에 코일을 이용하여 코일 점화장치라고도 한다. 아크 방전이나 글로우 방전의 에너지를 주로 이용하며, 점화에너지를 증가시키기 위해서 방

전시간을 늘리는 것이 일반적이다. 소멸현상(quenching)의 발생 가능성을 감소시켜 안정된 초기 연소를 얻을 수 있으며, MTB(minimum advance for torque)를 정밀하게 제어하지 않아도 된다는 장점이 있다. 이 방법은 지금까지 일반차량의 엔진에 가장 많이 사용되고 있으나, 방전시간을 늘리기 위해서는 코일의 크기가 커져야 하며, 충전시간이 길어져야 하는 단점을 가지고 있다.