

## 유체공학 일반 분야 연구동향

한태현\* · 김선민

### 1. 서 론

2012년 유체기계저널 및 유체기계 연구개발 발표회의 논문 중 유체공학 일반 분야를 통해 발표된 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다. 유체공학 일반 분야에 총 9편의 논문이 발표되었으며, 각 논문을 응용분야로 구분하여 정리하였다.

### 2. 유체공학일반 분야

유체공학일반 분야에 발표된 논문은 풍력터빈 블레이드, 바지선, 자율무인잠수정, SMART 원자로, 집진기, 연료전지, 격자 볼츠만 기법, 플라즈마 액추에이터 등 다양한 분야에 대해 실험 및 수치해석을 통하여 연구되었다.

신재생에너지인 풍력발전시스템에서 가장 핵심적인 기술 개발 분야는 블레이드이며, 이를 통해 풍력발전기의 대형화 및 고효율화가 이루어진다. 모장오 등<sup>(1)</sup>은 1MW급 수평축 풍력터빈(Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) 로터 블레이드 설계를 수행한 후 목표출력의 검증 및 유동장의 명확한 이해의 목적으로 CFD 기법을 이용한 블레이드 공력성능 평가(evaluation of aerodynamic performance)를 수행하였다. 기계적 출력에서 시스템손실을 고려한 전기적 출력은 1MW급을 만족하였으며, 예비설계단계에서 설계풍속에서 최대출력계수를, 정격풍속에서 목표출력을 만족하도록 설계된 블레이드는 CFD 공력성능 평가를 통하여 이들 조건이 만족됨을 확인하였다. 또한, 무차원길이( $r/R$ )가 증가할수록 단위 토크는 증가되며,  $r/R=0.85$  지점을 기점으로 하강하는 특성을 나타내었다.

골재 채취, 화물 운송 등에 주로 사용되는 바지선(barge)의 구조변경이 계류력(mooring force) 변화에 미치는 영향을 분석하기 위해, 박정홍 등<sup>(2)</sup>은 실제 사고선박의 제원을 이용하여 단순한 선체의 형태를 가지는 바지선을 강체의 부유체로 가정하였고, 파도의 형상은 정현파를 기본으로 하여 단순화시켰다. 빠르고 효율적인 동역학 해석이 가능하도록 2차원 부체 동역학 모델을 구축하여 수치해석을 수행하였다. 해석 결과를 통해 선체의 구조변경은 선박의 계류력 상실에 중

요 원인이 되므로 안정성을 위해 선체 개조는 피해야 한다.

김일환 등<sup>(3)</sup>은 물고기나 거북이와 같이 지느러미를 가진 수중 동물의 움직임을 모사하여 자율무인잠수정(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)에 적용하기 위해, 초소형 비행체에 적용되는 플래핑 운동(flapping motion)을 접목하여, 이에 맞는 플런징(plunging)과 피칭(pitching)의 조화운동(harmonic motion)을 사용하였고, 형상과 운동을 최적화하기 위해 마이크로 유전 알고리즘(Micro Genetic Algorithm, MGA)을 적용하였다. 이러한 결과로 실제 AUV의 실험값보다 추력은 27%, 효율은 4.7% 정도 향상되었다.

SMART(System-integrated Modular Advanced Reactor) 원자로는 한국원자력연구원에서 독자 모델로 개발 중인 중소형 일체형원자로이며, 윤정 등<sup>(4)</sup>은 SMART 원자로의 노심모의기(core simulator)에서의 횡방향 유로 단면적 변화에 따른 유동 특성을 파악하고, 각 모의기 간의 유로 저항 및 유동 분배를 포함한 횡방향 유동 특성을 전산유체해석을 이용하여 평가하였다. 주요 결과는 유량 편차가 증가할수록 횡방향 유동이 증가하였고, 모의된 모든 경우에서 입구 유량 편차는 횡방향 유동 영역을 지나면서 해소되어 출구 부분에서 균일한 유동을 나타내었다. 또한, 횡방향 유로의 단면적이 작아질수록 노심모의기의 차압이 감소하였고, 단면적 비율이 약 70%인 경우 유량 불균형을 적절히 해소하면서 유로 저항에 크게 영향을 주지 않으므로, 유동 분배를 고려한 횡방향 유로의 단면적으로 가장 적절하다.

집진기는 유동내 포함된 미세 입자를 제거하는 장치로, 전기집진장치는 코로나방전(corona discharge)에 의해 대전된 입자를 전기장을 인가하여 집진하는 장치이다. 김주현 등<sup>(5)</sup>은 입자와 집진판의 충돌에 의한 재 비산(飛散)현상, 충돌 효과와 중력이 포집효율에 미치는 영향에 대한 수치적인 연구를 수행하였다. 1~10 $\mu$ m 영역의 입자는 충돌에 의한 재 비산 효과가 거의 나타나지 않으며, 사이즈가 커질수록 전기력이 크게 작용하여 포집 효율이 증가하지만, 100 $\mu$ m 영역에서는 관성력이 증가하여 재 비산되는 효과가 증가하였다. 유동장의 속도가 빠를수록 충돌에 의해 재 비산되는 효과가 더 크게 작용하였다. 따라서 입자의 속도가 빠르고 크기가 클수록 재 비산의 효과가 크며 이로 인하여 포집효율이 감소함을 알 수 있었다.

신재호 등<sup>(6)</sup>은 유체-고체 연성해석(fluid-structure interaction)

\* 인하대학교 기계공학과

E-mail : hantypoon@gmail.com

문제에 대한 정확한 해석을 위해, 격자 볼츠만 기법(Lattice Boltzmann Method, LBM)의 격자 정보 재생성(node refill model)에 대한 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 재생성 유체 격자의 타당한 속도와 응력정보를 제공하기 위하여 고체의 경계 정보와 경계에 인접한 유체 격자 사이의 운동학적 관계를 활용하였다. 제시된 방법은 재생성 격자에 인접한 격자의 정보만을 필요로 하기 때문에 기존 방법에 비해 간단하게 적용이 가능하고 범용적으로 쓰일 수 있는 장점을 가진다. 회전하며 직진하는 실린더의 후류 속도장을 측정할 실험 및 수치해석 값과 비교하여 향상된 정확성 및 안정적인 수렴성을 확인하였다.

고분자 전해질을 사용하는 고분자 전해질형 연료전지(PEFCs)는 여러 장점들로 인해 가정용 발전장치 및 이동용 전원 등 다양한 분야에 응용 가능하다. 연료전지는 단위전지를 직렬로 연결한 스택(stack)으로 제작되며, 매니폴드(manifold)를 통해 단위전지에 반응물을 공급한다. 연료전지의 성능은 반응물의 유량에 민감하기 때문에, 각 셀에 같은 양의 반응물을 공급할 수 있는 매니폴드 형상의 설계가 필요하다. 조아래 등<sup>(7)</sup>은 ANSYS-FLUENT를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 스택의 성능을 향상시키기 위해서 매니폴드 내의 불균일한 유동 흐름 및 각 셀에 분배되는 유량의 불균일성을 해결하기 위한 최적의 매니폴드 형상을 제시하였다.

연료전지의 상용화를 위해 원활한 수소 생산과 공급을 위한 기술개발이 요구된다. 실용적인 방법으로는 탄화수소를 이용한 연료개질법이 있으며, 박승환 등<sup>(8)</sup>은 이러한 방법 중 다양한 장점을 가진 자열개질(autothermal reforming)법에 대해 수치해석적 연구를 수행하였다. 주요 결과는 다음과 같다. OCR(Oxygen to Carbon Ratio)이 증가할수록 완전산화반응이 활성화되어 개질기 내부의 온도는 증가한다. SCR(Steam to Carbon Ratio)이 증가할수록 개질기 내부로 유입되는 혼합가스에서 수증기가 차지하는 비율이 증가하지만, OCR에 비해 적은 영향을 미친다. OCR과 SCR은 서로 영향성이 있지만, 최적값을 확인할 수 없었다. 개질기에서 수소 생성량은 길이에 비례하고 단면적에 반비례하였다.

플라즈마 액추에이터(plasma actuator)는 간단한 구조와 작은 크기로 손쉽게 응용 가능하며, 빠른 응답 특성을 가지는 효율적인 시스템이며, 이승엽 등<sup>(9)</sup>은 유전체 장벽 방전(Dielectric Barrier Discharge, DBD) 플라즈마 액추에이터의 성능에 영향을 미치는 변수에 대해 실험적으로 평가하였다.

전극의 종류, 두께, 공급 전압 주파수를 변수로 하여 플라즈마 액추에이터의 성능을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 플라즈마 액추에이터의 성능에 미치는 영향은 이온화 에너지가 낮고 전기 저항이 높은 전극 재료, 두께가 작은 전극, 공급 전압의 주파수가 커질수록 생성 유동장의 속도가 증가하며, 유동장이 영향을 미치는 범위가 증가된다. 그러나 유동 속도의 분포 형태는 이들 변수와는 관계가 없다.

유체기계공업학회의 분과 및 부문의 세분화로 유체공학 일반 분야로 분류된 논문은 많지 않지만, 다양한 분야의 기술들이 전통적인 유체공학기술과 융합되어 발전하고 있으며, 앞으로 본 분야의 연구논문은 점차 증가될 것으로 예상된다.

## 참고문헌

- (1) 모장오, 이영호, 2012, "1MW급 수평축 풍력터빈 로터 블레이드 설계 및 CFD에 의한 공력성능 평가," 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 21~26.
- (2) 박정홍, 김광훈, 문병영, 장택수, 2011, "바지선 구조변경이 계류력 변화와 안정성에 미치는 영향," 유체기계저널, 제14권, 제5호, pp. 48~54.
- (3) 김일환, 최중선, 박경현, 이도형, 2013, "플래핑 운동을 적용한 자율무인잠수정(AUV)의 날개형상 및 운동 최적설계," 유체기계저널, 제16권, 제1호, pp. 24~31.
- (4) 윤정, 김영인, 2012, "SMART 유동분포시험장치 노심모의기에서의 횡방향 유동 특성," 유체기계저널, 제15권, 제4호, pp. 5~11.
- (5) 김주현, 권순철, 권기환, 이상환, 이주희, 2012, "집진기내 입자 포집과 비산 문제에 대한 수치적 연구," 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 27~35.
- (6) 신재호, 이상환, 이주희, 2012, "격자 볼츠만 법의 유체 구조 연성해석 적용에 대한 응력 기반 격자 재생성 모델," 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 12~18.
- (7) 조아래, 강경문, 오성진, 주현철, 2012, "연료전지 채널 내 균일한 유량분배를 위한 연료전지 스택의 매니폴드 디자인 최적화 연구," 유체기계저널, 제15권, 제5호, pp. 11~19.
- (8) 박승환, 김진욱, 박달영, 김재동, 이도형, 2011, "자열개질기의 운용조건에 따른 열유동 수치해석," 유체기계저널, 제14권, 제6호, pp. 61~67.
- (9) 이승엽, 신유환, 2012, "전극 재료 및 두께가 DBD 플라즈마 액추에이터의 성능에 미치는 영향에 대한 실험적 연구," 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 46~50.