

## 2023년 원자력기기 및 열유체 분야 연구동향

김동역\*

### 1. 서 론

본 연감에서는 2023년 한국유체기계학회 하계/동계 학술대회 및 학술논문집에 발표된 원자력기기 및 열유체 분야 관련 연구 결과를 소개·분석하고자 한다. 해당 분과에서는 원자로 열유체 및 시스템·기기 관련 다양한 분야에서 66편의 논문이 발표되었다. 기존의 원자로 열유체 분야에서 주로 수행되어 왔던 전통적인 열유체 실험 및 해석분야 연구 뿐만 아니라 최근 급속히 발전하고 소형모듈형원자로 분야 연구가 새롭게 주목을 받고 있는 것으로 판단된다. 본 연감에서는 지난 1년간의 연구논문을 열유체 실험 및 해석, 소형모듈형원자로, 원자력 시스템 및 기기, 측정기술, 기타 분야로 구분하여 소개하고자 한다.

### 2. 열유체 실험 및 해석

원자로 운전조건 및 사고상황에서 발생할 수 있는 열유체 현상에 대한 분석 및 예측은 원자력 안전분야의 핵심적인 이슈이다. 본 절에서는 이와 관련된 실험 및 해석 논문을 소개한다.

배반석 등<sup>(1)</sup>은 크러드가 침적된 단일 가열봉에 대한 재관수 열전달 실험을 수행하였으며, 크러드 침적으로 인해 급랭 열전달 성능이 향상되는 것을 실험적으로 검증하였다.

김연식 등<sup>(2)</sup>은 원전 사고 시 발생할 수 있는 열수력 현상인 자연순환 유동 특성에 대해 분석하였으며, 기존 자연순환 유동맵을 검토하고 이를 원자로 열수력 종합효과실험장치 데이터베이스와 비교·분석하였다.

고희재 등<sup>(3)</sup>은 부유식 해양원전의 노심 부수로 모의 실험을 수행하였다. 이를 통해 횡방향 요동이 노심 압력강하에 미치는 영향을 평가·분석하였다.

남상균 등<sup>(4)</sup>은 원자력계통해석 코드인 SPACE를 활용하여 수평관 내 응축현상에 대한 해석을 수행하였다. 또한, 해석 결과를 기존 국내에서 수행된 실험연구결과와 비교·분석하였다.

남현택 등<sup>(5)</sup>은 마이크로 기둥구조가 형성된 표면에서의

비등실험을 수행하였다. PIV 기술을 활용해 습윤유동을 측정하고 이를 임계열유속 실험결과와 비교하여 분석하였다.

남영석 등<sup>(6)</sup>은 단상 자연순환 유동조건을 모의하기 위해 비가열 강제순환 조건을 실험장치에 적용하여 벽면 마찰계수 데이터베이스를 생산하였다.

최종희 및 김형대<sup>(7)</sup>는 레이저 간섭을 활용한 비등 마이크로레이어 측정기법의 한계에 대해 정량적으로 분석하였다.

김일진 및 김형대<sup>(8)</sup>는 핵융합로 발전에 활용가능한 Hypervapotron 냉각기술에 CFD 해석을 수행하였다. 3차원 이상유동 해석을 수행하였으며 핀구조물의 영향에 대해 정량적으로 분석하였다.

윤성현 등<sup>(9)</sup>은 비경수형 원자로 열수력 시스템코드인 GAMMA+의 3차원 난류 해석능력에 대한 검증연구를 수행하였다. 이 연구를 통해 해당 코드가 상용 CFD 코드대비 유사한 성능을 보유하고 있음을 보고했다.

조아영 등<sup>(10)</sup>은 비등 표면온도 측정을 위한 첨단기술인 온도감응 형광물질 박막에 대한 실험적 연구를 수행하여 기술적 타당성을 검증하였다.

강준하 등<sup>(11)</sup>은 실제 가압경수로 온도 및 압력조건을 모의 가능한 실험장치를 구축하였다. 향후, 본 실험장치를 활용하여 가압경수로 실제 조건에서의 열수력 데이터베이스 확보가 가능할 것으로 기대된다.

엄정현 등<sup>(12)</sup>은 원자로 중대사고 상황에서 발생할 수 있는 핵연료 파편입자층의 형성에 관한 해석연구를 수행하였다. 이를 위해 STAR-CCM+ 코드를 활용하였으며, 해석결과를 실험결과와 비교·분석하였다.

Yang<sup>(13)</sup>은 소형모듈형원자로 및 첨단원자로와 관련된 임계열유속 현상에 대한 연구필요성과 실험적 접근방법에 대해 소개하였다.

임도영 및 방인철<sup>(14)</sup>은 국내 가압경수로인 OPR1000에 대한 냉매 열수력 종합효과 실험장치인 URIL0-II에 대한 척도해석 및 주요설계 결과에 대해 소개하였다.

오승환 등<sup>(15)</sup>은 경수형 소형모듈형원자로의 안전이슈인 나선형 증기발생기 관내 2상유동 불안정성에 대한 해석연구를 수행하였다. MARS-KS 코드를 활용하였으며, 해석결과와

\* 중앙대학교 에너지시스템공학부  
Email : dekim@cau.ac.kr

다 코드 및 실험결과를 비교·분석하였다.

김도현 등<sup>(16)</sup>은 나선관 내 이상유동에 관한 CFD 해석연구를 수행하였다. 해석을 통해 이상유동 현상을 모의하였으며, 원심력 및 2차유동 효과를 확인하였다.

한승수 등<sup>(17)</sup>은 ANSYS Fluent 코드를 사용하여 원자로 용기 외벽 냉각상황을 모의하는 해석연구를 수행하였다. 이를 통해 해당 조건에서의 이상유동 비등 주요변수인 용기 온도 및 기공률에 대한 정량적인 데이터를 생산하였다.

### 3. 소형모듈형원자로 기술

소형모듈형원자로(SMR)는 최근 국가 전략기술로서 주목을 받고 있으며, 탄소중립 달성을 위한 다양한 활용이 가능하여 전세계적으로도 기술개발 경쟁이 이루어지고 있다. 또한, 국내에서 i-SMR 원자로를 개발하고 있는 상황에서 연구의 중요성이 부각되고 있다.

권태순 및 강홍석<sup>(18)</sup>은 소형모듈형원자로인 i-SMR 증기발생기의 종합진동평가를 위한 척도해석을 수행하였다. 본 연구의 결과는 축소모의 실험장치 설계에 활용될 수 있다.

양진화 등<sup>(19)</sup>은 i-SMR 안전성 평가를 위한 종합효과실험 장치의 철제형격납건물에 대한 척도해석 및 기본설계 결과를 소개하였다.

양진화 등<sup>(20)</sup>은 소형모듈형원자로인 SMART100에 대한 분리효과 실험장치 및 실험결과에 대해 소개 및 분석하였다.

배황 등<sup>(21)</sup>은 SMART 원자로 종합효과시험장치의 설계에 대해 소개하고, 장치를 활용해 생산된 실험결과에 대해 분석하였다.

한훈식 등<sup>(22)</sup>은 소형모듈형원자로에 활용가능한 나선형 증기발생기 설계를 위해 변수연구를 수행하였다. 이를 통해 다양한 설계변수에 따른 압력강하 결과를 정량적으로 분석하였다.

유제용 등<sup>(23)</sup>은 소형모듈형원자로 냉각재펌프의 임펠러 최적설계에 관한 CFD 해석연구를 수행하였다. 임펠러 성능에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변수를 도출하였으며 이에 대한 정량적 분석을 수행하였다.

박정환 등<sup>(24)</sup>은 i-SMR 유연운전 연계를 위한 액체공기 에너지 저장시스템에 관한 연구를 수행하였다. 이를 통해 시스템 개념을 설계하였으며 검증실험장치를 구축하였다.

김석 등<sup>(25)</sup>은 SMART 원자로의 응용분야인 오일샌드 회수용 SAGD 공정을 위한 다양한 2차계통 설계방법에 대해 제안하였다.

김태순 및 남혁석<sup>(26)</sup>은 i-SMR 압력용기 제작에 적용가능한 전자빔 용접기술에 대한 재료 건전성 평가 연구를 수행하였다. 이를 통해 전자빔 용접에 의한 재료 미세구조 변화결과에 대해 분석하였다.

강상희<sup>(27)</sup>는 i-SMR의 최신 개발현황에 대해 소개하였다.

이를 통해 i-SMR의 설계특성, 개발계획 및 국제시장 경쟁력에 대해 보고하였다.

### 4. 원자력 시스템 및 기기

원자력 발전소는 광범위한 과학·공학 분야 기술의 융합을 통해 설계·구축·운영된다. 이로 인해 최근에도 매우 다양한 원자력 시스템 및 기기에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다.

이제희 등<sup>(28)</sup>은 APR 원자로 격납용기 해석코드인 CAP 코드 내 살수 열전달 모델을 개선하였으며, 해석을 통해 모델 개선의 타당성을 검증하였다.

김기환 등<sup>(29)</sup>은 APR1000 원자로 노심 유동분포 실험을 위한 척도해석을 수행하여 수력조건을 도출하였다. 이 결과는 향후 실제 노심 수력실험에 활용될 예정이다.

홍순준 등<sup>(30)</sup>은 APR 원전 격납건물 열수력 해석 코드인 CAP 코드의 해석능력에 대한 다양한 평가를 수행하여 그 결과에 대해 보고하였다.

박해민 등<sup>(31)</sup>은 원자로 열수력 종합효과시험장치인 ATLAS의 중형냉각재상실사고 모의 실험 데이터를 활용해 SPACE 코드의 해석능력에 대한 평가·분석을 수행하였다.

최대경 등<sup>(32)</sup>은 원자로 냉각재 누설 포집 시스템을 모의하기 위해 상용 CFD 코드인 ANSYS Fluent를 활용한 해석기법을 개발하였다. 또한, 해석결과를 실험결과와 비교·분석하였다.

천화동 등<sup>(33)</sup>은 원자력발전소 제어밸브 구동기의 내진 성능에 대한 수치해석을 수행하였다. 이를 통해 내진하중에 대한 구조 건전성 및 설계 여유도를 평가하였다.

이동영 등<sup>(34)</sup>은 경수형 원자로 피동안전계통인 PAFS에 대한 해석을 수행하였다. 해석에는 원자로 열수력안전해석 코드인 RELAP5를 사용하였으며, SBO 사고조건을 적용하여 원자로 내부 과도 열수력거동에 대한 해석을 수행하였다.

박현식 등<sup>(35)</sup>은 GAMMA+ 코드의 소듐냉각고속로 과도해석 성능을 평가하였다. 해석은 SALUS 원자로를 대상으로 수행하였으며, 해석결과를 MARS-LMR 코드 해석결과와 비교·분석하였다.

권태순<sup>(36)</sup>은 가압경수로 정지냉각계통에 작동에 노심 분산농도의 과도거동을 CFD 코드를 사용하여 해석하였다. 이를 통해 축소모의 실험장치의 설계가 1/1 원형과의 충분한 상사성을 보유하고 있음을 보고하였다.

송준규 등<sup>(37)</sup>은 SPACE 코드를 사용하여 웨스팅하우스형 원전에 대한 냉각재파단사고 시 Peak Cladding Temperature의 파단 크기에 따른 민감도 분석을 수행하여 결과를 분석하였다.

김재형 등<sup>(38)</sup>은 고온 고차압 밸브 트림에 대한 1D, 3D CFD 해석결과에 대한 비교·평가를 수행하였다.

이혁순 등<sup>(39)</sup>은 고온 고차압 제어밸브 트림 유로 손실계수에 대한 1D 해석을 수행하였다.

류제혁 등<sup>(40)</sup>은 고온 고차압 제어밸브 트림 형상에 따른 유동특성을 ANSYS CFX 코드를 사용하여 3차원 CFD 해석을 수행하였다. 이를 통해 다양한 트림 형상에 대한 손실계수, 감압비, 입구조항, 트림이탈속도에 대한 정량적인 해석 데이터를 보고하였다.

이상현 등<sup>(41)</sup>은 경수형 원자로 냉각재 소량 누설 시 누설량을 정량하기 위한 딥러닝 알고리즘을 개발하였다. 딥러닝 코드의 계산결과를 고정밀 열수력 해석코드인 CUPID 결과와 비교·분석하였다.

한금호 등<sup>(42)</sup>은 노외 중대사고 해석코드의 격납건물 열수력해석을 위한 솔버를 예비 개발하였다. 가상의 열역학 문제를 해당 솔버를 통해 해석하여 솔버의 기술적 타당성을 검증하였다.

이공희<sup>(43)</sup>는 ANSYS CFX 코드를 사용하여 원자력발전소에 적용되는 버티플라이 밸브와 다공오리피스 사이의 직관 길이 따른 수력학적 특성을 해석하였다.

제상운 등<sup>(44)</sup>은 고온 고차압 제어밸브 트림에 대한 3차원 CFD 해석을 수행하고, 기존의 트림과 새롭게 개발된 트림의 성능을 비교·분석하였다.

방정진 등<sup>(45)</sup>은 MARS-LMR 코드를 사용하여 열에너지 저장장치가 연계된 액체금속로고의 동력변환계통의 동적거동을 분석하기 위한 해석 방법론을 개발하였다. 개발된 모델은 기존 발전소 동력변환 계통 데이터를 적절히 모의하는 것으로 나타났다.

박영재 등<sup>(46)</sup>은 SPACE 코드를 사용하여 종합효과시험장치인 ATLAS의 사고모의 실험을 모의 해석하고 결과를 실험 결과와 비교·분석하였다.

서경우 등<sup>(47)</sup>은 연구용원자로에 적용되는 플랩밸브 위치 설계를 위해 ANSYS CFX를 활용한 CFD 해석을 수행하였다. 또한, 이 연구를 고도화하여 상세해석을 수행할 예정이다.

방영석 등<sup>(48)</sup>은 원자력 재생 하이브리드 에너지 시스템에 적용되는 고압 급수가열기의 열수력 특성을 MARS-KS 코드를 사용하여 해석하였다. 이를 통해, 해당 코드가 고압급수가열기를 적절하게 모의할 수 있는 것으로 보고하였다.

강홍석 등<sup>(49)</sup>은 유체유발 진동현상에 대해 전반적으로 소개하고, 이를 원자로 내부, 핵연료 집합체, 증기발생기와 연계하여 분석하였다.

김우식 및 권태순<sup>(50)</sup>은 원자로 냉각재 누설감지 시스템에 대한 실험적 검증을 수행하였다. 이를 통해 개발된 누설감지 시스템의 우수한 성능을 검증하였다.

김우식 및 권태순<sup>(51)</sup>은 원자로 냉각수 누출 감지시스템 개발 결과에 대해 보고하였다. 다양한 검증실험을 수행하여 해당 시스템의 기술적 우수성을 검증하였다.

문정호 등<sup>(52)</sup>은 장기 교류전원 상실사고 시 발생할 수 있

는 역류냉각 현상 예측 방법 및 비상노심냉각수 주입 시점에 대한 분석을 수행하였다. 사고모의를 위해 MARS 코드 시뮬레이터를 사용하였으며, 해석결과를 활용하여 적절한 사고 대처 방법을 제안하였다.

이종혁 및 이승욱<sup>(53)</sup>은 원자로 중형냉각재상실사고에 대한 기존 실험데이터를 SPACE 코드 해석결과와 비교·분석하였다.

이승욱 등<sup>(54)</sup>은 한국원자력연구원, 한수원 중앙연구원, 한전원자력연료에서 수행중인 중형냉각재상실사고 주요 현상 우선순위표 개발 현황에 대해 보고하였다.

김다용 등<sup>(55)</sup>은 노심 하향유동 연구용 원자로에서의 펌프 관성서행을 이용한 피동잔열제거를 위한 펌프설계연구를 수행하였다. 설계를 위해 1D 코드를 활용하였으며, 이를 통해 요구되는 펌프의 RPM 및 관성모멘트 관련 주요 변수를 도출하였다.

진성수 등<sup>(56)</sup>은 국내 OPR1000 원자로를 대상으로 피동보조 급수계통(PAFS) 도입 시 SBLOCA 사고에 대한 해석을 수행하였다. RELAP5 코드를 사용하였으며, 해석결과 PAFS의 도입을 통해 해당 사고가 충분히 완화될 수 있음을 보고하였다.

고유정 등<sup>(57)</sup>은 해양부유식원전 BANDI-60의 피동 안전 시스템 성능 분석을 위해 MARS-KS 코드 해석을 수행하였다. SBLOCA 사고를 모의하였으며 해석결과에 기초하여 주요 열수력 변수의 거동에 대해 분석하였다.

## 5. 측정기술

원자로 기기 및 열유체 분야에서는 다양한 현상에서 나타나는 물리량의 고정밀 측정을 위한 측정 기술의 개발이 꾸준히 이루어져 왔다.

김태호 등<sup>(58)</sup>은 2중 광섬유 센서를 적용한 액적변수 측정 기법을 개발하고, 이를 실험적으로 검증하였다.

## 6. 기 타

위에 기술한 원자력기기 및 열유체 관련 연구 이외에도 다양한 분야에서의 원자력 분야 연구가 활발하게 수행되고 있다.

김기현 등<sup>(59)</sup>은 인공지능 코드를 활용하여 초임계 이산화탄소 브레이튼 사이클 압축기 입구온도를 제어할 수 있는 방법을 제안하였다.

송철화<sup>(60)</sup>는 경수로 안전관련 열수력 실험데이터의 물리적 상사성 확보 및 증진을 위한 체계적인 의견을 제시하였으며, 향후 첨단 모델링 및 시뮬레이션을 해 필수적인 요구조건에 대해 제안하였다.

홍순준 등<sup>(61)</sup>은 크롬코팅 사고저항성 핵연료의 원자로 다준고장사고에 대한 예비 성능 분석을 수행하였다.

정주훈 및 방인철<sup>(62)</sup>은 무제어봉 원자로의 Density lock

구조체가 원자로 안전성에 미치는 악영향을 분석하기 위해 MARS-KS를 사용한 해석연구를 수행하였다.

이승준 및 이성욱<sup>(63)</sup>은 열수력 해석코드인 CUPID와 핵연료 해석코드인 MERCURY의 연계기술 개발 및 검증현황에 대해 보고하였다.

윤정 등<sup>(64)</sup>은 열에너지저장 고온 축열조에 지진으로 인해 발생할 수 있는 슬로싱 현상에 대해 STAR-CCM+를 사용하여 CFD 해석연구를 수행하였다.

유용환 및 구경희<sup>(65)</sup>는 해양용 용융염원자로에 관한 주요 현상 우선순위표 개발에 관한 현황을 소개하였다.

이승규 및 이정익<sup>(66)</sup>은 초임계 이산화탄소용 압축기에 적용되는 래비린스 씰의 성능에 대한 실험적 평가결과를 보고하였다.

## 7. 결 론

본 연감에서는 2023년에 한국유체기계학회 학술대의 및 학술논문집에 발표된 원자력 기기 및 열유체 분야 연구에 대해 소개 및 설명하였다. 열유체 실험 및 해석, 원자력 시스템 및 기기, 측정기술 등의 전통적인 연구분야에 추가로 최근 이슈가 되고 있는 소형모듈형 원자로 및 기타 다양한 기술에 대한 연구가 새롭게 이루어지고 있으며, 향후 해당 연구분야의 발전이 기대된다.

## References

- (1) Bae, B., Park, Y., Lee, Y., Kim, J-H., Kim, B-J., Kim, H., 2023, "Experimental Study on Characteristics of Two-phase Flow during Reflood of Single CRUD-deposited Rod Heater," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 534-536.
- (2) Kim, Y-S., Kim, J., Jeon, B-G., Kim, J-H., Park, H-S., Bae, B-U., 2023, "Characteristics of Natural Circulation Flow in Integral Effect Test Facilities," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 532-536.
- (3) Ko, H., Lee, C-W., Yoo, J-S., Hong, H., Ku, J-H., Park, G-C., Cho, H-K., 2023, "Rolling motion effect on pressure drop in helical-finned annulus channel for low mass flux condition," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 341-342.
- (4) Nam, S-G., Park, Y., Jeon, S-S., Hong, S-J., 2023, "SPACE Analysis Study on Horizontal Condensation Heat Exchanger Experiments," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 336-338.
- (5) Nam, H-T., Park, H., Lee, Y-M., Lee, S., Lee, D., 2023, "Effect of re-wetting flow on critical heat flux enhancement of wick structures in the boiling heat transfer," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 150-151.

- (6) Nam, Y., Ko, Y., Park, S., Yun, B., 2023, "Study of wall friction coefficient in a vertical annulus under the natural circulation flow condition," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 521-522.
- (7) Choi, J., Kim, H., 2023, "Limitation Analysis of Boiling Bubble Microlayer Measurement Using Laser Interferometry," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 200-201.
- (8) Kim, I., Kim, H., 2023, "Flow boiling analysis of the Hypervapotron cooling channel for the development of cooling techniques in single-sided heating condition," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 532-533.
- (9) Yoon, S-H., Tak, N-I., Lim, H-S., 2023, "GAMMA+ analysis of turbulent flow over backward-facing step with standard k-ε model," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 519-520.
- (10) Cho, A., Choi, J., Kim, H., 2023, "Study on Optimization of Temperature-sensitive Phosphor Thin Film for Measuring Surface Temperature at High-Pressure Boiling Heat Transfer Experiment," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 277-278.
- (11) Kang, J., Seo, D., Choi, J., Bae, B., Kim, H., 2023, "Development of a High-Pressure Experimental Apparatus Simulating Reactor Core Sub-channel," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 275-276.
- (12) 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.
- (13) Yang, B-W., 2023, "Rod Bundle CHF Phenomena and Experimental Challenges in Water-Cooled SMR, ATF, and other Advanced Reactors," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 145.
- (14) Lim, D-Y., Bang, I-C., 2023, "Scaling Design of Refrigerant-cooled Thermal-Hydraulic Integral Effect Test Facility for OPR1000," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 5, pp. 44-52.
- (15) Oh, S., Kim, D-H., Lee, J-I., 2023, "Predictability Assessment of MARS-KS Code for Two-phase Flow Instability in Helical Tubes," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 468-469.
- (16) Kim, D-H., Oh, S., Lee, J-I., 2023, "CFD Study of Two-phase Flow in Helical Tube," Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 466-467.
- (17) Han, S., Kim, I., Kim, H., 2023, "Preliminary Analysis of ERVC for medium to large scale nuclear power plants using CFD," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 577-578.
- (18) Kwon, T., Kang, H-S., 2023, "Reduced Scaling Method

- for iSMR SG CVAP Testing,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 407-408.
- (19) Yang, J-H., Bae, B-U., Bae, H., Kang, K-H., 2023, “Scaling analysis and basic design of metal containment vessel in i-SMR integral effect test facility,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 80-81.
- (20) Yang, J-H., Ahn, T-H., Son, H-H., Kwon, J-S., Bae, H., Park, H-S., 2023, “Thermal-Hydraulic Experimental Studies for Validation of SMART100 CPRSS,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 38-39.
- (21) Bae, H., Ryu, S-U., Yang, J-H., Jeon, B-G., Bang, Y-G., Yi, S-J., Park, H-S., 2023, “Thermal-Hydraulic Validation Test for SMART100 Standard Design Approval using SMART-ITL,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 36-37.
- (22) Han, H-S., Kim, Y-I., Bae, Y., Ryu, S., 2023, “Thermal-Hydraulic Design of a Once-Through Steam Generator Considering Various Tube Arrangements,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 32-33.
- (23) Yu, J-Y., Kim, D., Jung, J., 2023, “Hydraulic Design Optimization of a Reactor Coolant Pump used for Small Modular Reactor,” The KSFEM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 4, pp. 5-12.
- (24) Park, J-H., Chae, Y-J., Kim, N., Lee, J-I., 2023, “Energy storage option for innovative SMR,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 78-79.
- (25) Kim, S., Han, H-S., Moon, J-H., 2023, “Design of Secondary System in SMART for SAGD Process for Oilsand Recovery,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 34-35.
- (26) Kim, T., Nam, H., 2023, “Structural Integrity Evaluation on Pressure Vessel Materials of SMR with Electron beam Welding,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 76-77.
- (27) Kang, S., 2023, “Development Status of i-SMR,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 74-75.
- (28) Lee, J., Hong, S-J., Choo, Y-J., Han, K-H., 2023, “Improvement of the CAP Spray Model for the Analysis of APR Nuclear Power Plant Containment Building,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 520-522.
- (29) Kim, K., Kim, W-S., Euh, D-J., 2023, “Core Scaling Analysis for Hydraulic Experiments of APR1000 Reactor,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 507-508.
- (30) Hong, S-J., Lee, J., Han, K-H., Choo, Y-J., 2023, “Verification & Validation Status of CAP3.x for APR Containment Thermal-hydraulics Analysis,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 509-510.
- (31) Park, H-M., Bae, S-W., Lee, S-W., 2023, “Predictability Evaluation of SPACE for ATLAS IBLOCA Tests,” The KSFEM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 4, pp. 54-65.
- (32) Choi, D-K., Park, W-M., Euh, D-J., Kwon, T-S., Choi, C., 2023, “Establishment and Evaluation of Leak Collection System Analysis Method Using CFD Analysis,” The KSFEM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 5, pp. 34-43.
- (33) Cheon, H-D., Ryu, J-H., Chai, C-J., Jee, H., 2023, “Seismic Environmental Integrity Review through Structural Analysis of Linear Type Actuator Yoke,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 379-381.
- (34) Lee, D-Y., Park, Y., Jeon, S-S., Chung, Y-W., Hwang, D-H., 2023, “Analysis of SBO Mitigation with Passive Auxiliary Feedwater System,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 514-516.
- (35) Park, H-S., Choi, S-R., Han, J., Hong, J., 2023, “GAMMA+ Analysis on Unprotected Loss of Flow Scenario of SALUS,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 152-155.
- (36) Kwon, T-S., 2023, “Similarity Analysis of SCS Injection Model,” Proceedings of the KSFEM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 464-465.
- (37) Song, J., Kim, S., Park, Y., Lee, D-H., 2023, “Sensitivity studies on intermediate break loss of coolant accident for Westinghouses 3-loop plants,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 110-112.
- (38) Kim, J-H., Je, S., Lee, H., Bae, J-W., 2023, “Study on 1D Analysis Modelling for Valve Trim with High Temperature and Pressure Difference,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 385-386.
- (39) Lee, H., Lee, T., Je, S., Bae, J-W., Jang, H., 2023, “Analysis of Loss Coefficient Variation in High-Temperature High-Pressure drop Control valve Trim,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 389-390.
- (40) Ryu, J-H., Cheon, H-D., Chai, C-J., Jee, H., 2023, “A Study on the Flow Characteristics of High Temperature and High Pressure drop Control Valve according to Trim Shape,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 382-384.
- (41) Lee, S-H., Jo, H-S., Na, M-G., 2023, “Application of Deep Learning for Quantifying Small RCS Leakage,” The KSFEM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 5, pp. 27-33.
- (42) Han, K-H., Chung, B-D., Choo, Y-J., 2023, “Preliminary Development of a Containment Thermal-Hydraulic Solver for Ex-vessel Severe Accident Analysis,” Proceedings of the KSFEM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 517-519.
- (43) Lee, G-H., 2023, “Assessment of the Effect of Distance

- between a Multi-hole Orifice and a Butterfly Valve on the Hydraulic Characteristic of the Valve; Multiple Bends in the Same Plane Case,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 578-579.
- (44) Je, S., Lee, H., Lee, T., Bae, J-W., Jang, H., 2023, “Parametric analyses of Trim flow characteristics,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 387-388.
- (45) Bang, J., Jeon, S-S., Bang, Y-S., Chung, B-D., Bang, Y-S., 2023, “The modeling of the power conversion system for a sodium-cooled fast reactor,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 526-529.
- (46) Park, Y., Lee, J., Jeon, S-S., Hong, S-J., 2023, “Analysis of ATLAS-PAFS integral effect test using SPACE code,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 523-525.
- (47) Seo, K., Kim, I., Jung, M., Park, H-B., 2023, “Evaluation of Improved Flap Valves in Research Reactor,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 523-524.
- (48) Bang, Y-S., Bang, J-J., Jeon, S-S., Chung, B-D., Bang, Y-S., 2023, “Modeling of High Pressure Feedwater Heaters for Nuclear Renewable Hybrid Energy Systems,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 403-406.
- (49) Kang, H-S., Lee, K-H., Oh, D-S., Kwon, T-S., 2023, “Fluid-Structure Interactions in Nuclear Power Plants,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 462-463.
- (50) Kim, W., Kwon, T., 2023, “Performance Verification of Reactor Unidentified Leakage Detection System,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 4, pp. 46-53.
- (51) Kwon, T-S., Kim, W., 2023, “Development of a RCS Coolant Leak Detection System for Reactor Safety Enhancement,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 122-128.
- (52) Moon J-H., Kim, K-D., Yun, B-J., 2023, “Study on Emergency Core Cooling Water Injection in Reactor Coolant Pump Seal Leakage Accident under Extended Loss of AC Power,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 525-526.
- (53) Lee, J-H., Lee, S-W., 2023, “Validation of the SPACE for IBLOCA scenario (PKL i2.2 test),” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 108-109.
- (54) Lee, S-W., Lee, D-H., Lee, S-I., Lee, J-H., Choi, C., Bae, S-W., Park, H-M., Kim, K-D., 2023, “Current Status of Development of IBLOCA PIRT,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 113-115.
- (55) Kim, D., Yoon, H., Park, H-B., 2023, “Design of Pump for Passive Residual Heat Removal in Downward Flow Research Reactors with Plate-Type Fuel,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 527-528.
- (56) Jeon, S-S., Park, Y., Lee, D-Y., Chung, Y-W., Hwang, D-H., 2023, “System Code Analysis of SBLOCA-LOHPI Mitigation with Passive Auxiliary Feedwater System,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 511-513.
- (57) Ko, Y., Cho, H-K., Kim, I-H., 2023, “Current status of MARS-KS moving reactor model for accident analysis of a offshore nuclear reactor,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 339-340.
- (58) Kim, T., Moon, J., Yun, B., 2023, “Development of a Double Sensor Optical Fiber Probe Method for the Measurement of Local Droplet Parameters in Annular Mist Flow,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 3, pp. 5-14.
- (59) Kim, G., Baek, J-H., Lee, J-I., 2023, “Optimal control method using AI-based tuner for compressor inlet temperature control in S-CO<sub>2</sub> cycle,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 146-147.
- (60) Song, C-H., 2023, “Scalability of Validation Data for Safety Evaluation of Water-cooled Nuclear Reactors,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 271-274.
- (61) Hong, S-J., Lee, D-Y., Ro, T-S., Chung, B-D., 2023, “Performance Analysis and Review on the Chrome Coated Cladding Accident-Tolerant-Fuel against Multiple Failure Accident,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 529-530.
- (62) Jung, J-H., Bang, I-C., 2023, “Investigation of Stratification Instability in the Density Lock for Inherent Safety Features of Nuclear Reactors without Control Rods,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 50-56.
- (63) Lee, S-J., Lee, S-U., 2023, “Validation of the Coupled Analysis System Including Thermal Hydraulics and Nuclear Fuel Performance Code,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 106-107.
- (64) Yoon, J., Shin, Y-H., Kim, H., Eoh, J. 2023, “Sloshing Analysis for a Thermal Energy Storage Tank in the Thermal Energy Storage Experimental Verification Test Loop,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 137-142.
- (65) Yoo, Y-H., Koo, G-H., 2023, “Development of Preliminary PIRT for Maritime Molten Salt Reactors,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 511-514.
- (66) Lee, S., Lee, J-I., 2023, “Experimental performance evaluation of labyrinth seals for supercritical carbon dioxide leakage around rotor,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 148-149.