

2024년 CFD 분야 연구동향 분석

지상진* · 박성균*†

2024 Research Trends in CFD Research

Sang Jin Ji*, Sung Goon Park*†

Key Words : Computational Fluid Dynamics(전산유체역학), Design Optimization(설계 최적화), Research Trend(연구 동향)

ABSTRACT

Computational Fluid Dynamics (CFD) is a crucial tool for optimizing design and improving performance across various engineering applications. The numerical models enable engineers to diagnose complex engineering problems and achieve design optimization without the need for additional experiments, making CFD a cost-effective and time-efficient approach. This study reviews recent CFD research published by Korean Society of Fluid Machinery in 2024, covering thermoelectric generators, electrochemical hydrogen compressors, drag reduction in turbulent flows, and lithium-ion battery thermal management. The findings from these studies highlight the expanding role of CFD in fluid-thermal interactions, design optimization, and the development of energy-efficient systems.

1. 서 론

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD)은 제품 개발, 설계 최적화, 그리고 성능 개선을 위해 다양한 산업 분야에서 필수적인 도구로 자리 잡았다. CFD의 활용은 컴퓨터 성능의 비약적인 발전과 수치 해석 기법의 고도화로 인해 더욱 확대되고 있다. 초발수 표면, 배터리, 유체 기계 등 다양한 시스템에서 유동 특성이 효율에 미치는 영향을 체계적으로 분석함으로써 설계 변수 최적화를 통한 성능 향상에 크게 기여하고 있다. 특히, 높은 정확도를 갖춘 상세 해석 모델을 통해 추가적인 실험 없이도 공학적 문제를 진단하고 설계 최적화를 달성할 수 있어 시간과 비용 절감 측면에서도 주목받고 있다. 본 논문에서는 2024년도 한국유체기계학회에서 발표된 CFD 분야 논문 중 4편의 연구 내용을 종합적으로 정리하여, 최신 연구 동향과 기술 발전 방향을 살펴보고자 한다.

2024년 한 해 동안 CFD 관련 총 4편의 논문이 게재되었으며, 지난 3년간 CFD 분야에 투고된 논문 수는 다음과 같다.

	2022년	2023년	2024년
논문	10	6	4

2022년에는 CFD를 다양한 산업 분야에서 활용하여 성능을 분석하고 개선하는 연구가 주를 이루었다. 가스터빈, 송풍기, 발전기, 배터리 냉각, 드론 프로펠러 공력 성능 분석 등 여러 시스템에 대한 연구가 진행되었으며, 각 산업에서 CFD의 적용 가능성과 유용성이 검토되었다. 발전기 내부 열 유동 해석을 통해 발전기 내부 온도 분포를 분석하고 최적 냉각 조건을 도출, 가스터빈 벨마우스 형상 최적화 연구를 통해 냉각 성능 개선, 송풍기 및 냉각 팬 성능 향상 연구로 효율적인 공조 시스템 개발, 초발수표면(SHS)을 적용한 난류 저항 저감 연구로 항력 감소 가능성 탐색 등의 연구가 진행되었다.

2023년에는 친환경 에너지 및 효율 향상과 관련된 연구가 증가하였다. 주요 연구 주제로, SCR 시스템 내 유동 균일화 연구를 통해 배기가스 내 질소산화물 제거 성능을 높이기 위한 연구, 수영장 여과 시스템 내 스트레이너 형상 변화 연구로 여과 효율 향상, 연료전지(PEMFC) 음극 유동 채널 최적

* 서울과학기술대학교 기계자동차공학과(Department of Mechanical Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

† 교신저자, E-mail : psg@seoultech.ac.kr

화 연구를 통해 수소연료전지의 성능 향상, 해수이차전지 유동 해석을 통한 배치 최적화 연구 등이 발표되었다.

2024년에는 CFD를 활용한 최적화 및 설계 자동화 연구가 증가하였다. 이전 연구들이 특정 시스템의 성능 분석에 집중되었다면, 2024년 연구들은 CFD 해석과 머신러닝을 결합하여 설계 자동화 및 최적화 기법을 적용하는 연구가 늘어났다. TEG(열전 발전기) 핀 형상 최적화, 전기화학 수소 압축기 설계 및 기계적 안정성 연구, 초발수표면(SHS)의 난류 저항 저감 효과 분석, 리튬 이온 배터리팩 냉각 성능 최적화 등의 연구가 진행되었으며, CFD 해석뿐만 아니라 최적화 기법(인공지능, 머신러닝)과 결합한 연구가 수행되었다. CFD 기술의 발전은 단순한 유동 해석을 넘어 최적화 기법 및 인공지능과 결합하여 자동화 설계 및 성능 개선을 가능하게 하고 있다.

요약하자면, 2022년부터 2024년까지 초기에는 다양한 산업군에서의 성능 분석과 최적화 연구가 주를 이루었으나, 이후 친환경 에너지, 배터리 열관리, 전기화학 장치 성능 개선 등으로 연구 동향이 다소 변화하였으며, 특히, 2024년에는 최적화 기법과 CFD 해석을 결합한 연구가 증가하는 경향을 확인하였다.

본 논문에서는 2024년도 한국유체기계학회에서 발표된 CFD 분야 논문 중 4편의 연구 내용을 종합적으로 정리하여, 최신 연구 동향과 기술 발전 방향을 살펴보고자 한다. 2024년 한국유체기계학회 논문집에 발표된 논문은 다음과 같다.

〈발표된 논문 목록〉

- 1) CFD 활용 TEG 핀 형상에 따른 경계층 열전달 특성에 대한 수치해석적 연구
- 2) 전기화학 수소 압축기 성능 및 기계적 특성에 대한 셀 디자인 변수의 영향 조사
- 3) 초발수표면 적용 난류 채널 유동의 저항 저감 효과를 예측하기 위한 Effective Slip Length 모델링
- 4) 수치해석을 이용한 리튬 이온 배터리 입구와 출구 위치의 최적화 연구

2. 2024년 CFD 분야 발표 논문 분석

서명진⁽¹⁾ 등은 열전 발전기(Thermoelectric Generator, TEG) 핀 형상에 따른 경계층 열전달 특성을 분석하였다. 본 연구에서는 12가지 핀 두께 및 핀 간격 조합이 열전달 특성 및 열교환 성능에 미치는 영향을 평가하기 위해 상용 소프트웨어인 ANSYS CFX를 활용하여 수치 해석을 수행하였으며, 난류 모델로는 외부 유동에 대한 예측 정확도를 높이기 위해 k-epsilon 모델과 k-omega 모델의 장점을 결합한 k-omega SST 모델을 적용하였다. 연구에서는 핀의 형상과 배열이 TEG의 성능을 최적화하는 데 중요한 설계 변수로 작용할 수

있음을 가정하고, 다양한 형상 조합에 따른 유동 및 열전달 특성을 정량적으로 분석하였다. 해석 결과, 핀의 형상과 배치가 열전달 성능에 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 얇은 핀(0.15 mm)과 좁은 간격(1 mm)을 가진 조합이 가장 높은 열전달 효율과 발전량(21.249 W)을 보였는데, 이는 핀의 표면적이 증가하여 더 많은 열교환이 발생하고, 유동 저항이 상대적으로 감소했기 때문으로 분석되었다. 또한, 두꺼운 핀(0.6 mm)의 경우 핀 간격이 2 mm일 때 발전량이 증가하는 경향을 보였으며, 핀 간격이 넓어질수록 유체 흐름이 원활해지고 와류 발생이 감소하여 열전달 성능이 향상됨을 확인하였다. 추가적으로 자연 대류 효과가 특정 핀 조합에서 열전달을 촉진하는 역할을 하였으며, 열유동 해석 결과를 바탕으로 최적 설계 조건에서는 핀 두께 0.3 mm, 간격 1.5 mm가 가장 높은 열전달 효율을 보이는 것으로 분석되었다. 또한, 핀의 구조적 안정성과 제조 공정에서의 현실성을 고려했을 때, 특정 형상이 실제 적용에 유리할 가능성이 있음을 확인하였다. 이를 통해 핀 설계의 최적화가 TEG 시스템의 열 관리 성능을 개선하고 전력 변환 효율을 극대화하는데 중요한 역할을 한다는 점이 강조되었다. 결론적으로, 핀 형상의 설계 및 최적화를 통해 열전 발전 시스템의 효율을 효과적으로 향상시킬 수 있음을 확인하였으며, 향후 다양한 핀 형상(예: 사다리꼴, 원형 핀 등)과 고열전도성 복합소재 적용을 고려한 추가 연구를 통해 TEG 시스템의 성능을 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

심규동⁽²⁾ 등은 전기화학 수소 압축기의 성능 및 기계적 특성에 미치는 셀 디자인 변수의 영향을 연구하였다. 본 연구에서는 전기화학 수소 압축기의 작동 메커니즘을 해석하고, 핵심 설계 변수가 성능과 구조적 안정성에 미치는 영향을 분석하기 위해 상용 소프트웨어인 ANSYS MECHANICAL을 활용하여 유한요소법(Finite Element Method, FEM) 기반의 고체 모델을 구축하였다. 또한, 이전 연구에서 개발된 3차원 전기화학 수소 압축 모델을 적용하여 전해질 막(Polymer Electrolyte Membrane, PEM) 및 기체 확산층(Gas Diffusion Layer, GDL)의 설계 변경이 시스템의 효율성과 기계적 거동에 미치는 영향을 종합적으로 평가하였다. 연구의 주요 목표는 전기화학적 방법을 이용하여 수소 가스를 보다 효율적으로 압축할 수 있도록 설계 변수를 최적화하는 것이며, 이를 위해 전해질 막의 두께(Nafion N115, N117, NR212), GDL의 두께 및 유로 설계를 변수로 설정하여 다양한 시뮬레이션을 수행하였다. 해석 결과, 조립 과정과 압력 차이로 인해 GDL이 저압 측(애노드)으로 침투하는 현상이 관찰되었으며, 전해질 막과 GDL의 두께가 증가할수록 셀 내부의 응력 수준이 감소하는 경향을 보였다. 특히, GDL의 재질과 구조가 압축 성능에 중요한 역할을 하며, 고압 운전 조건에서는 기존의 탄소 기반 GDL보다 기계적 강도가 높은 티타늄 폼(Titanium Foam)을 적용할 때 구조적 안정성이 크게 향상

됨을 확인하였다. 또한, GDL의 두께가 증가할수록 전극 내 전기화학 반응이 균일하게 분포하며, 전류 밀도가 최적화되어 성능 향상에 기여하는 것으로 분석되었다. 결론적으로, 본 연구는 전해질 막과 GDL의 최적화된 설계를 통해 전기화학 수소 압축기의 성능을 개선할 수 있음을 입증하였으며, 향후 실험적 검증을 통해 CFD 해석과 유한요소해석(FEA)을 결합한 보다 정교한 설계 최적화 연구가 필요함을 제안하였다. 또한, 본 연구의 결과는 고압 수소 압축기뿐만 아니라, 연료전지 및 수소 저장 시스템과 같은 전기화학적 에너지 변환 장치의 효율을 향상시키는 데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

박규태⁽³⁾ 등은 초발수표면(SHS)이 난류 채널 유동에서 저항을 저감하는 효과를 예측하기 위해 Effective Slip Length 모델을 개발하였다. 초발수표면의 격자 구조를 직접 구현하지 않고, RANS 기반의 난류 해석에서 Effective Slip Length를 적용하여 마찰 저항 감소 효과를 정량적으로 분석하였다. 이를 통해 기존의 DNS(Direct Numerical Simulation) 해석에 비해 연산 비용을 줄이면서도 높은 정확도를 유지할 수 있는 방법을 제시하였다. 연구에서는 Ridge-type 초발수 구조를 사용하였으며, 다양한 공기층 비율과 무차원 미끄럼 길이를 고려하여 저항 저감 효과를 예측하였다. 이를 위해 realizable k- ϵ 난류 모델과 Enhanced Wall Function을 적용하였으며, 유동장 조건과 경계 조건을 설정하여 전산 해석을 수행하였다. 실험적 검증을 위해 다양한 레이놀즈 수($180 \leq Re_\tau \leq 960$) 범위에서 초발수표면의 영향을 분석하였으며, 기존 DNS 데이터 및 이론적 모델과 비교하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 Effective Slip Length 모델은 P^+ 값이 100 이하일 때 기존 연구와 높은 상관성을 가지며, 초발수표면 적용 시 저항 저감률이 최대 30%까지 증가하는 것을 확인하였다. 하지만 P^+ 값이 100 이상일 때는 DNS 데이터와 비교하여 과대평가되는 경향이 나타났다. 이러한 차이가 초발수표면의 공기층 너비와 미끄럼 길이 모델의 한계에서 기인한다고 분석하며, 향후 더욱 정교한 모델링을 통해 정확성을 향상시킬 필요가 있음을 언급하였다. 본 연구는 초발수표면의 저항 저감 효과를 예측하는 새로운 접근 방식을 제안함으로써, 복잡한 구조를 직접 구현하지 않고도 고속·고효율 CFD 해석이 가능함을 입증하였다. 향후 연구에서는 다양한 초발수 구조(Blunt body, 실형상 수중운동체 등) 및 외부 유동 조건을 포함하여 모델을 확장할 계획이다. 이를 통해 초발수표면이 적용된 항공, 해양, 자동차 등의 분야에서 에너지 효율 향상을 위한 설계 가이드라인으로 활용될 것으로 기대된다.

최원빈⁽⁴⁾ 등은 리튬 이온 배터리 팩의 열 관리를 개선하기 위해 입구와 출구의 위치를 최적화하여 냉각 성능을 향상시키는 연구를 수행하였다. 리튬 이온 배터리 팩은 높은 에너지 밀도를 가지며, 전기차, 에너지 저장 장치(ESS), 항공 우

주 산업 등 다양한 응용 분야에서 필수적으로 사용되고 있지만, 높은 충방전 속도와 연속적인 운전 환경에서 발생하는 열을 효과적으로 제어하지 않으면 열 폭주(thermal runaway), 성능 저하, 심각한 경우 화재 및 폭발과 같은 안전 문제를 유발할 수 있다. 따라서 배터리 팩의 내부 열 분포를 균일하게 유지하고, 냉각 효율을 극대화할 수 있는 최적의 입출구 배치 구조를 도출하는 것은 배터리 팩 설계에서 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 CFD 해석과 최적화 기법을 결합하여 배터리 팩 내부 열 분포 및 냉각 유체의 흐름 특성을 정량적으로 분석하고, 최적의 입출구 배치 방안을 제시하였다. 연구에 사용된 배터리 팩 모델은 Nickel Manganese Cobalt (NMC) 계열의 리튬 이온 배터리로 구성되었으며, 총 70개의 배터리 셀을 포함하는 대규모 팩 구조를 대상으로 냉각 공기의 흐름과 배터리 셀 간의 열전달을 정밀하게 해석하였다. 배터리 셀 사이의 유동 특성을 보다 정확하게 포착하기 위해 Poly-hexcore 격자 구조를 적용하였으며, 전체적인 유동장을 최적화하기 위해 전산유체역학 해석을 수행하였다. 유동 해석 및 열전달 해석에는 상용 소프트웨어인 ANSYS FLUENT 2023R1을 사용하였으며, 난류 모델로는 배터리 팩 내부의 복잡한 열 유동 특성을 효과적으로 모사하기 위해 k- ω SST 모델을 적용하였다. 또한, 보다 높은 수치적 정확도를 확보하기 위해 공간 차분 기법으로 2nd order upwind scheme을 활용하였으며, 배터리 온도 예측의 신뢰성을 높이기 위해 Steady-state 해석과 Transient 해석을 병행하여 수행하였다. 배터리 팩의 입출구 위치 최적화를 위해 Surrogate Management Framework(SMF) 기법을 적용하였으며, 초기 샘플 데이터를 효과적으로 생성하기 위해 Latin Hypercube Sampling(LHS) 기법을 사용하여 최적화 과정의 연산 효율을 향상시켰다. 이를 통해 배터리 팩의 냉각 성능을 극대화할 수 있는 최적의 입출구 위치를 도출하였으며, 최대 온도를 최소화하는 방향으로 반복적인 최적화 연산을 수행하였다. 기존 설계와 비교하여 해석 결과를 분석한 결과, 배터리 팩의 입구와 출구가 중앙에 배치될 때 내부 온도가 가장 균일하게 유지되었으며, 최고 온도가 기존 설계 대비 약 1°C 감소하는 것으로 나타났다. 이는 냉각제가 배터리 셀 사이를 얼마나 효과적으로 통과하며 열을 제거하는지가 배터리 열 관리 성능을 결정하는 주요 요소임을 시사한다. 특히, 배터리 출구 위치가 입구 위치보다 냉각 성능에 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 이는 냉각 유체가 효과적으로 흐르고 열을 제거하는 최적의 경로가 출구 설계에 의해 크게 좌우됨을 의미한다. 본 연구의 결과를 바탕으로 배터리 팩의 냉각 성능을 향상시키기 위해서는 단순히 입구 위치를 조정하는 것뿐만 아니라, 출구 배치를 전략적으로 설계하여 내부 유동장을 최적화하는 것이 필수적이라는 점이 강조되었다. 또한, 본 연구에서는 기존의 강제 대류 냉각 방식과 비교하여 최적화된 배터리 팩 설계가 성능 향상에 미치는

영향을 검토하였다. 최적화된 입출구 배치를 적용한 경우, 기존 배터리 팩 설계 대비 최고 온도가 약 1°C 감소하는 결과를 얻었으며, 이는 배터리의 성능 유지와 수명 연장에 기여할 수 있는 수준임을 확인하였다. 배터리의 온도 균일성이 향상될수록 셀 간 전압 편차 및 노화 속도가 감소하게 되며, 이로 인해 배터리 팩의 에너지 저장 성능이 장기적으로 유지될 수 있다. 더 나아가, 열 폭주를 방지하기 위한 예방적 설계 측면에서도 본 연구에서 도출된 최적 배치 설계는 실질적인 이점을 제공할 수 있다. 결론적으로, 본 연구에서는 CFD 해석과 SMF 최적화 기법을 결합하여 배터리 팩의 냉각 성능을 효과적으로 향상시키는 방법을 제시하였다. 기존 배터리 팩 설계 대비 최적화된 입출구 배치를 적용함으로써 배터리 온도를 보다 균일하게 유지할 수 있으며, 이로 인해 열 폭주 위험이 감소하고 배터리의 장기적인 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 더 다양한 배터리 팩 형상 및 냉각 유체 조건을 고려하여 최적화 기법을 확장 적용하는 연구가 필요할 것으로 보이며, 특히 대규모 전기차 배터리 팩과 에너지 저장 시스템(ESS)에 최적화된 냉각 설계를 적용하는 것이 중요한 과제가 될 것이다. 또한, 머신러닝을 활용한 최적화 기법과 결합하여 배터리 셀 배치 및 냉각 유동 경로를 자동으로 설계하는 연구로 확장될 수 있으며, 이러한 연구 결과는 전기차 배터리 팩의 열 관리 성능을 향상시키는 데 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 실용적인 엔지니어링 설계 방향을 제시하는 데 기여할 것으로 기대된다.

3. 결 론

본 논문에서는 2024년도 한국유체기계학회에서 발표된 CFD 분야 논문 중 위의 연구들을 포함한 4편의 연구 내용을 종합적으로 정리하여 최신 연구 동향과 기술 발전 방향을 살펴보았다. TEG 핀 형상에 따른 경계층 열전달 특성, 전기화학 수소 압축기, 초발수표면, 리튬 이온 배터리 팩의 열 관리 등 다양한 시스템에 대해 전산 해석이 수행되었다. 이러한 연구들은 향후 다양한 유체기계 및 에너지 시스템 설계의 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 전산 해석과 최적화 기법을 접목한 새로운 설계 방법론을 제시함으로써 관련 기술의 발전에 기여할 것으로 기대된다. 또한, CFD 해석이 단순한 유동 분석을 넘어 다물리(multiphysics) 해석, 실험 검증과의 결합, 인공지능(AI) 기반 최적화 등과 접목되면서 점점 더 고도화되고 있음을 알 수 있다. 향후 연구에서는 CFD 해석의 정확도를 더욱 향상시키기 위한 고해상도 모델 개발, 데이터 기반 머신러닝 기법의 적용, 그리고 실험 검증을 통한 신뢰성 향상 등이 중요한 연구 방향으로 제시될 수 있을 것이다. 이를 통해 다양한 공학적 응용 분야에서 CFD 기술이 더욱 정교한 설계 및 최적화에 기여하며, 에너

지 효율 향상 및 친환경 기술 개발에 핵심적인 역할을 할 것으로 전망된다.

References

- (1) Lee, J., Kim, M., Ahn, T., Choi, M., 2022, "Generator Internal Thermal Flow Analysis of 230 kW-class Wind Turbine for Island-area Application", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 1, pp. 43-49.
- (2) Lee, N., Lee, J. S., Yang, J. S., Heo, J. H., Min, J. K., 2022, "Shape Optimization of the Bellmouth to Improve Flow Uniformity under High Reynolds Number with Non-aligned Inflow", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 1, pp. 26-35.
- (3) Yoon, J. W., Kang, H. S., Kim, Y. J., 2022, "Effect of Impeller Configuration with Slat-Slot in the Flow Characteristics of a Fan", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 2, pp. 14-20.
- (4) Kang S. H., Chung, H., Kang, Y. S., Jun, S., Yoon, T. H., 2022, "Use of OpenFOAM for Numerical Simulation of Gas Turbine", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 2, pp. 29-37.
- (5) Lee, Y. K., Yeom, T. Y., Lee, S., 2022, "A Study on Noise Analysis of Counter-Rotating Propellers for a Manned Drone", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 2, pp. 38-44.
- (6) Song, J. H., Kim, Y. J., 2022, "An Optimization Study on Radiator Fan Duct Considering Thermal-Acoustic Interaction", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 3, pp. 5-12.
- (7) Oh, Y., Kim, H., Kim, K., 2022, "Improvement of Heat Transfer and Flow Characteristics of Pin Fin Arrays using Curved Delta Winglet Vortex Generators", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 3, pp. 28-37.
- (8) Seo, J., H., Shin, D. H., Lee, J., 2022, "Study on Working Fluid Filling into Heat Pipe by Induction Heating", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 4, pp. 39-49.
- (9) Shin, Y. H., Choi, Y. S., Kim, Y. J., 2022, "Effect of Permanent Magnet Arrangement on the Thermal-Flow Characteristics of Ferrofluid in a Rectangular Cavity", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 5, pp. 22-30.
- (10) Hyun, S. B., Kim, S. M., 2022, "Numerical Study on Natural Convection Heat Transfer Characteristics inside Battery Pack of Electric Vehicle", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 6, pp. 19-27.
- (11) Bin, S., Park, H., Seong, J., Choi, W., Hwang, W., 2023, "Numerical Analysis of a Straightener for Improving Flow Uniformity in a Selective Catalytic Reduction (SCR) Facility",

- The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 3, pp. 32-40.
- (12) Park, S., Lee, J., Kim, H., 2023, "Performance study according to the shape change of strainer in a horizontal pressurized type swimming pool filtration system using flow simulation", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 3, pp. 41-50.
 - (13) Lim, K., Kim, C., Park, R., Moon, S., Ju, H., 2023, "Enhancing PEMFC performance through orifice-shaped cathode flow field designs", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 5, pp. 105-110.
 - (14) Choi, J., Song, G., Lee, S., 2023, "Study on the flowfield around seawater secondary battery module using numerical simulation", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 57-68.
 - (15) Eom, J., Ra, I., Tak, G., Jeong, H., 2023, "STAR-CCM+ Simulation of Debris Bed Formation in the DEFCON-S Experiment", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 110-114.
 - (16) Yu, H., Jeon, J., Lee, K., Park, S., Lee, S., 2023, "Aerodynamic Characteristics Analysis of AI-design Propeller for PAV", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 129-136.
 - (17) Seo, M., Hong, S., Lee, H., Jeong, J., 2024, "Numerical Investigation on Heat Transfer Characteristics Conjugated with Boundary Layer According to the TEG Fin Shape using CFD", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 1, pp. 62-69.
 - (18) Sim, G., Lee, J., Yoon, S., Ju, H., 2024, "Influence of Key Design Variables on the Performance and Mechanical Behavior of an Electrochemical Hydrogen Compressor", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 1, pp. 98-109.
 - (19) Park, G., Chang, K., Lee, S., Kim, M., Yoon, J., Ryu, J., 2024, "Modeling Effective Slip Length for Predicting Drag Reduction Effects of Superhydrophobic Surface Over Turbulent Channel Flows", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 6, pp. 43-52.
 - (20) Choi, W., Ryu, E., Koo, B., You, J., 2024, "Numerical Study of Optimal Positions of Inlet and Outlet in the Lithium-ion Battery Pack", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 6, pp. 87-92.