

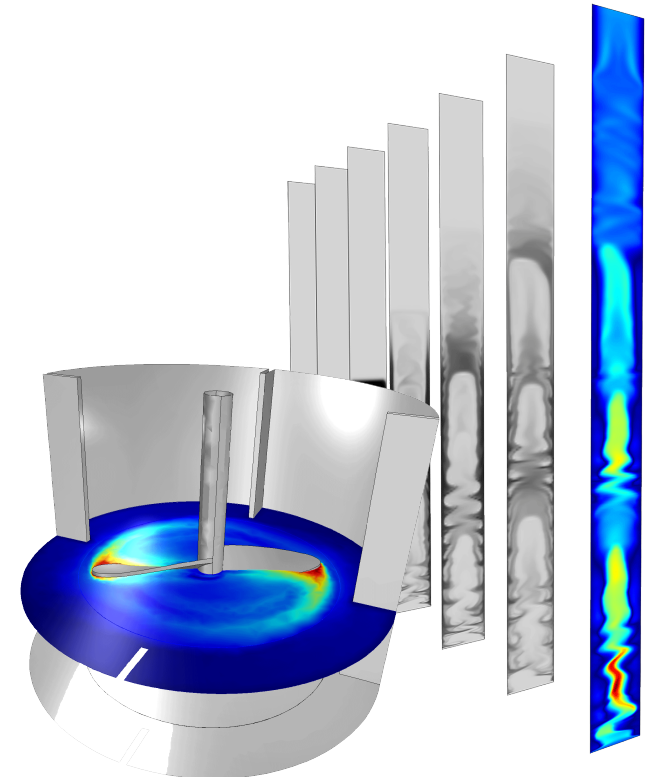


5<sup>th</sup> OKUCC

# 고속 유동 해석을 위한 압력 기반의 해석자 소개

2016. 09. 29

(주)네오플럭스 김태우



# 회사 소개

- **주식회사 네오플럭스 (Neo Flux)**

- 2016.6 설립

- 주요 사업 영역

- 오픈 소스 기반의 전산유체역학 컨설팅
- 공기역학 및 열전달등이 필요한 공학 분야에 대한 컨설팅
- 고속유동체에 대한 해석 수행
- 회전하는 물체에 대한 컨설팅 수행
- 기타 공학적 문제 해결이 필요한 부분에 대한 컨설팅

- 사무소 : 부산광역시 중구 팬오션빌딩

- 홈페이지 : <http://www.neoflux.kr>

# 고속 유동 해석자 소개

- **New solver for high speed flow**

- pisoCentralFoam

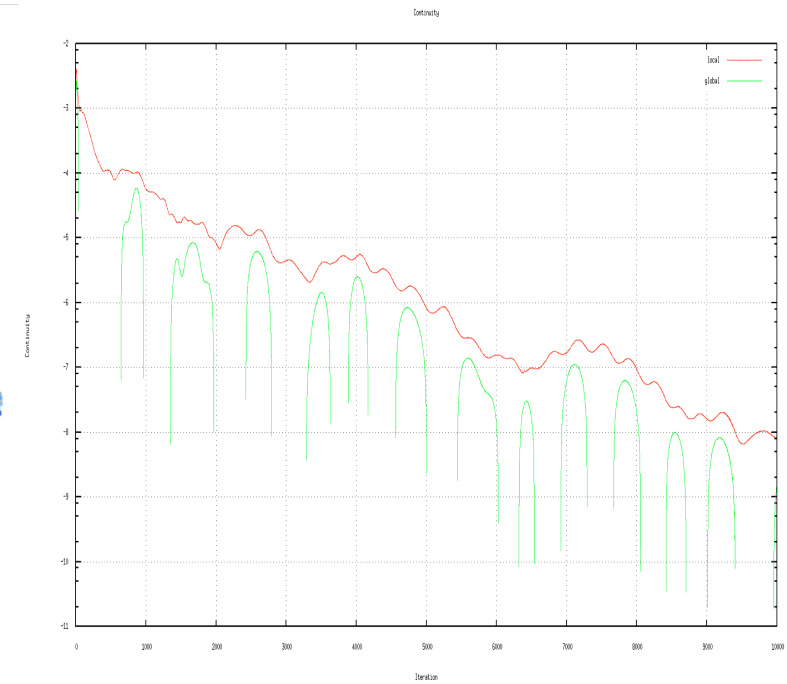
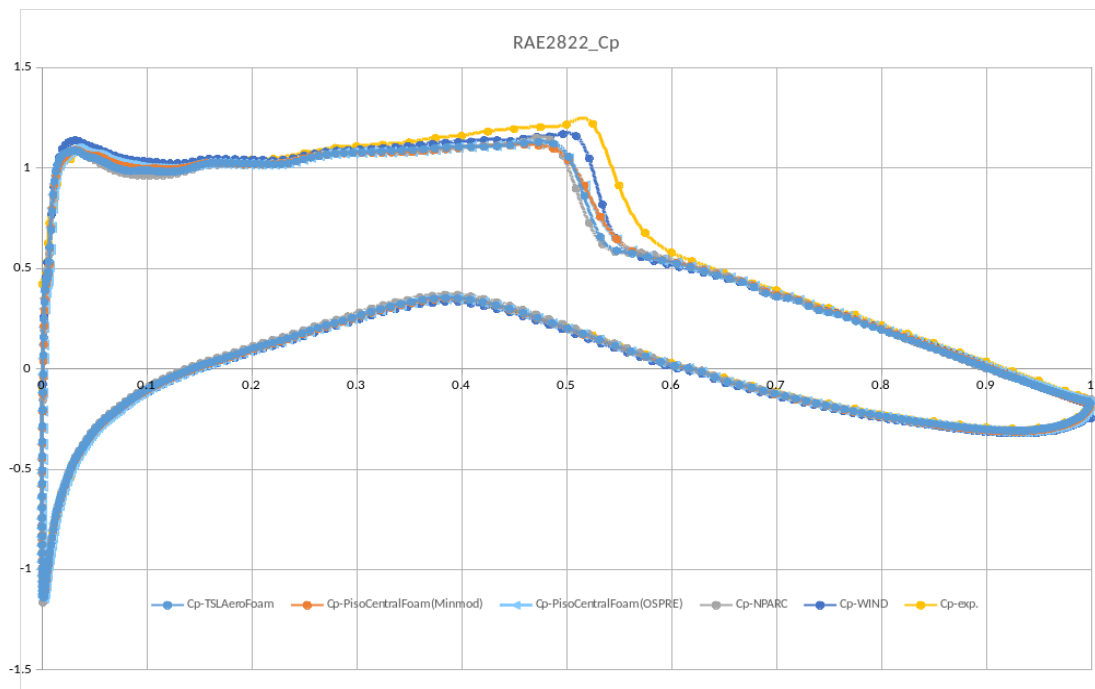
- M.Kraposhin(ISP RAS), S. Strizhak(HP) and A. Bovtrikova(ISP RAS), “*Adaptation of Kurganov-Tadmor's numerical scheme for applying in combination with the PISO method in numerical simulation of flows in a wide range of Mach numbers*”, Procedia Computer Science, Vol. 66, 2015, pp43-52
    - PISO algorithm based compressible solver
    - Tadmor flux splitting scheme implementation
    - Incompressible flow analysis by flux splitting with Low Mach number correction
    - pisoCentralDyMFoam : Dynamic mesh handle available
    - MPI type Parallel method available
    - OpenFOAM 2.3, 2.4, 3.0 and foam-extend 3.1
    - OFW11 – “MHD supersonic flow control simulation in OpenFOAM”

# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • 2차원 천음속 익형 해석

### ■ RAE2822

- $M_\infty = 0.725$ ,  $Aoa = 2.92$
- Nasa의 실험 및 WIND 코드, NextFoam의 TSLAeroFoam의 결과와 비교

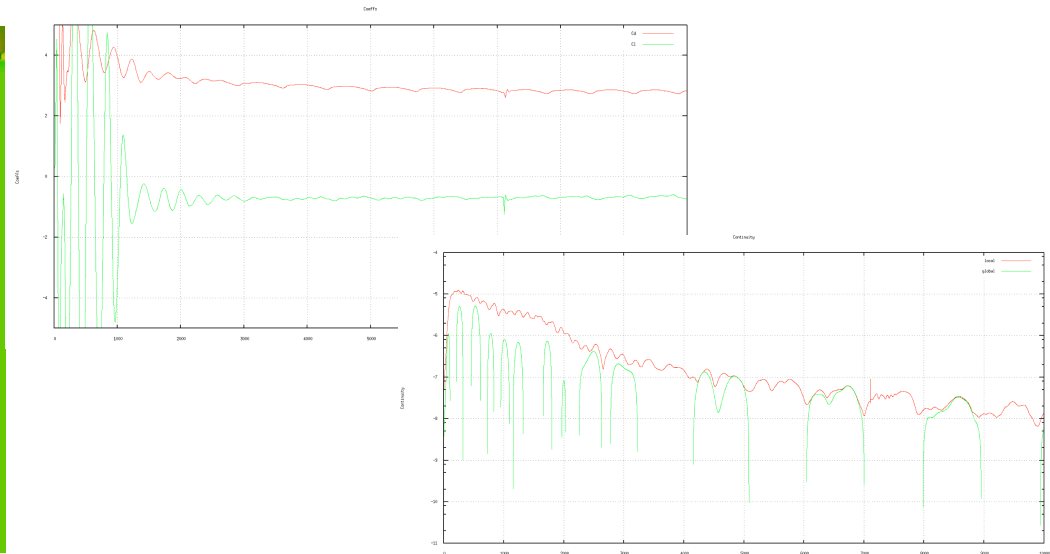
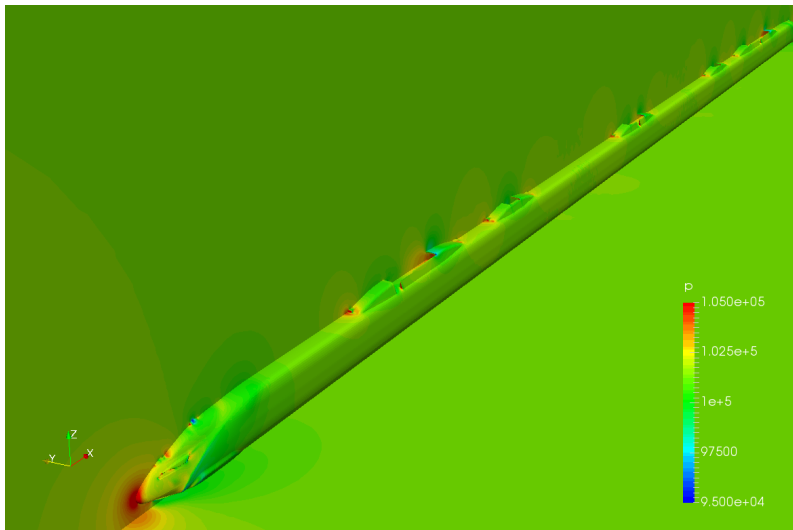


# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • 3차원 고속 열차 해석

### ■ 고속 열차 해석

- 속도 400 km/h ( $0.3 \leq M_\infty \leq 0.4$ )
- 아음속 영역에서 압축성 유동 특성을 가지는 유동 해석
- 오픈 형식의 펜터그래프 타입으로 국소적 유동 변화가 큼
- 유동 출입구는 열차길이의 2.5배

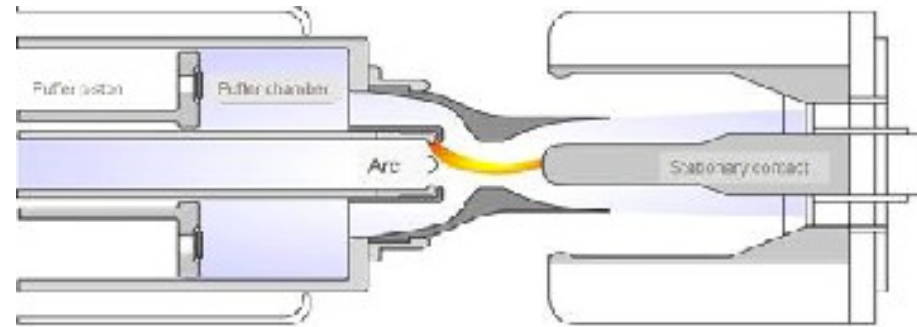


# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • Circuit breaker 냉가스 해석

### ■ Circuit break

- 대전류 차단기 내부의 유동 해석
- Puffer부 및 전극 부의 이동 묘사 필요
- 전극 부에서 arc 및 노즐부의 고속 유동 현상 발생
- CO<sub>2</sub> 및 SF<sub>6</sub>를 내부의 절연 가스로 사용



### ■ 해석을 위해 추가된 기능

- Dynamic mesh
  - 격자 이동에 따라 경계부분에서 격자 생성 및 삭제 기능 추가(NextFoam 소개)
  - 시간에 따른 격자 이동 묘사
- Tabulated Thermophysics Property 기능 추가(SF<sub>6</sub>)

# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • Circuit breaker 냉가스 해석

### ■ CO<sub>2</sub> gas analysis

- rhoPimpleDyMFoam(previous) vs. pisoCentralDyMFoam(present)
- CO<sub>2</sub> gas properties

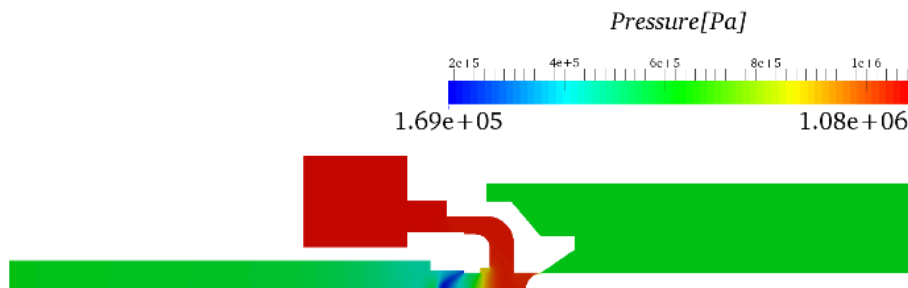
구분	CO <sub>2</sub>
분자량 [g/mol]	44.01
비열 [KJ/K-kg]	856
점성 [Pa s]	$1.37 \times 10^{-5}$
Pr 수	0.8

# 고속 유동 해석자 사용 예시

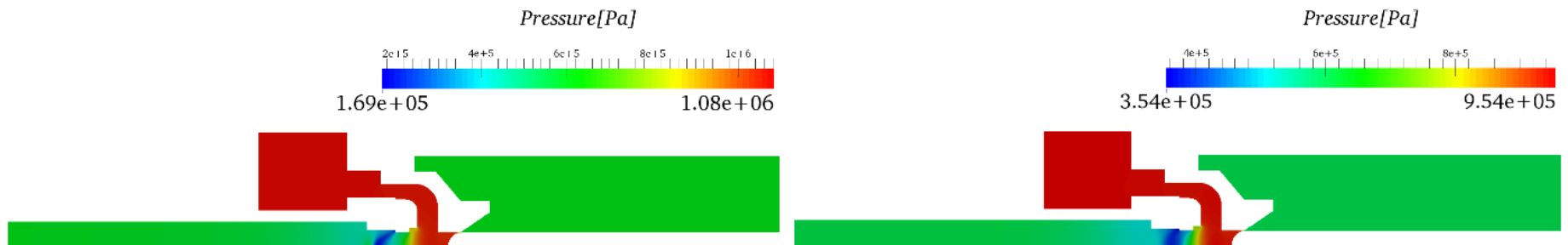
## • Circuit breaker 냉가스 해석

- CO<sub>2</sub> gas analysis(0.13s)

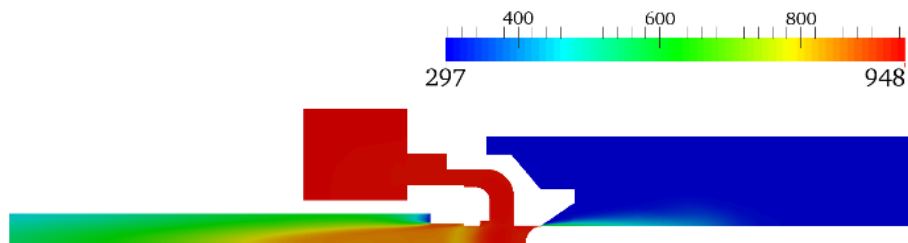
<Previous>



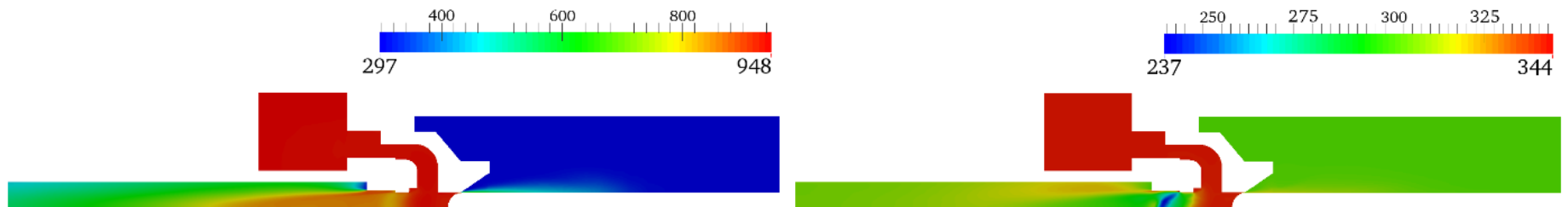
<Present>



Temperature[K]



Temperature[K]



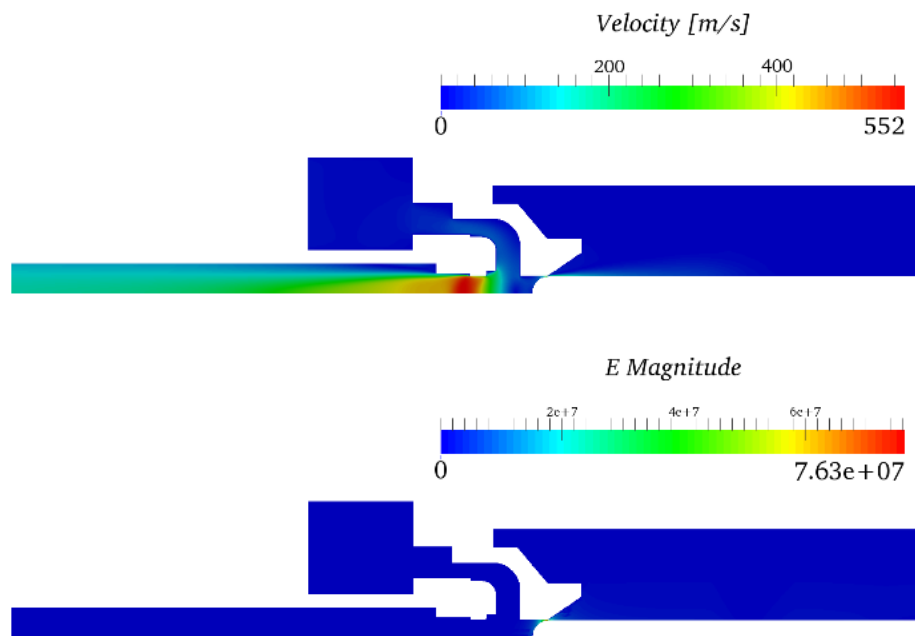


# 고속 유동 해석자 사용 예시

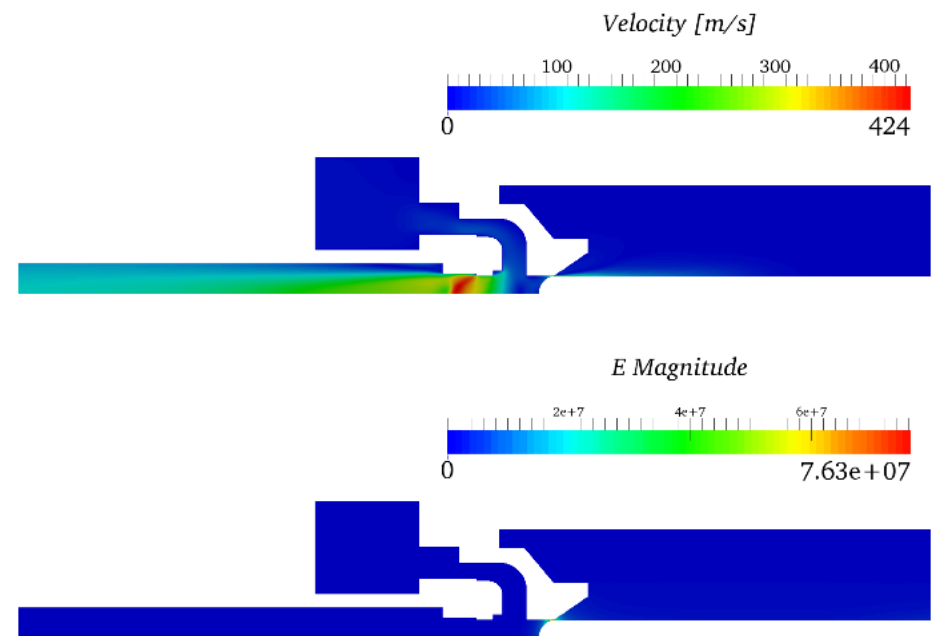
- **Circuit breaker 냉가스 해석**

- CO<sub>2</sub> gas analysis(0.13s)

<Previous>



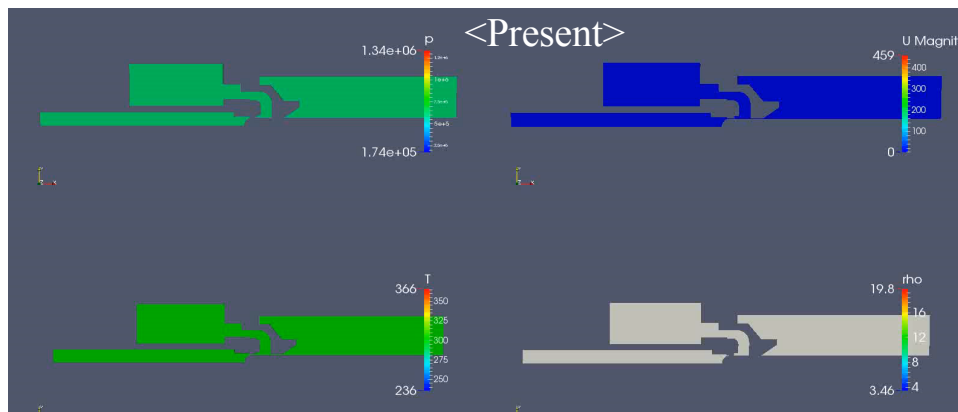
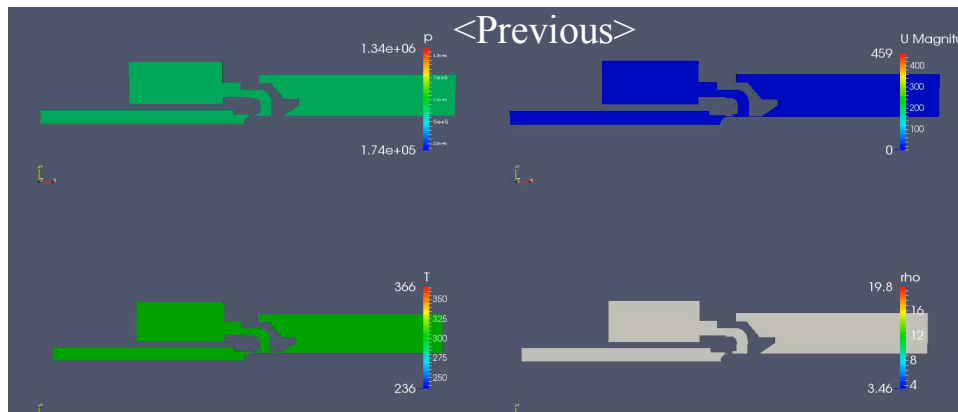
<Present>



# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • Circuit breaker 냉가스 해석

### ■ CO<sub>2</sub> gas analysis



Comparison Results(Max value at 0.013s)

구분	Previous	Present	-
압력 [MPa]	1.08	0.954	
온도 [K]	948	344	
속도 [m/s]	552	424	

# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • Circuit breaker 냉가스 해석

### ■ SF<sub>6</sub> gas analysis

- Equation of State(EOS) vs. Tabulated themophysics(Table)
- SF<sub>6</sub> gas properties

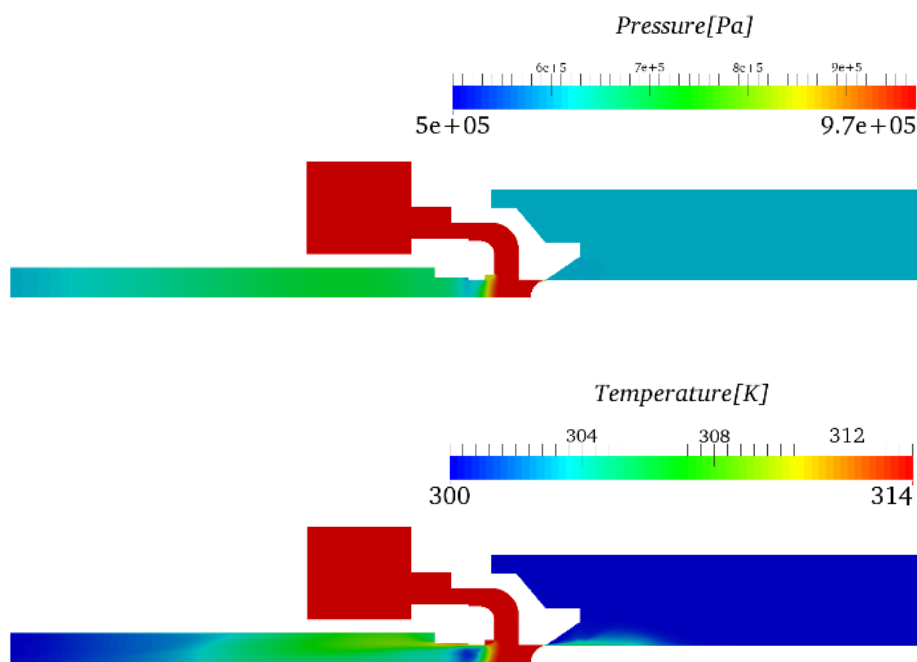
구분	SF6
분자량 [g/mol]	141.07
비열 [KJ/K-kg]	634
점성 [Pa s]	$2.7572 \times 10^{-4}$
Pr 수	16.5

# 고속 유동 해석자 사용 예시

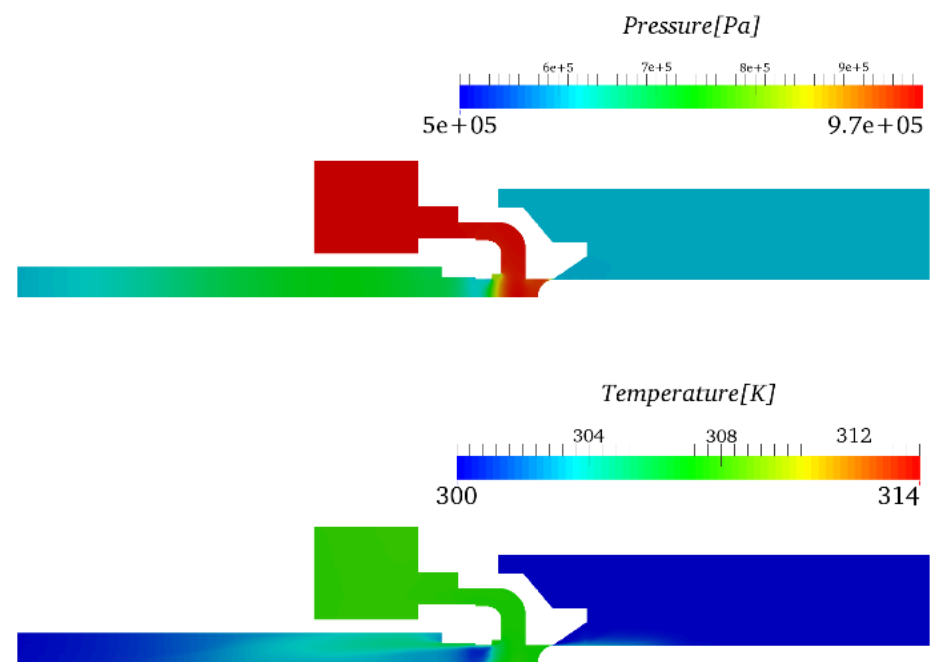
## • Circuit breaker 냉가스 해석

- SF<sub>6</sub> gas analysis(0.13s)

<EOS>



<Table>

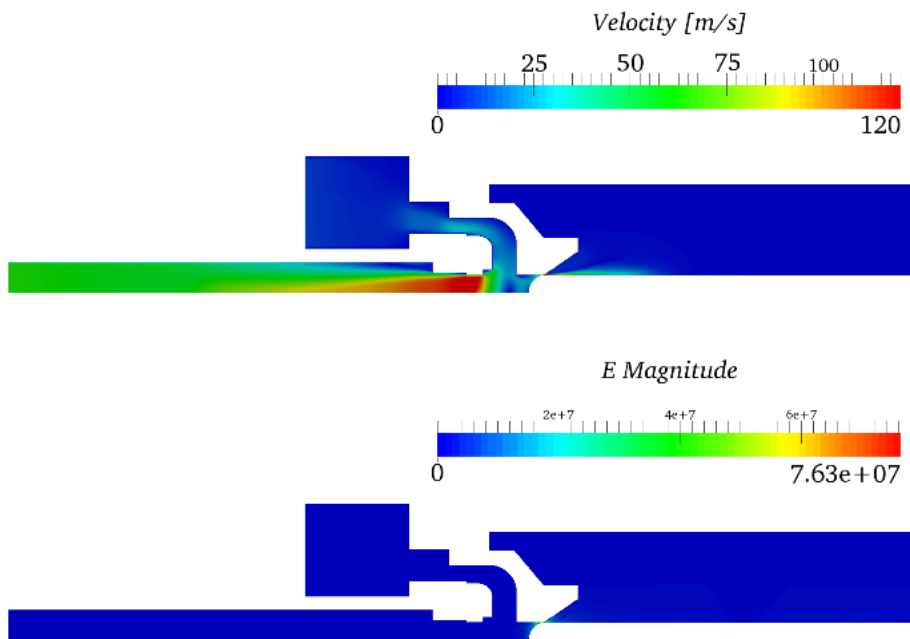


# 고속 유동 해석자 사용 예시

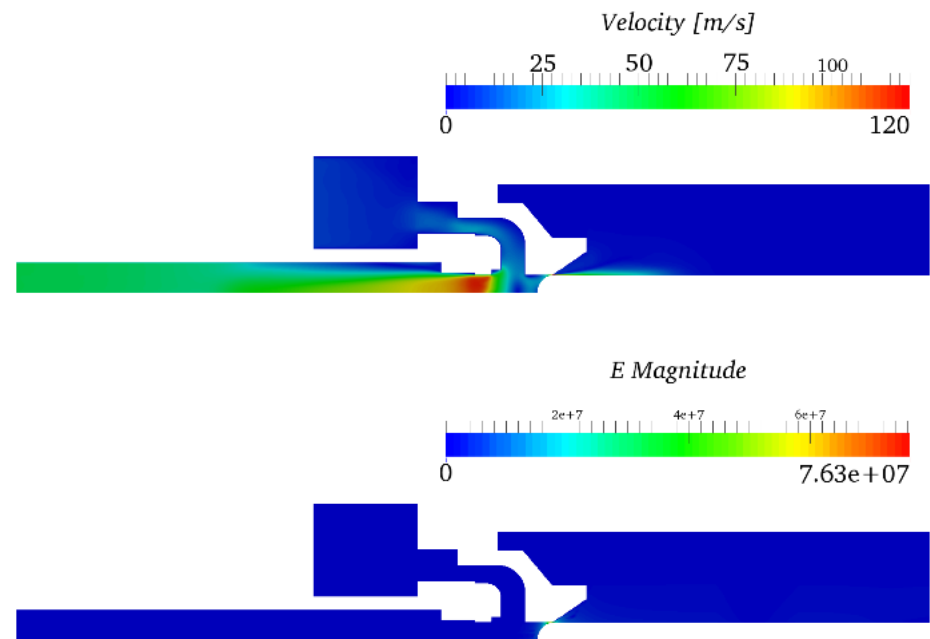
- Circuit breaker 냉가스 해석

- SF<sub>6</sub> gas analysis(0.13s)

<EOS>



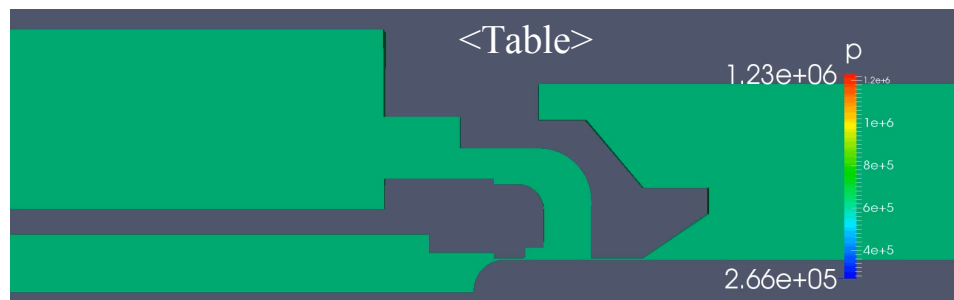
<Table>



# 고속 유동 해석자 사용 예시

## • Circuit breaker 냉가스 해석

- SF<sub>6</sub> gas analysis



Comparison Results(Max value at 0.013s)

구분	Fluent	EOS	Table
압력 [MPa]	0.9	1.08	0.998
온도 [K]	314	317	308
속도 [m/s]	120	133	120

구분	EOS(err, %)	Table(err, %)
압력 [MPa]	20	10.8
온도 [K]	0.9	-1.9
속도 [m/s]	10.8	0

# 고속 유동 해석자 소개

## • 결론

### ■ pisoCentralFoam

- 압력 기반 알고리즘 바탕의 고속 유동 해석자
- 충격파가 생기는 해석 케이스에도 적절한 결과 도출
- 저속 및 고속 유동이 혼재하는 케이스의 경우, 효율적인 유동 해석 가능
- 현재 공개된 코드는 비정상 상태 해석자이며, 정상 상태 해석을 위해서는 코드 내부에서 수정이 필요
- 대전류 차단기 해석
  - 기존의 rhoPimpleFoam 등의 해석자보다 더 적절한 유동 해석을 수행
  - 상태 방정식에서 부정확한 결과가 나오는 경우, Table기반의 열역학 계수를 선택하여 온도 및 압력 해석에 적용이 가능
  - 기 개발된 Dynamics mesh 라이브러리를 적용하여 해석 수행 가능



**감사합니다**