

원자력 열수력 연구실

(Nuclear Thermal Hydraulics Laboratory)

Byongjo, Yun

School of Mechanical Engineering
Pusan National University

Introduction

□ 전력수요 증가와 원자력 에너지의 필요성

▪ IT 기업 원자력 에너지 계약

Microsoft

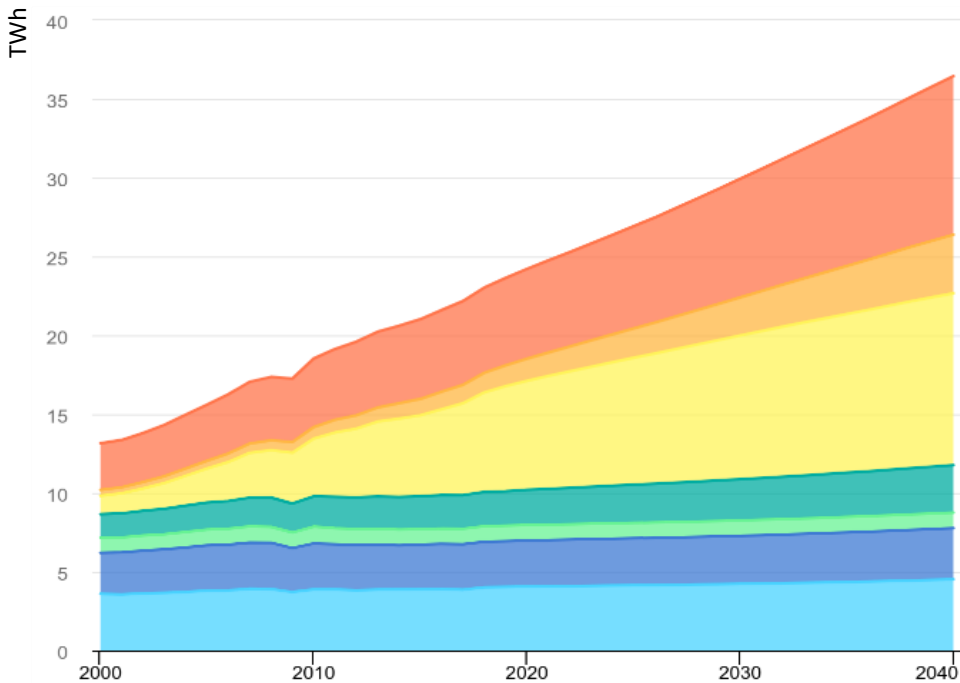
835 MW 원전 PPA (2024.09)

Google

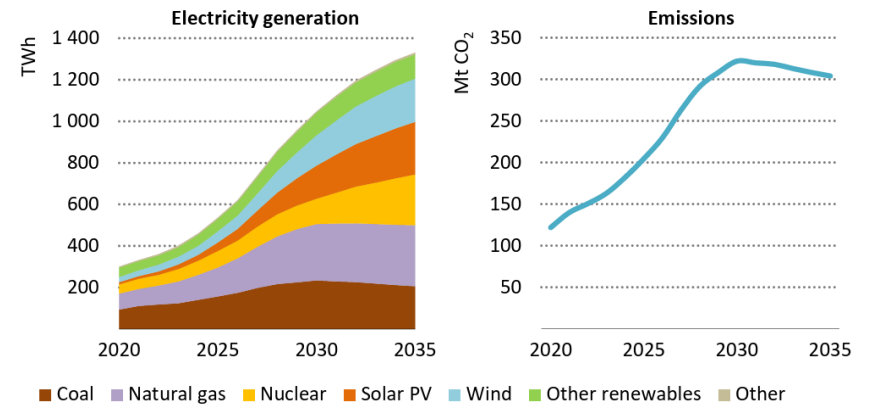
500 MW SMR 계약 (2024.10)

Amazon

SMR 관련 3개 계약, 320-960 MW (2024.10)



< 글로벌 전력 수요 경향 >

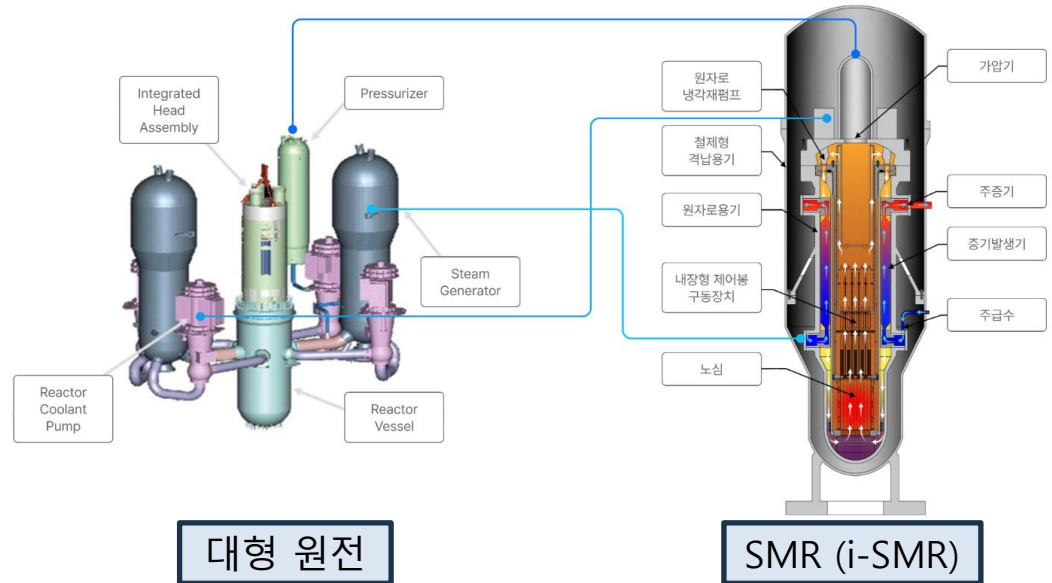


< 데이터센터 전력 수요 대응 전원 구성 >

Introduction

□ Small Modular Reactor(SMR) 개발 및 연구 수요 확대

- SMR이란?
 - 전기 출력 300MWe 이하
 - 모듈 형태의 제작 및 설치
- 대한민국의 SMR
 - i-SMR (혁신형 SMR)
 - 현재 인허가 단계 진입



SMR 장점



안정성

소형 원자로 고유의 안전성
사고 대응에 효과적
방사선 영향 저감



투자용이성

초기 재원조달 경감
주요기기 공장제작 / 모듈화
건설 지연 리스크 저감

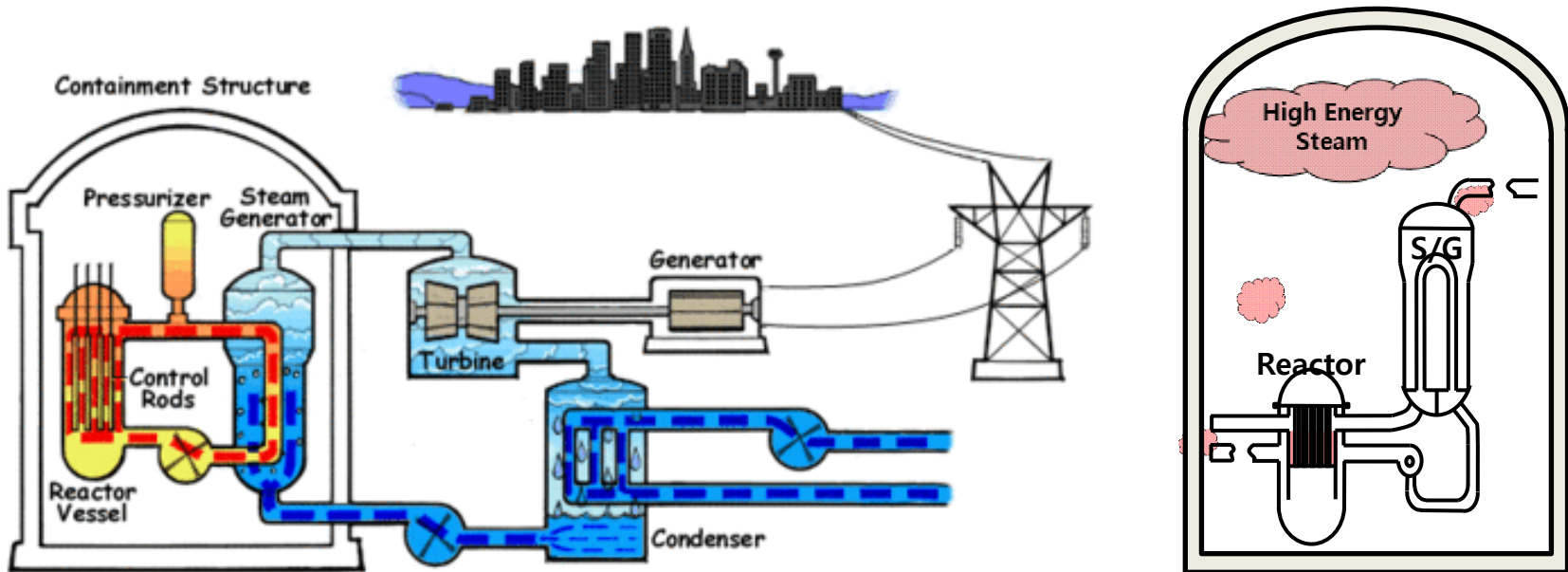


유연성

소규모 전력망을 위한 발전원
신재생 간헐성 보완(담수/열/수소)
다양한 활용

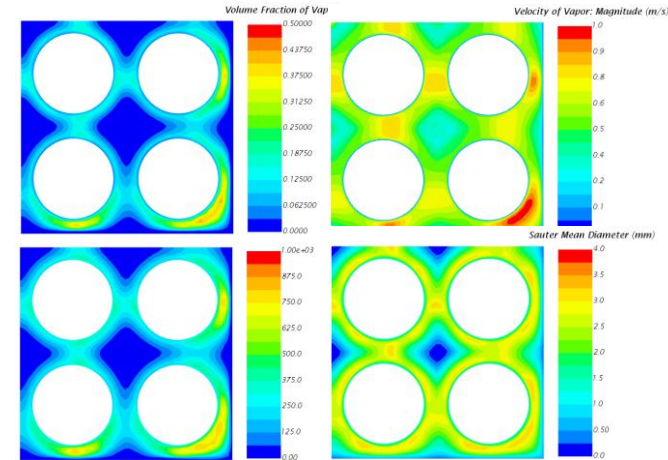
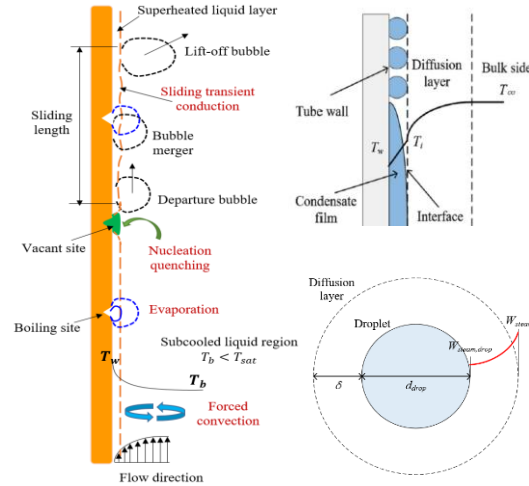
Introduction

- 원자력 시스템에서 열유체 및 다상유동의 중요성
 - 물 : 열 수송을 위한 운반체
 - 정상운전조건 : 고온·고압 (전기생산 사이클 열효율 증가)
 - 열제거 실패·파단 사고 → 다상유동 발생 (물-증기 등)



Introduction

□ 연구 업무



실험 데이터 생산

열수력 모델 개발/평가

CMFD 해석

안전한 원자력 열수력 계통 설계를 위한 연구

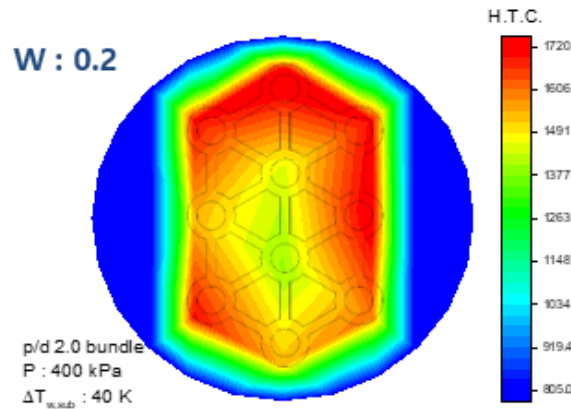
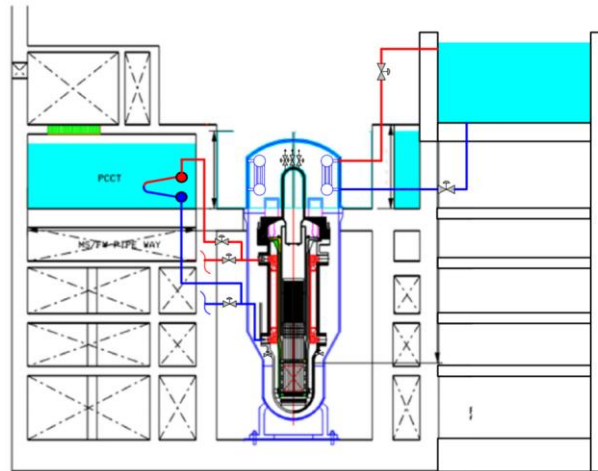
원자로 안전성 향상 및 신안전 계통 개발 연구 (1)

□ 원자력 계통 개발 실험/모델 개발

- 원자력 계통 모의 실험 및 해석 모델 개발 연구 (i-SMR, APR1400)



< 경사 응축 열교환기 >



<봉다발 응축 열교환기>

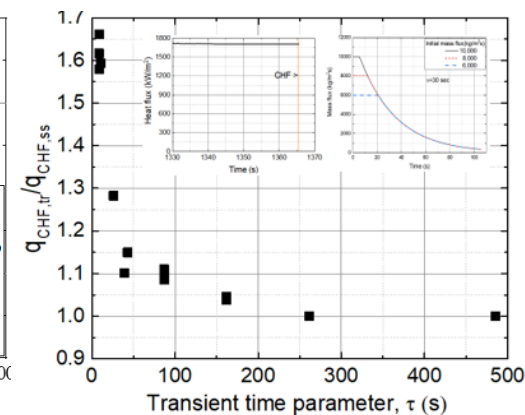
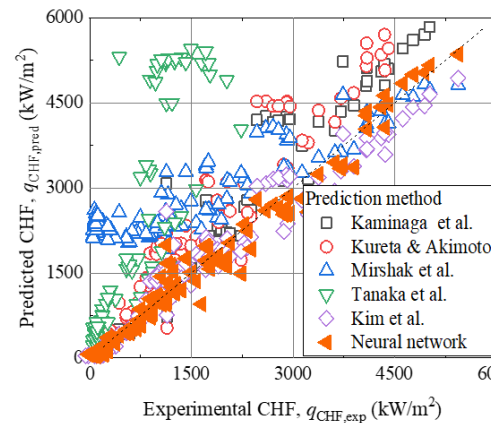
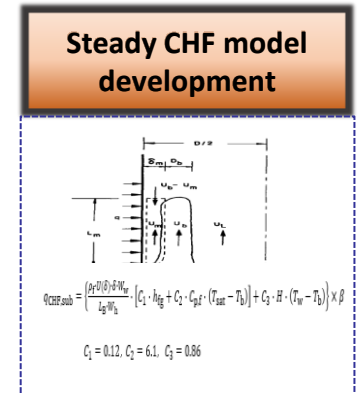
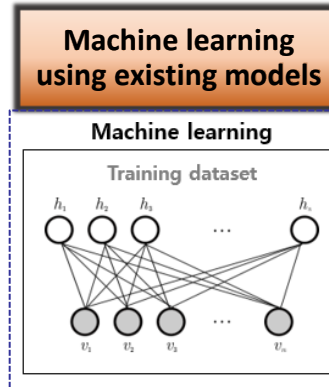
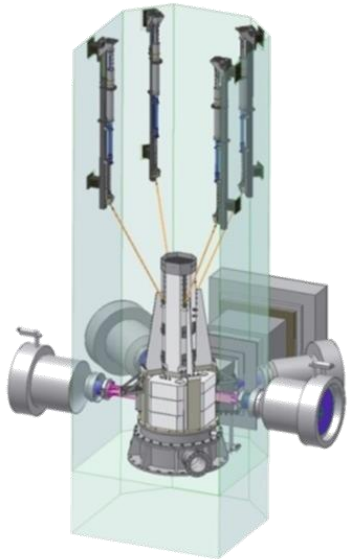
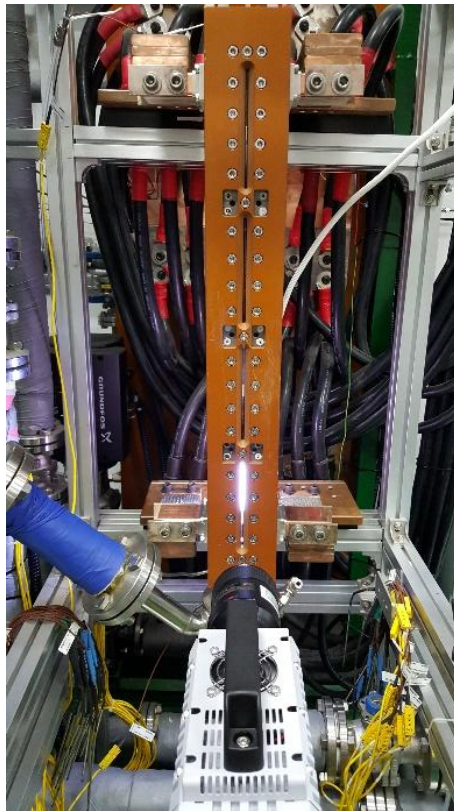
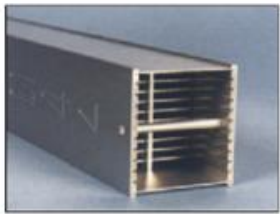


<격납용기 모의 실험장치>

원자로 안전성 향상 및 신안전 계통 개발 연구 (2)

□ 원자력 계통 개발 실험/모델 개발

- 기장 연구로 및 요르단 수출 원전 인허가 실험데이터 생산
- 머신러닝 기법을 활용한 해석 모델 개발



<기장 연구로 및 판형 연료 임계열유속 실험장치>

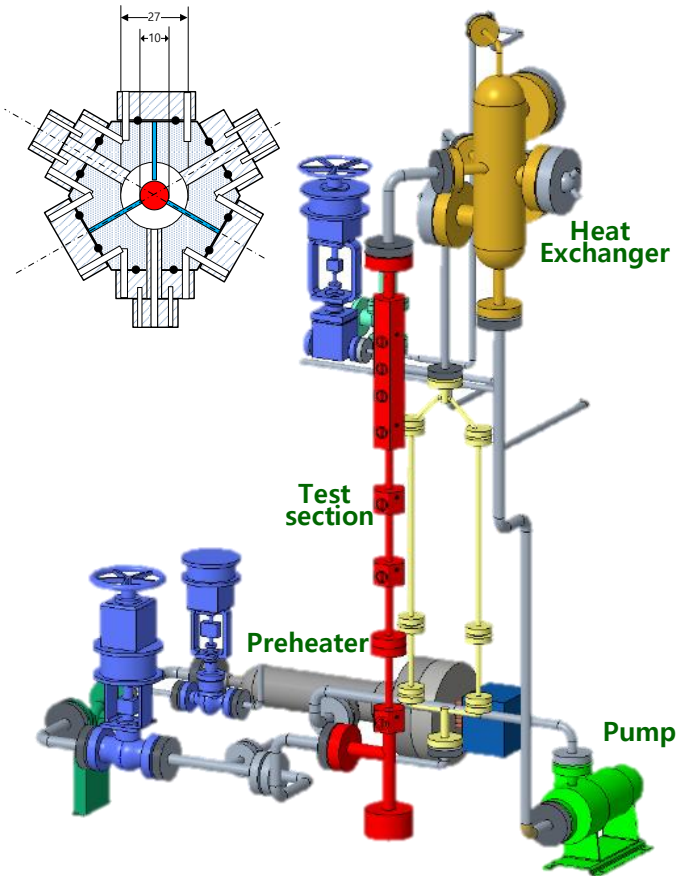
<Local steady CHF model>

<Flow transient CHF>

기초 열수력 실험 및 모델 개발

□ 비등 열전달 실험 및 해석 모델 개발

- 원전 조건에서의 실험 데이터 생산 (약 110 기압, 310 °C)



<고온고압 실험장치 3차원 배치도>



<고온고압 실험 유로>

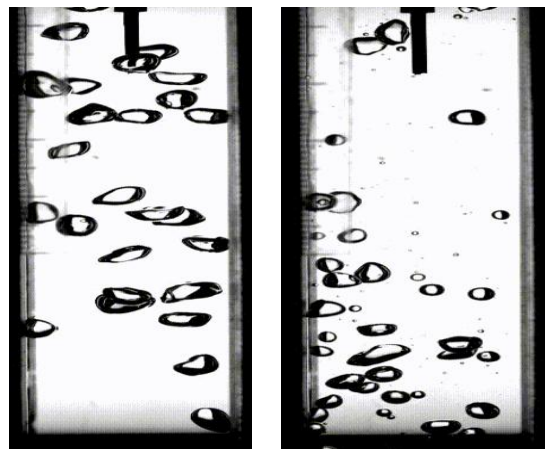
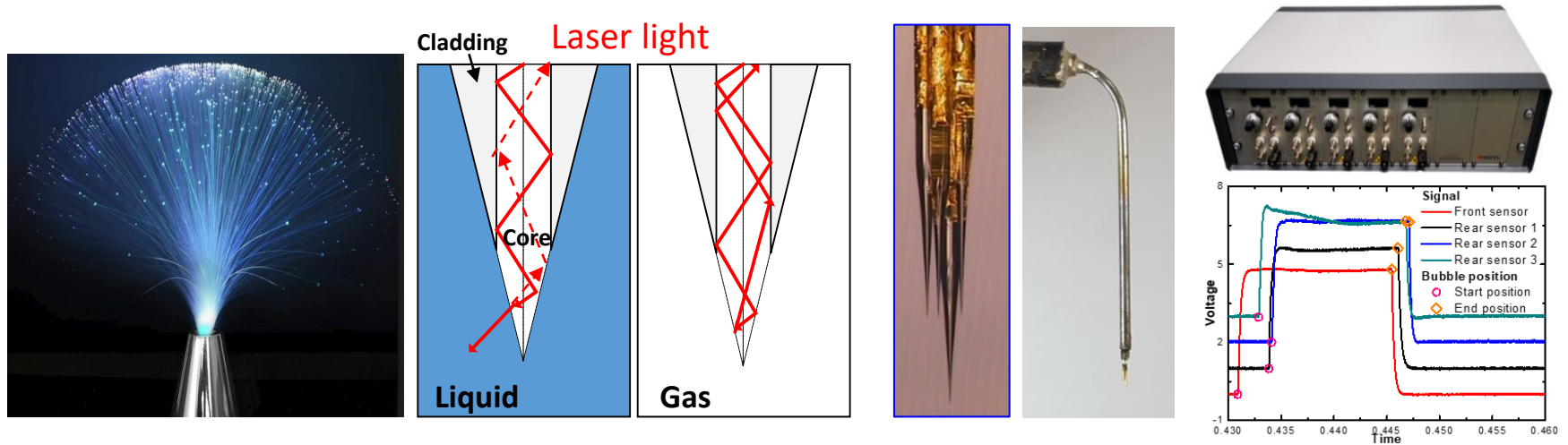


<실험 장치 제어 인터페이스>

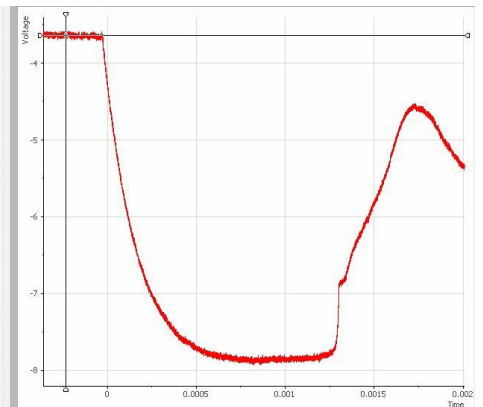
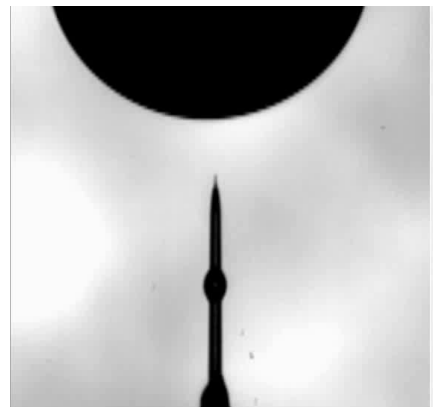
2상 유동 측정기술 개발 (1)

□ 광섬유 센서

- 레이저 반사특성을 이용한 기포 및 액적 변수 측정 (최대 150 기압, 343 °C)



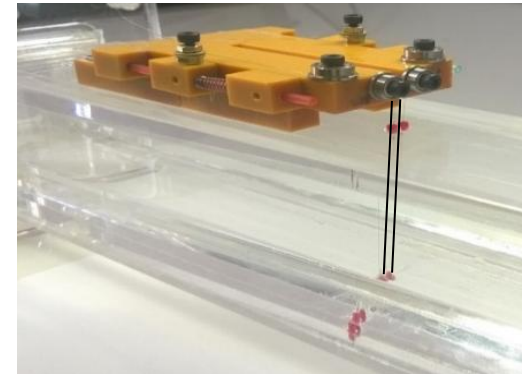
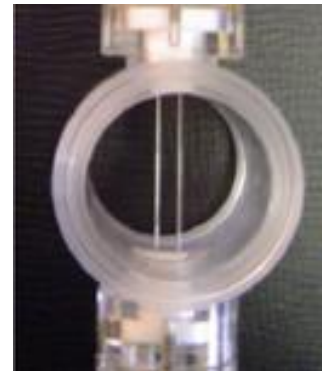
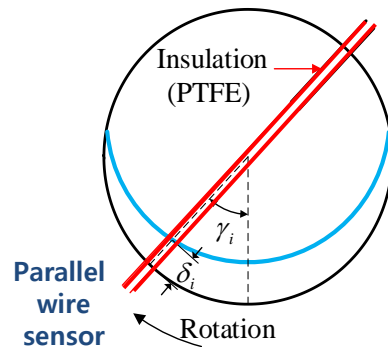
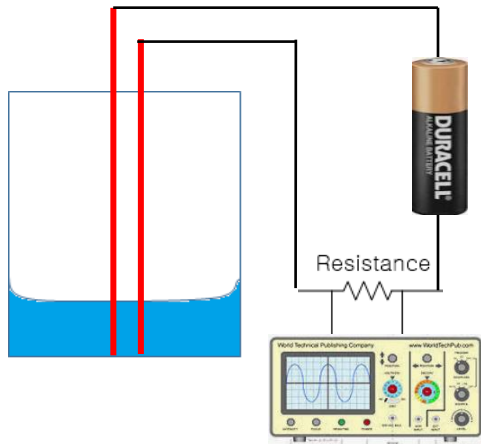
<기포 변수 측정>



<액적 변수 측정>

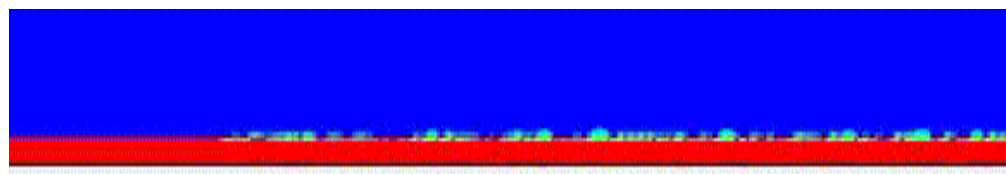
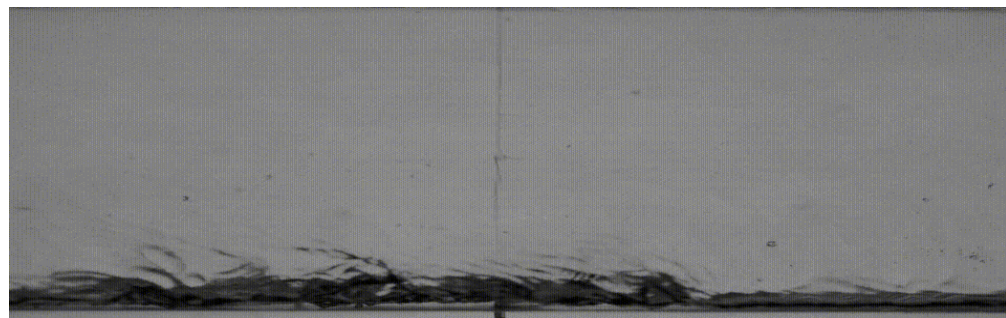
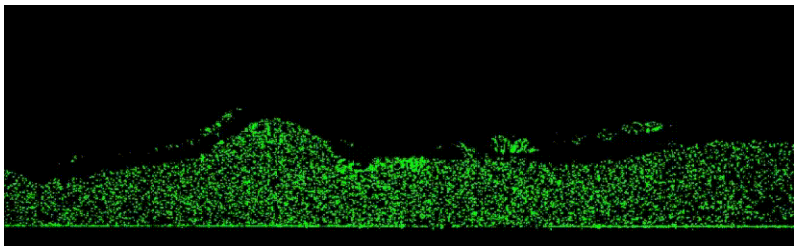
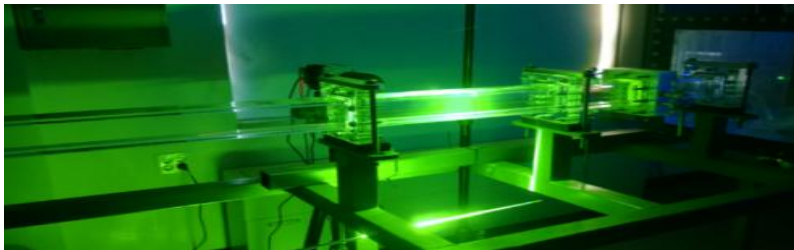
2상 유동 측정기술 개발 (2)

□ 레이저 및 임피던스 센서



<임피던스 센서>

<액막 측정을 위한 와이어 임피던스 센서>

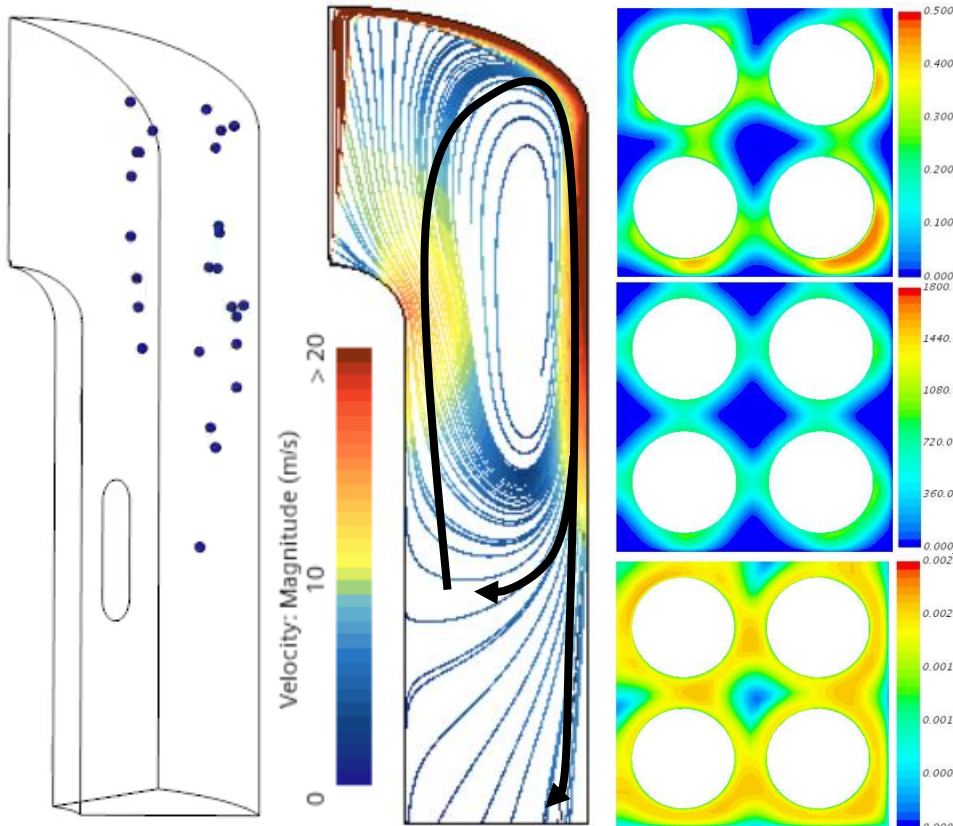


<레이저를 이용한 원형관 내부 2상 유동 측정>

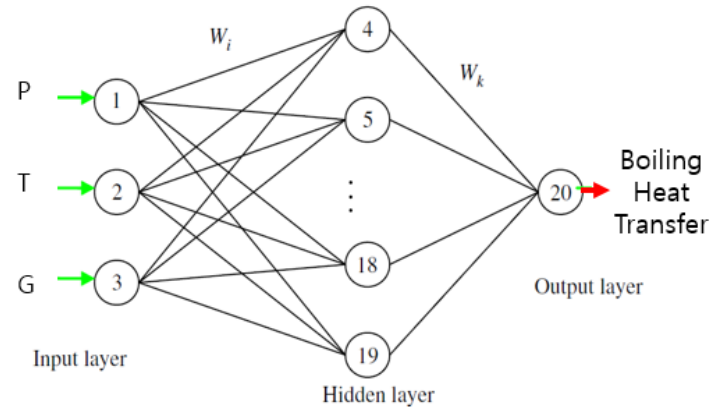
CMFD 원자력 해석 적용 연구

□ 전산 유체역학 (CMFD) 코드 해석

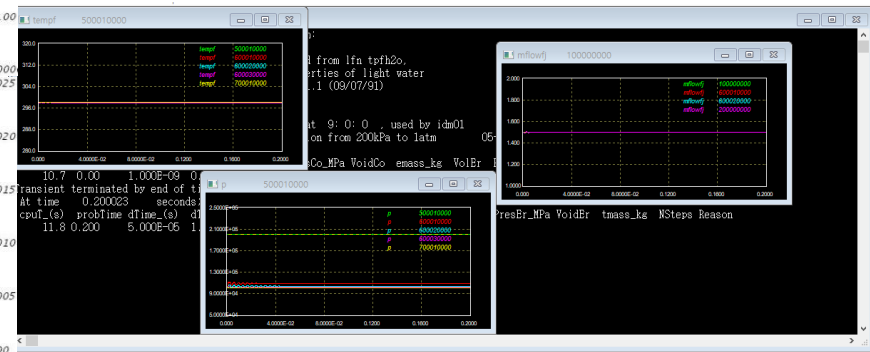
- 기초 열수력 및 2상유동 열전달 모델 개발 (기구학적/회귀 모델, 머신 러닝 기법 등)
- CMFD 코드 원전 해석 적용 기술 개발 및 응용



<CMFD 해석>



<머신러닝 기법을 통한 비등 열전달 영향인자 분석 >



<원자력 시스템 1-D 해석 코드>

Members of NSTHEL

- 박사후 연구원

- 1인

- 박사 과정

- 3인

- 석박사 통합 과정

- 2인

- 학부 연구생

- 2인



- 졸업생 현황 (정부출연연구소 : 7인, 해외 연구소 : 2인, 사기업 : 1인, 공무원 : 1인)

- 석사 1인 원자력안전기술원 선임연구원
- 박사 1인 스위스 ETH 연구원
- 박사 3인 한국원자력연구원 선임연구원
- 박사 1인 한국기계연구원
- 석사 2인 한국수력원자력 중앙연구원
- 박사 1인 베트남원자력연구원
- 박사 1인 부산시청 원자력안전과 주무관
- 석사 1인 미래와도전