



# Baram-v5 튜토리얼

(주)넥스트폼

[www.nextfoam.co.kr](http://www.nextfoam.co.kr)

Open Source CFD Consulting

NEXTfoam 기술연구소

153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32 A동 1106호(갑을그레이트밸리)



October 2018

문의:

NEXTfoam Co.,Ltd.  
153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32  
갑을그레이트밸리 A동 1106호  
(070) 8796-3011

# 차 례

<b>1 Mixing pipe</b>	<b>2</b>
1.1 프로그램의 구동 및 기본조건의 설정	2
1.2 격자 생성 - cfMesh	3
1.3 계산조건	6
1.4 초기조건 및 경계조건	6
1.5 Numerical Conditions	8
1.6 모니터링 설정	8
1.7 계산	9
1.8 경계면 스칼라 분포	10
1.9 축단면 벡터 분포	10
1.10 Paraview	12
<b>2 Mixer</b>	<b>13</b>
2.1 격자 변환	14
2.2 계산조건	14
2.3 경계조건 및 회전조건	15
2.4 Numerical Conditions	16
2.5 계산	18
2.6 경계면 스칼라 분포	18
2.7 경계면 스칼라 분포	18
2.8 축단면 벡터 분포	19
<b>3 2D Cylinder</b>	<b>21</b>
3.1 격자 변환	21
3.2 계산조건	21
3.3 초기조건 및 경계조건	22
3.4 Numerical Conditions	23
3.5 모니터링 설정	24
3.6 계산	25
3.7 경계면 스칼라 분포	26
<b>4 Radiation room</b>	<b>27</b>
4.1 격자 불러오기	28
4.2 계산조건	29
4.3 초기조건 및 경계조건	30
4.4 Numerical Conditions	31
4.5 계산	31
4.6 경계면 스칼라 분포	31
4.7 축단면 스칼라 분포	33

## 1 Mixing pipe

본 예제는 정상상태 비압축성 유동해석 예제이다. 2개의 입구와 하나의 출구로 이루어진 파이프 내에서 유동의 혼합을 예측하는 문제이다. 그림 1.1에 형상과 격자를 나타내었다. 격자는 cfMesh를 이용해서 생성한다.

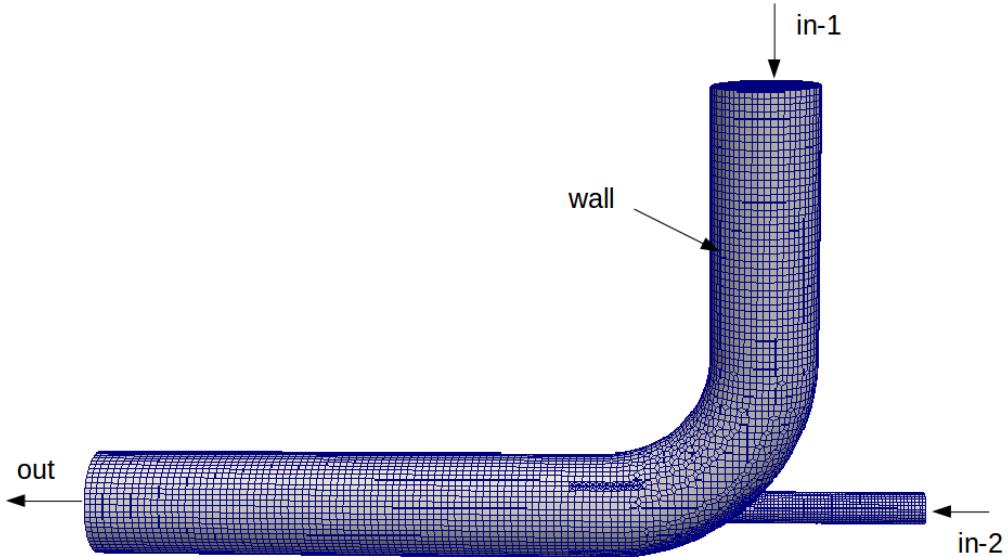


그림 1.1: 형상 및 격자

계산 조건은 다음과 같다.

- solver : simpleNFoam (넥스트폼이 개발한 정상상태 비압축성 유동 해석자)
- 난류모델 : kEpsilon (넥스트폼이 수정한 kEpsilon 난류 모델)
- 밀도 :  $1.225 \text{ kg/m}^3$
- 점도 :  $1e - 05 \text{ kg/ms}$
- 유동조건 : in-1의 속도는 5m/s, in-2의 속도는 10m/s

### 1.1 프로그램의 구동 및 기본조건의 설정

Baram-v5 프로그램을 실행하면 그림 2.2와 같은 창이 나타난다.

'File' 메뉴의 'Save As'를 실행하여 임의의 이름을 설정한다.

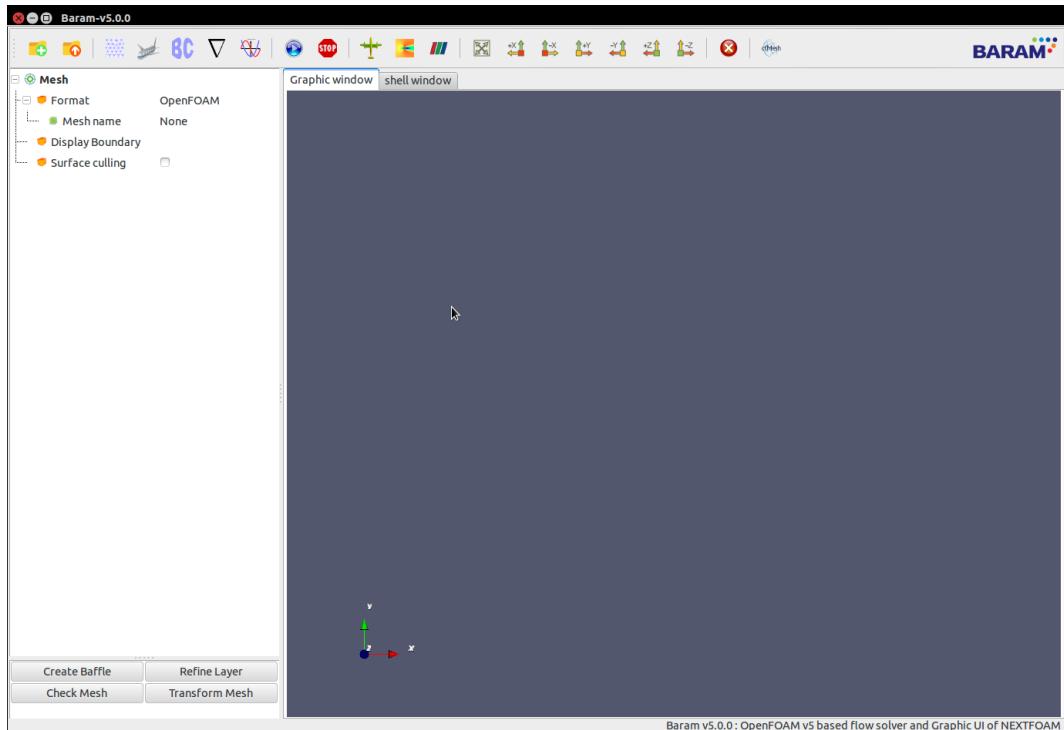


그림 1.2: 초기화면

## 1.2 격자 생성 - cfMesh

격자 생성을 위해 툴바의 가장 오른쪽에 있는 cfMesh 아이콘을 클릭하면 cfMesh 세부설정 상자가 열린다. 'Select STL Files' 버튼을 클릭하면 파일 선택 창이 열리는데 tutorials/msh.stl 폴더에서 mixingpipe.stl 파일을 선택한다.

파일을 선택하면 그림 1.3와 같이 그래픽 창에 선택한 stl 파일의 형상이 나타나고 'Patch Refinement-size level' 영역에 stl 파일의 solid 영역들이 표시된다. mixingpipe.stl 파일은 wall, out, in-2, in-1 4개의 solid 영역으로 이루어져 있다.

'Display patch' 버튼을 누르면 각 solid 영역을 선택하여 디스플레이 할 수 있는 창이 열린다. 원하는 영역을 선택하면 서로 다른 색깔로 표시된다.

외부유동을 해석하는 경우 stl 파일이 물체만 있다면 원방경계의 형상을 만들어 주어야 한다. 이 때는 'External Flow' 체크 버튼을 활성화하고 'Create Farfield' 버튼을 누르면 최소/최대 두 좌표를 이용하여 육면체 원방경계면을 만들 수 있다.

'maxCellSize'를 0.04로 설정한다. 여기서 사용되는 단위는 m이며 최대 격자 크기를 뜻한다. 이 값을 기준으로 size level이 1 씩 올라갈 때마다 격자 길이가 절반씩 줄어든다.

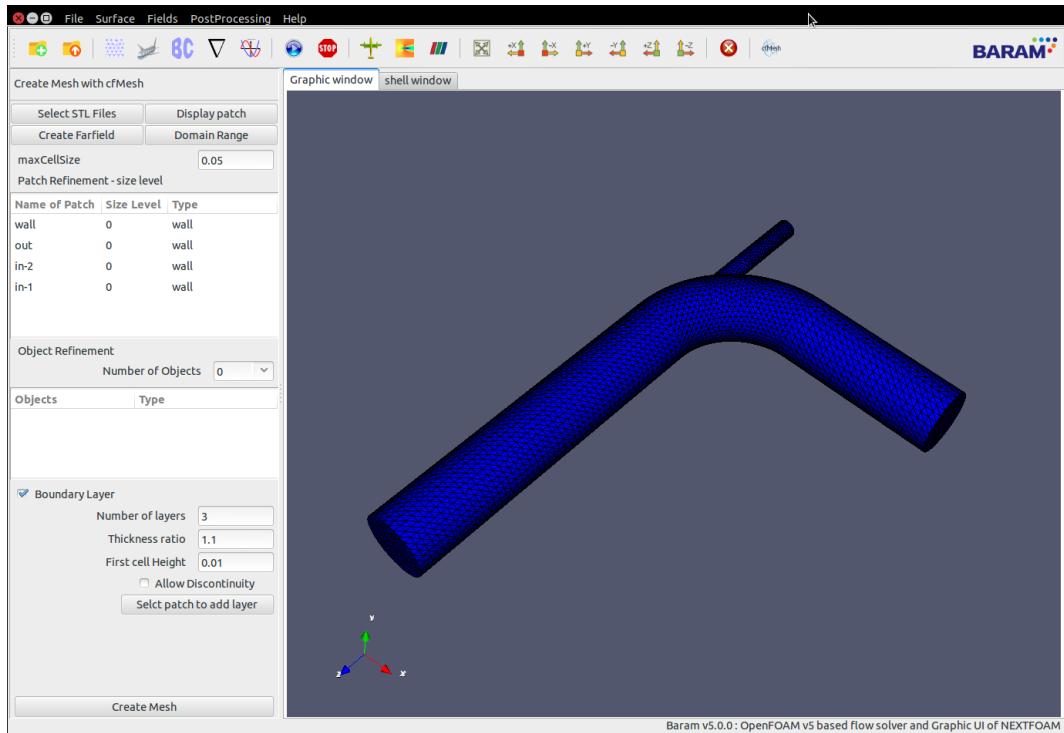


그림 1.3: cfMesh

### Patch Refinement-size level

첫 번째 칸에 표시된 각 영역의 이름은 경계면의 이름으로 사용된다. 경계면의 이름을 다르게 주고 싶다면 이름을 변경하면 된다.

두 번째 칸에는 size level을 입력한다. 여기서는 모두 maxCellSize에서 지정한 0.04를 그대로 사용하기 위해 0을 입력한다.

세 번째 칸에는 경계면의 형식을 입력한다. wall, patch, symmetry 중 하나를 선택할 수 있다. 'in-2', 'in-1', 'out'은 patch로 선택하고 'wall'은 wall을 선택한다.

### Object Refinement

box, sphere, line 등을 이용해서 특정 영역의 격자크기를 조절할 수 있다. 이 문제에서는 'in-2' 주변 영역에 좀 더 작은 격자를 생성하기 위해 line object를 이용한다.

'Number of Objects'를 1로 선택하면 아래에 object-1이 나타난다. 두 번째 칸에서 line을 선택하고 Set 버튼을 누르면 그림 1.4와 같은 설정창이 나타난다. 최소/최대 두 점으로 만들어진 직선에서부터의 거리가 refinementThickness에서 설정한 값 이하인 영역들이 만들어진다.

최소 좌표는 (0 0 -2), 최대 좌표는 (0 0 0), refinementThickness는 0.15를 입력한다.

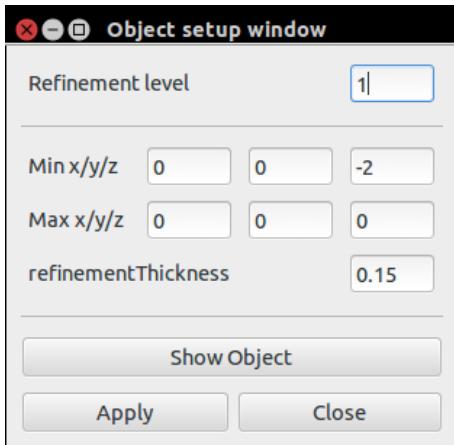


그림 1.4: object 설정창

### 경계층 격자

'Boundary Layer' 체크 버튼을 활성화하면 경계층 격자를 생성할 수 있다. 경계층 격자 관련 4가지 항목은 다음과 같이 설정한다.

- Number of layers : 3
- Thickness ratio : 1.1
- First cell Height : 0.01
- Allow Discontinuity : off

경계층 격자는 경계면들 중 wall에만 생성하고 나머지 면들은 생성할 필요가 없다. 'Select patch to add layer' 버튼을 누르면 나타나는 창에서 경계층 격자를 생성할 면을 선택할 수 있다.

### 격자 생성

모든 설정을 완료하고 'Create Mesh' 버튼을 누르면 cfMesh가 실행되고 격자가 생성된다. 화면의 오른쪽에 shell window가 활성화 되고 격자 생성 과정을 확인할 수 있다.

생성된 격자는 'Mesh Manipulation' 아이콘을 클릭하여 그래픽 창에서 확인할 수 있다.

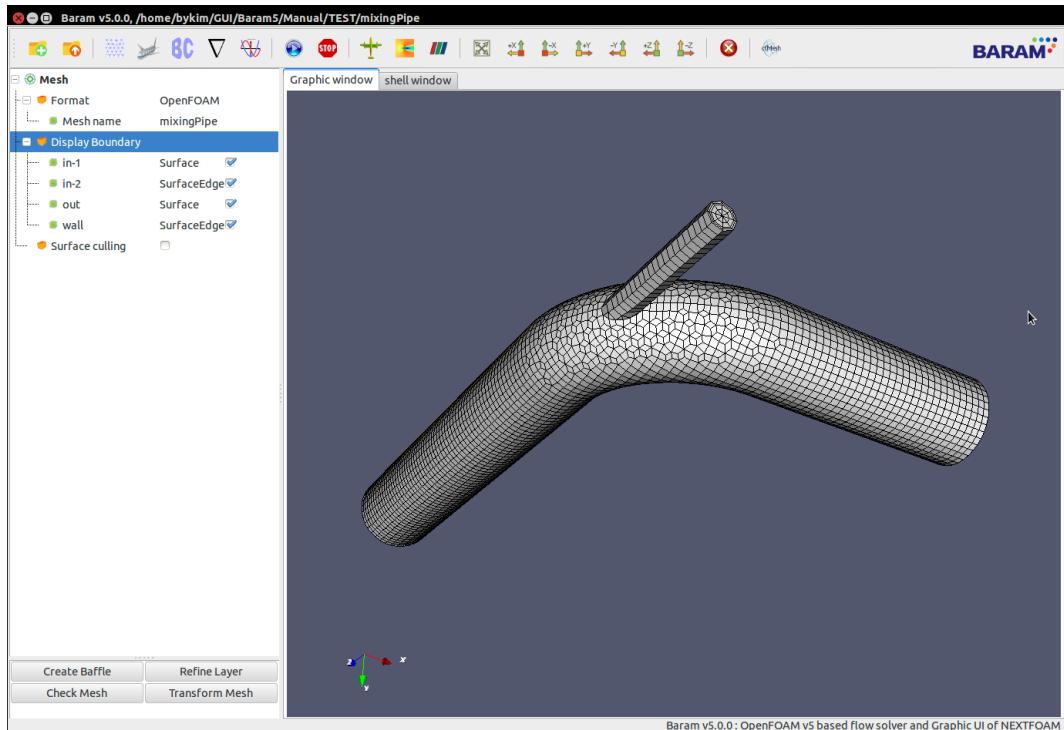


그림 1.5: 격자확인

### 1.3 계산조건

'Simulation Conditions' 아아콘을 클릭하면 계산조건 세부설정상자가 열린다.

모든 조건을 디폴트 조건 그대로 사용한다.

### 1.4 초기조건 및 경계조건

'Boundary Conditions' 아아콘을 클릭하면 경계조건 세부설정상자가 열린다.

Initial Conditions, Boundary Conditions, Cell Zone 등 3개의 항목이 있다. 이 격자에는 cell zone이 없기 때문에 Cell Zone에는 아무것도 나타나지 않는다.

Initial Conditions는 초기조건으로 x, y, z 각 방향의 속도, 압력을 입력할 수 있다. 난류모델을 사용하는 경우 velocityScale, turbulentIntensity, viscosityRatio 값을 입력하면 k와 epsilon 혹은 omega 값이 계산되어 초기조건으로 사용된다. 다음과 같이 설정한다.

- X-velocity : 0
- Y-velocity : 0
- Z-velocity : 0
- Pressure : 0

- velocityScale : 5
- turbulentIntensity : 0.001
- viscosityRatio : 10

Boundary Conditions에는 각 경계면의 이름과 형식이 표시되어 있다. 각 경계면을 선택하면 그 랙에 창에 빨간색으로 표시되고 아래쪽에 형식에 따라 값을 입력할 수 있는 상자가 나타난다.

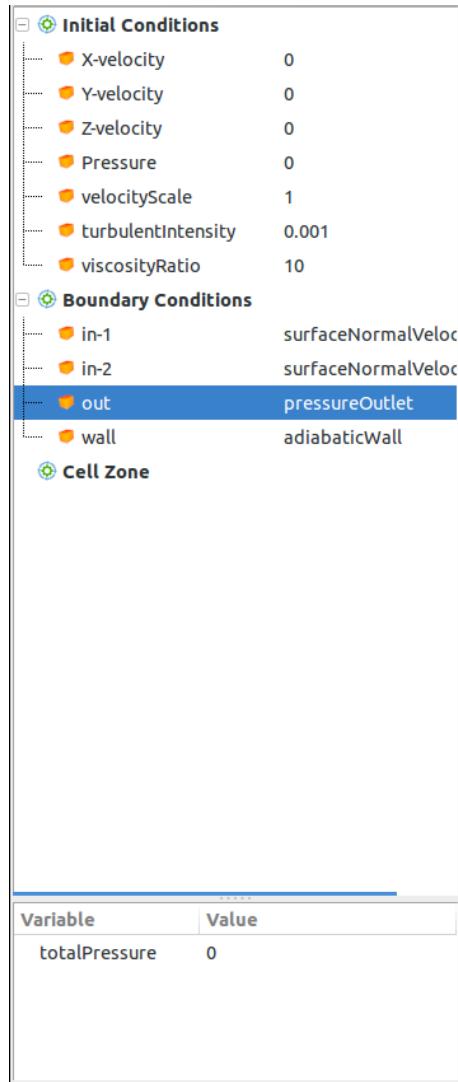


그림 1.6: 경계조건 세부 설정 상자

각 경계면의 형식 및 값은 다음과 같이 설정한다

- in-1
  - type : surfaceNormalVelocityInlet
  - Umag : 5
  - turbulentIntensity : 0.001

- in-2

```
type : surfaceNormalVelocityInlet  
Umag : 10  
turbulentIntensity : 0.001
```

- out

```
type : pressureOutlet  
totalPressure : 0
```

- wall

```
type : adabaticWall
```

## 1.5 Numerical Conditions

Discretize, Relaxation factors, Convergence criteria 등 3개의 항목이 있다.

Convergence criteria의 pressure 값을 1e-6으로 설정하고 나머지는 모두 디폴트 값을 사용한다.

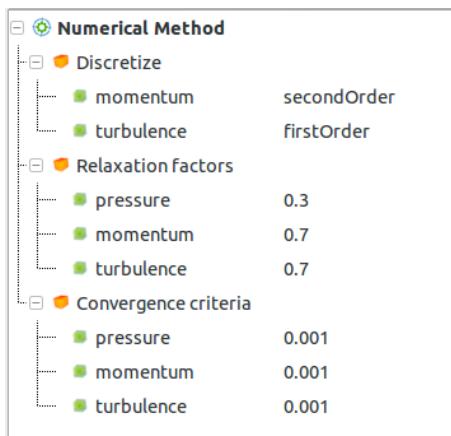


그림 1.7: fvsolution 설정

## 1.6 모니터링 설정

'Monitoring/Post' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

(0 0 1) 지점에서 압력의 변화를 모니터링 한다. 아래쪽의 'Add point' 버튼을 누르면 Point-0이 생성되고 field, interval, coord를 설정할 수 있다. coord에 0,0,1을 입력한다.

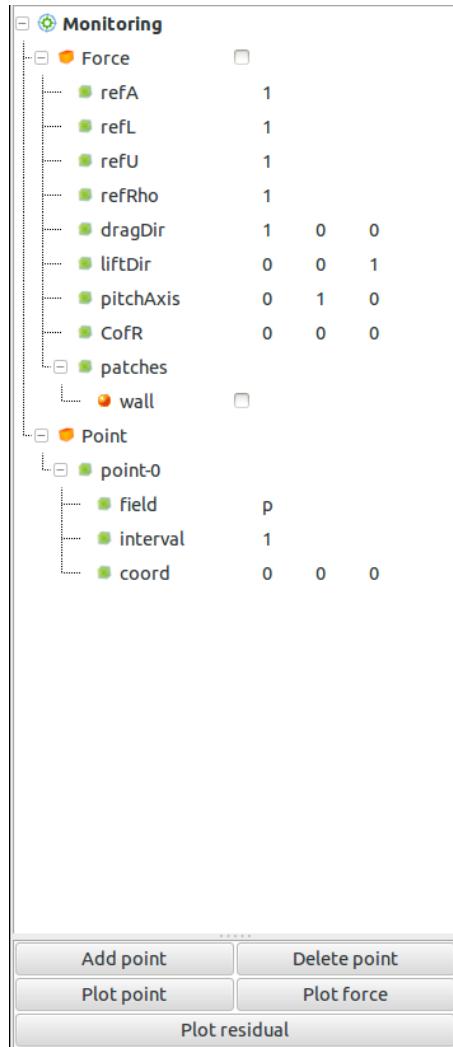


그림 1.8: 모니터링/후처리 설정창

## 1.7 계산

'Run conditions' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열리고 아래쪽에 'Initialize', 'Start Run' 버튼이 나타난다.

디폴트 값을 그대로 사용하고 'Start Run' 버튼을 누르면 계산이 시작된다. 'plotResidual'이 yes로 설정되어 있기 때문에 계산이 시작되면 Residual 그래프가 나타난다.

'Monitoring' 설정으로 가서 'Plot point' 버튼을 누르면 point-0의 값이 그래프로 출력된다. 1000번 반복계산을 수행하는 조건이지만 fvSolution에서 residualControl을 1e-6으로 주었기 때문에 이 조건을 만족하면 계산이 종료되고 데이터가 저장된다.

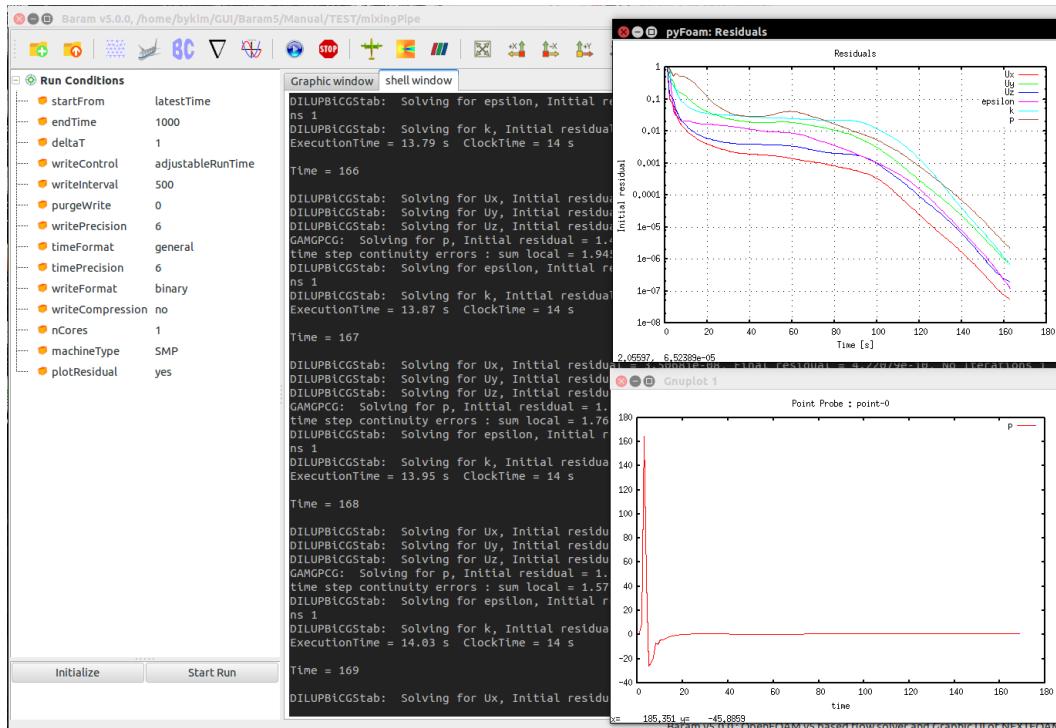


그림 1.9: 계산중인 화면

## 1.8 경계면 스칼라 분포

'Patch Display' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

'Scalar'는 p를 선택하고 'Patches to display'에서 wall을 선택한다. 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 1.10와 같이 wall에서 압력분포가 그려진다.

## 1.9 축단면 벡터 분포

'Cutting Plane' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

아래쪽의 'Add plane' 버튼을 누르면 'Planes'에 plane-x가 생성된다. 4개의 면을 다음과 같이 생성한다.

- plane-0 : y axis, value 0
- plane-1 : z axis, value 0
- plane-2 : z axis, value 1
- plane-3 : z axis, value 2

'Scalar'는 Umag를 선택하고 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 1.11와 같이 속도분포가 그려진다.

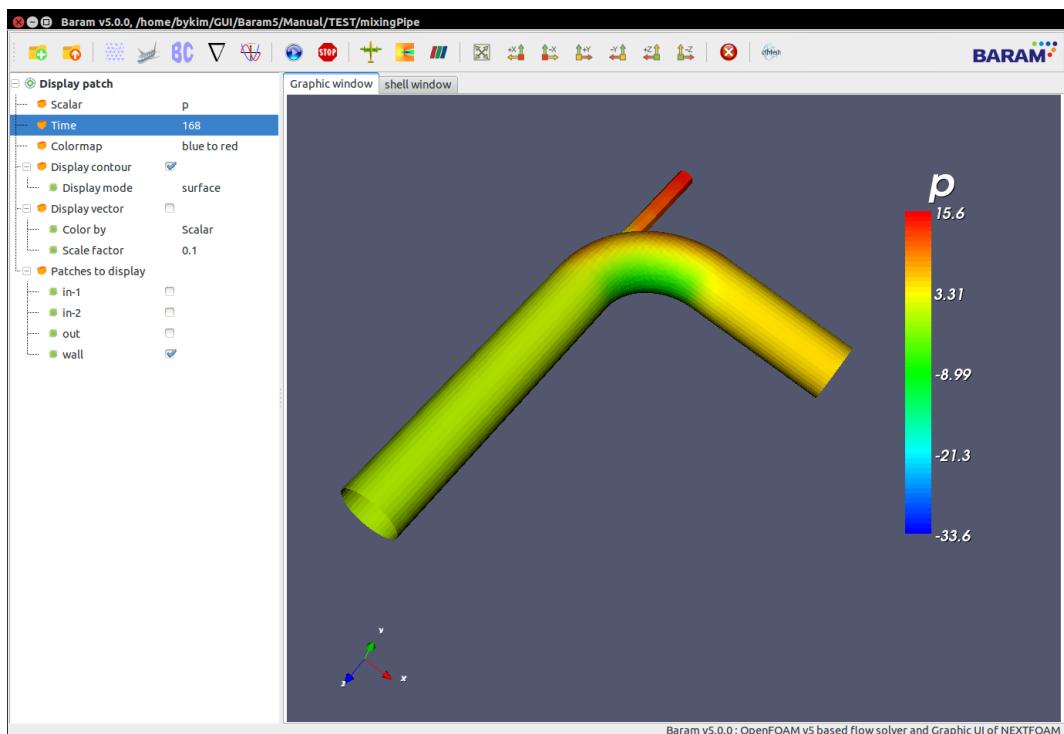


그림 1.10: 경계면 스칼라 분포

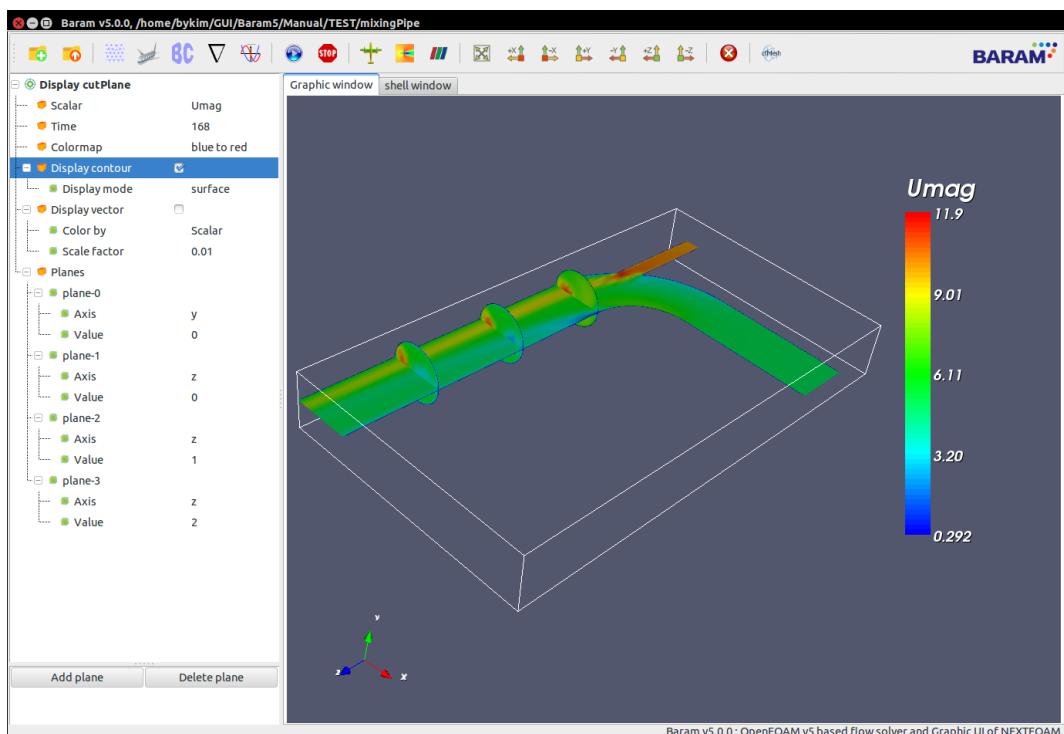


그림 1.11: 축단면 스칼라 분포

## 1.10 Paraview

'ParaFoam' 아아콘을 클릭하면 Parview가 구동되고 현재 데이터를 불러온다.

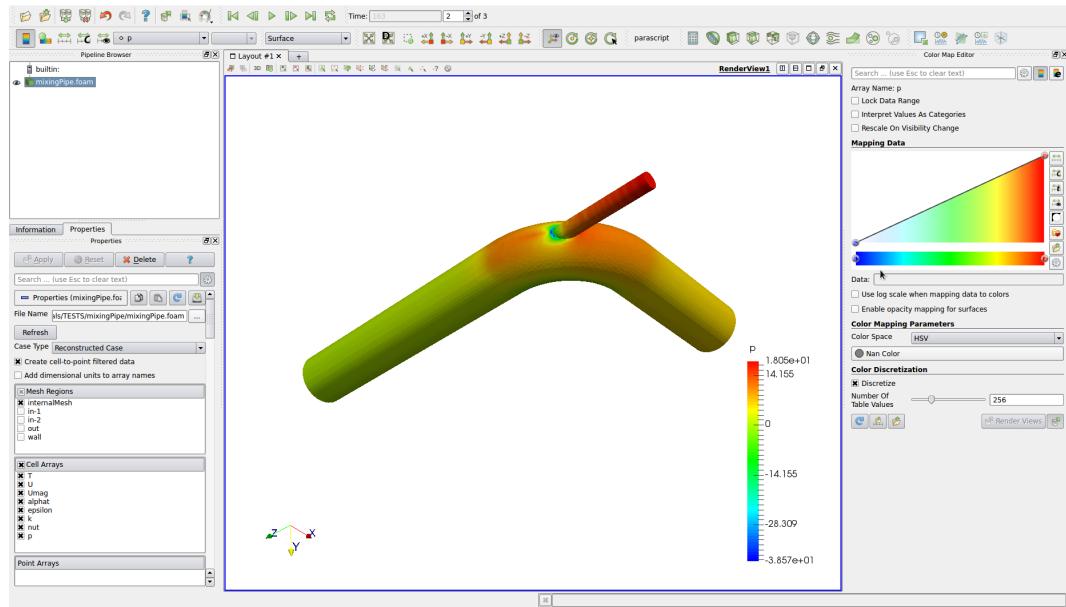


그림 1.12: paraview

## 2 Mixer

본 예제는 정상상태 비압축성 유동해석 예제이다. 유동의 입출구가 없는 폐쇄 영역에서 임펠러가 회전할 때 내부의 유동을 예측하는 문제이다. 임펠러는 두께가 없는 면으로 baffle로 처리한다. 임펠러의 개수는 4개인데 회전주기조건을 사용해서 4분의 1만 모델링하였다. 그림 2.1에 형상과 격자를 나타내었다. 격자는 Ansys Fluent의 msh 형식의 파일을 변환해서 사용한다.

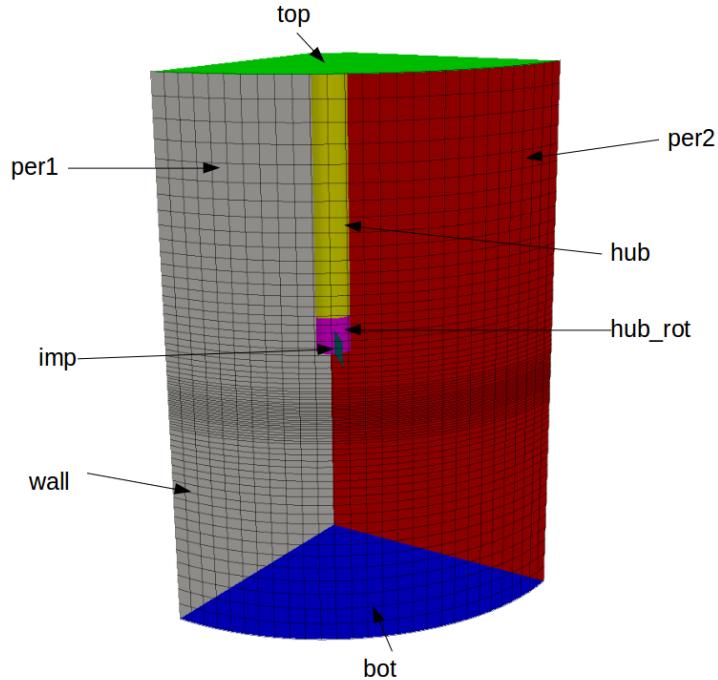


그림 2.1: 형상 및 격자

계산 조건은 다음과 같다.

- solver : simpleNFoam (넥스트폼이 개발한 정상상태 비압축성 유동 해석자)
- 난류모델 : kEpsilon (넥스트폼이 수정한 kEpsilon 난류 모델)
- 밀도 :  $1000 \text{ kg/m}^3$
- 점도 :  $0.001 \text{ kg/ms}$
- 임펠러 회전수 : 100 RPM

이 예제에서 필요한 주요 설정 항목들은 다음과 같다.

- 격자 변환
- baffle 생성
- 주기조건 설정
- 회전조건을 위한 MRF 설정

## 2.1 격자 변환

'Format'을 Fluent로 선택한다. 'Mesh name'을 Open으로 선택하면 파일 선택창이 열리는데 tutorials/msh\_stl 폴더에서 mixer.msh 파일을 선택한다.

파일을 선택하면 fluentMeshToFoam 유ти리티를 이용하여 격자를 변환한다. 유ти리티를 실행할 때 -writeZones -writeSets 옵션을 사용한다. 격자 변환이 완료되면 세부설정상자에 경계면들이 나타나고 그래픽 창에 격자가 표시된다.

### baffle 생성

임펠러는 두께가 없는 면으로 모델링되어 있다. fluentMeshToFoam으로 격자를 변환할 때 계산 영역 내부의 두께가 없는 면은 경계면으로 변환되지 않고 faceSet으로 변환된다. 변환된 faceSet을 이용해서 baffle을 만들어 주어야 한다.

아래쪽의 'Create Baffle' 버튼을 누르면 그림 2.3과 같은 창이 나타난다. imp 면을 선택하고 'Apply' 버튼을 누르면 createBaffles 유ти리티를 사용하여 imp\_master와 imp\_slave라는 2개의 경계면이 만들어진다.

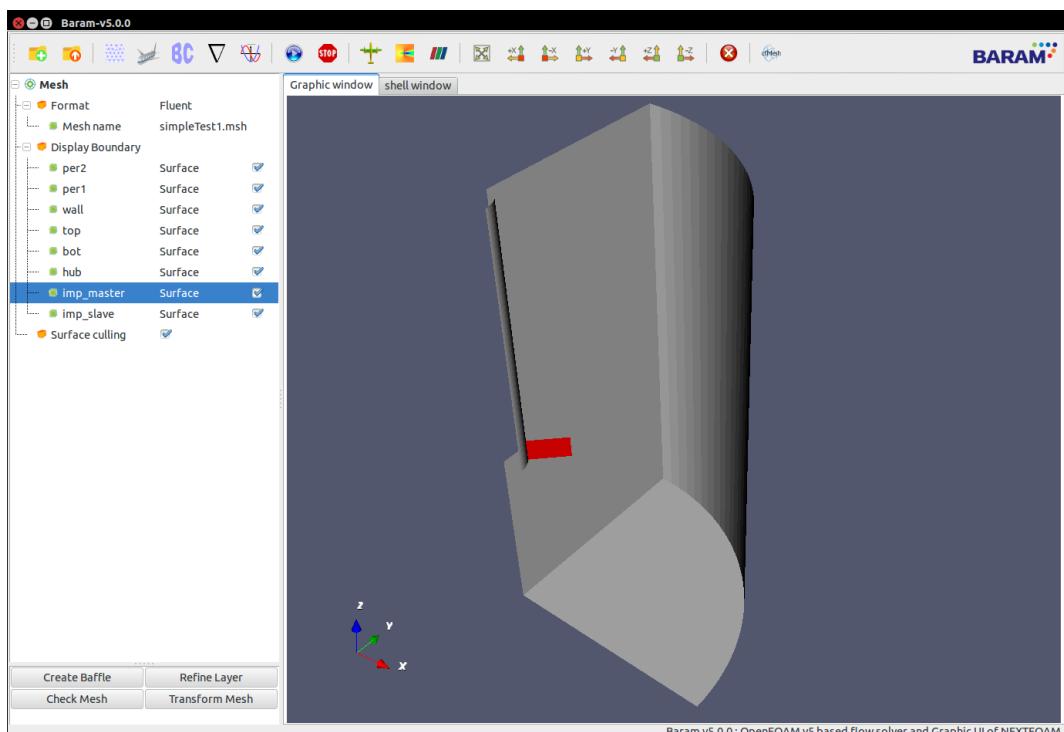


그림 2.2: 초기화면

## 2.2 계산조건

'Simulation Conditions' 아아콘을 클릭하면 계산조건 세부설정상자가 열린다.

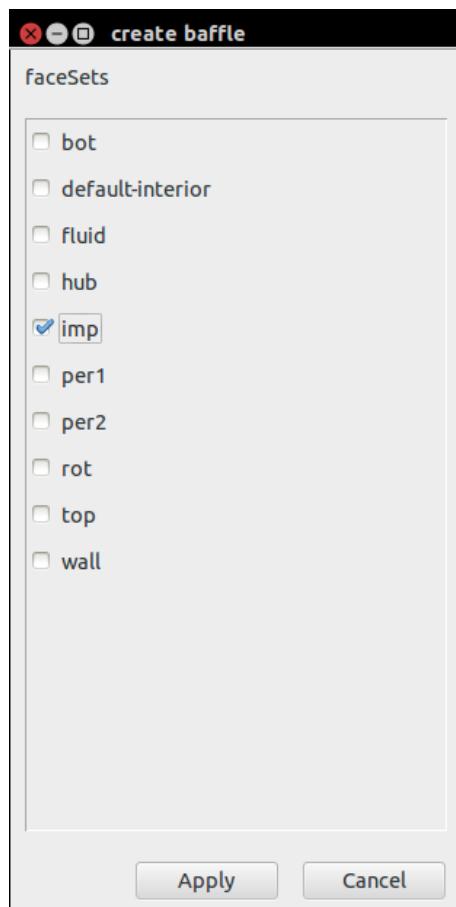


그림 2.3: Create baffle 설정 창

density에 1000, viscosity에 0.001을 입력한다.

### 2.3 경계조건 및 회전조건

'Boundary Conditions' 아아콘을 클릭하면 초기조건, 경계조건, cellZone 조건 세부설정상자가 열린다.

#### Initial Conditions

초기조건은 디폴트 값을 사용한다.

#### Boundary Conditions

top을 symmetry로 설정한다.

per1, per2는 회전주기조건으로 설정되어야 한다. per2를 rotationalPeriodic으로 바꾸면 그림 2.4과 같은 창이 나타난다. 이 창에서 per2와 쌍을 이루는 per1을 선택하고 'Apply' 버튼을

누르면 주기조건이 설정된다.

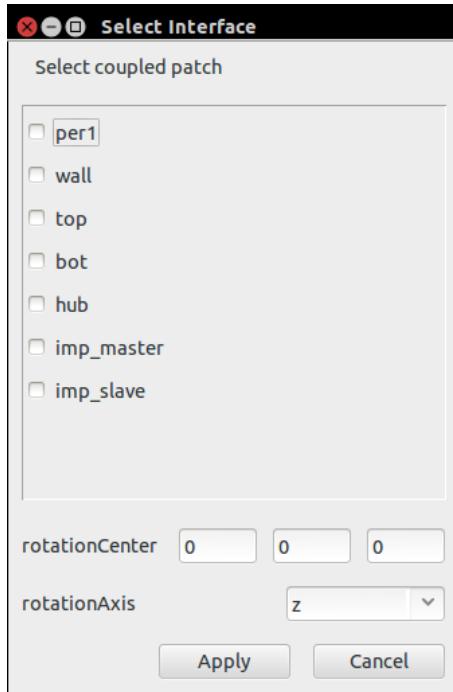


그림 2.4: cyclicAMI 설정창

### Cell Zone

fluid와 rot 2개의 cellZone이 표시된다. rot가 임펠러를 감싸고 있는 회전영역이다. rot를 MRF로 선택하면 MRF 조건에 대한 항목이 나타난다. 회전중심의 좌표인 Origin에는 (0 0 0)을 입력하고, 회전축인 Axis는 (0 0 1)을 입력한다. RMP은 100을 입력한다.

'StaticPatch'에 경계면들이 표시되어 있다. MRF 영역에 포함되지만 회전하지 않는 경계면들을 선택해 주어야 한다. per2, per1, hub 3개의 면을 선택한다.

## 2.4 Numerical Conditions

Discretize, Relaxation factors, Convergence criteria 등 3개의 항목이 있다.

Discretize 항목에서 momentum은 secondOrder, turbulence는 firstOrder로 설정한다.

Relaxation factors 항목에서 momentum과 turbulence를 0.8로 설정한다.

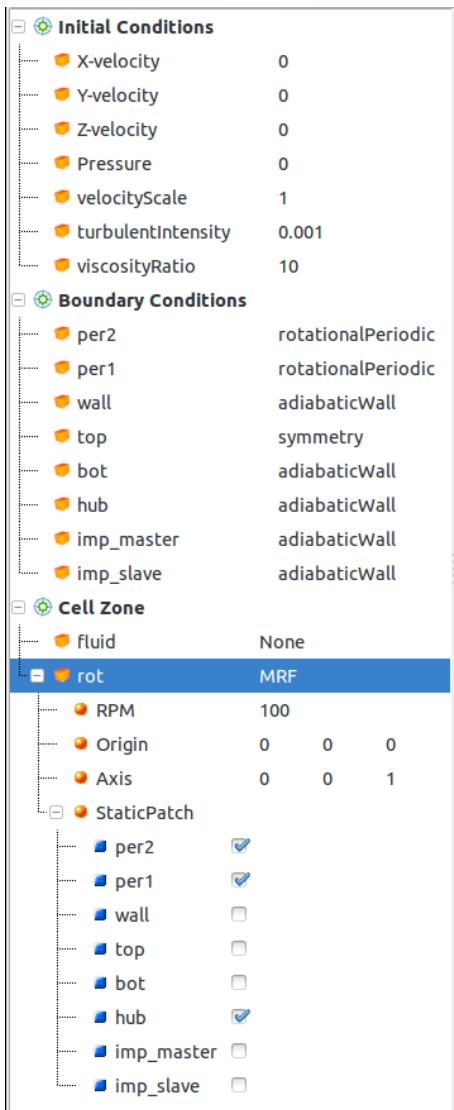


그림 2.5: 경계조건 세부설정상자

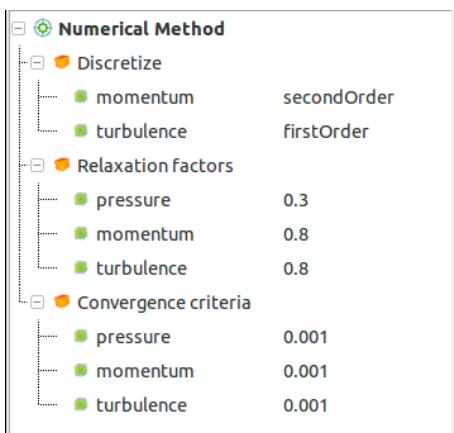


그림 2.6: fvsetnumericalmethod 설정

## 2.5 계산

'Run conditions' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열리고 아래쪽에 'Initialize', 'Start Run' 버튼이 나타난다.

디폴트 값을 그대로 사용하고 'Start Run' 버튼을 누르면 계산이 시작된다. 'plotResidual'이 yes로 설정되어 있기 때문에 계산이 시작되면 Residual 그래프가 나타난다.

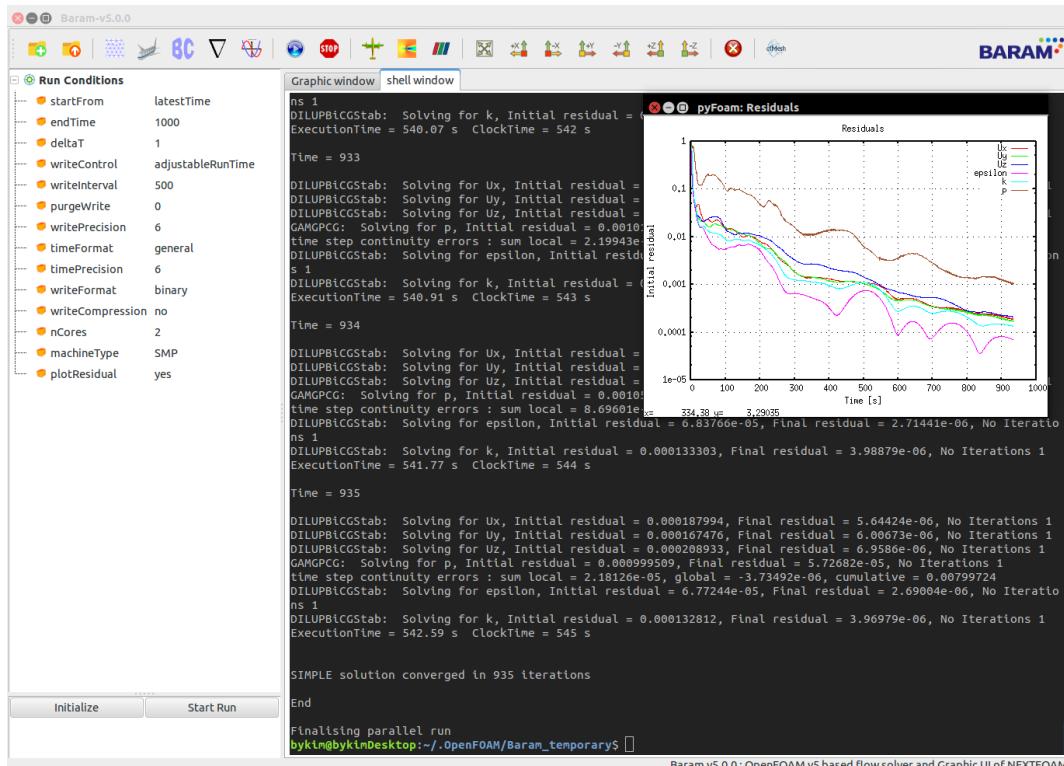


그림 2.7: 계산중인 화면

1000번 반복계산을 수행하는 조건이지만 fvSolution에서 residualControl을  $1e-6$ 으로 주었기 때문에 이 조건을 만족하면 계산이 종료되고 데이터가 저장된다.

## 2.6 경계면 스칼라 분포

## 2.7 경계면 스칼라 분포

'Patch Display' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

'Scalar'은 Umag를 선택하고 'Patches to display'에서 per1, per2, wall, top, hub를 선택한다. 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 3.8와 같이 wall에서 압력분포가 그려진다.

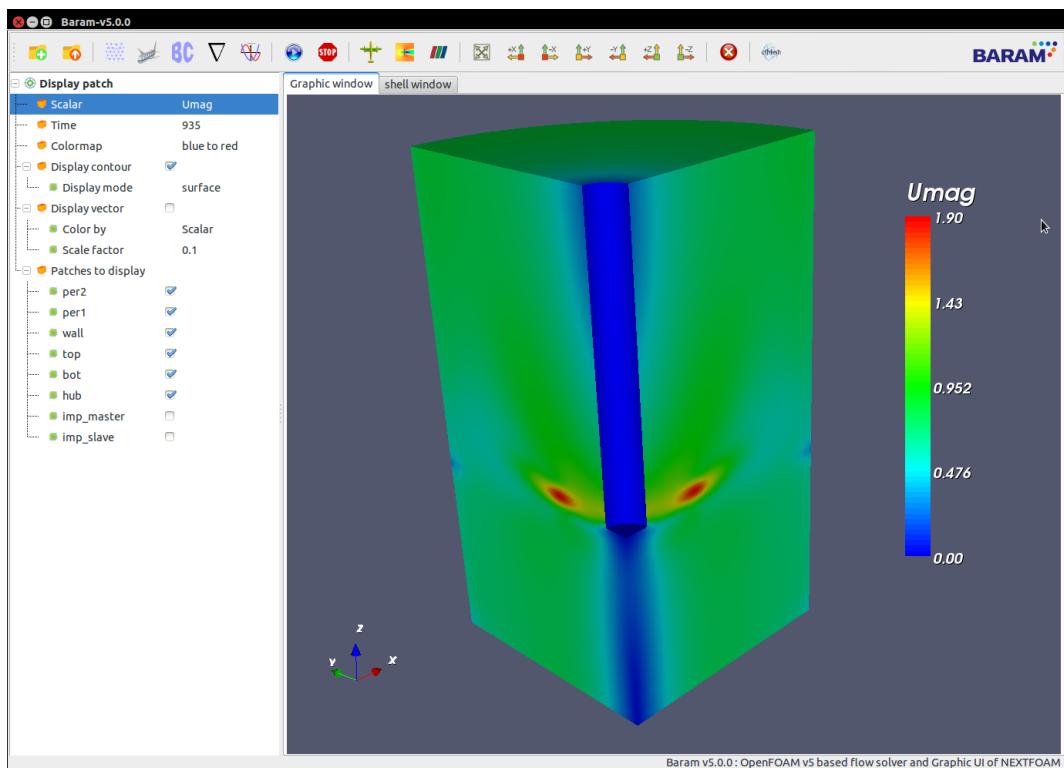


그림 2.8: 경계면 스칼라 분포

## 2.8 축단면 벡터 분포

'Cutting Plane' 아이콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

아래쪽의 'Add plane' 버튼을 누르면 'Planes'에 plane-x가 생성된다. 3개의 면을 다음과 같이 생성한다.

- plane-0 : z axis, value 0.3
- plane-1 : z axis, value 0.9
- plane-2 : z axis, value 1.5

'Color by'는 U를 선택하고 'Scale factor'는 0.1을 입력한다. 'Display vector' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 2.9와 같이 속도분포가 그려진다.

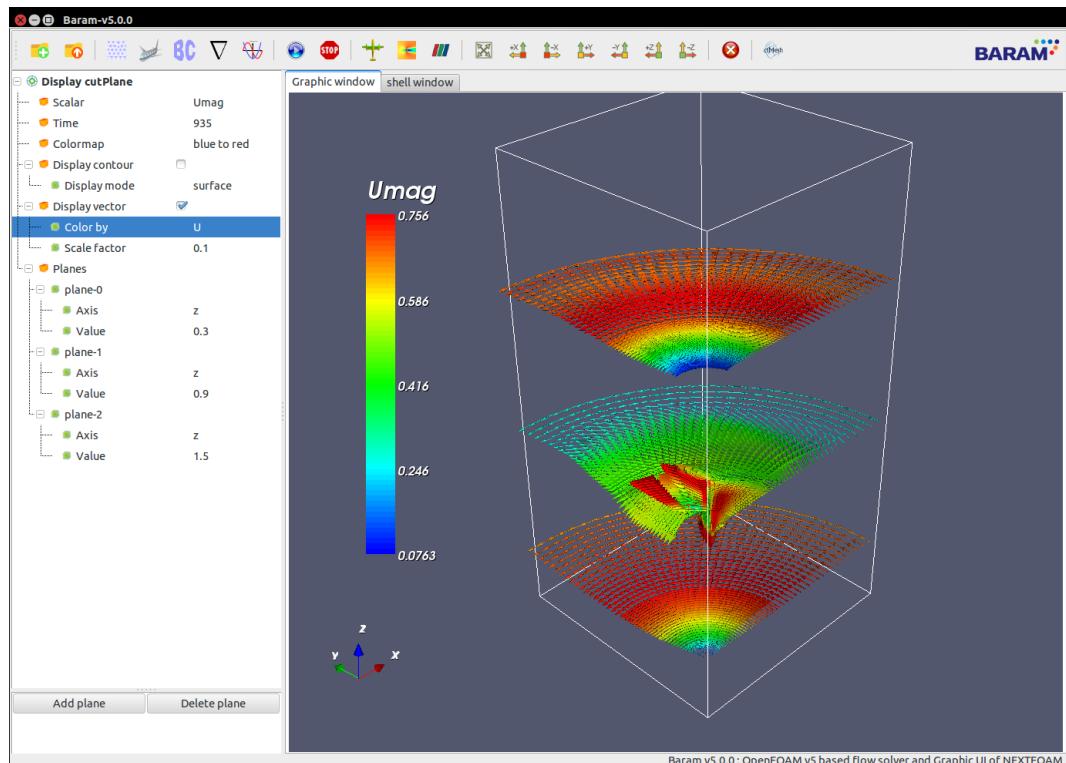


그림 2.9: 축단면 스칼라 분포

### 3 2D Cylinder

본 예제는 비정상상태 비압축성 유동해석 예제이다. 직경이 1m인 2차원 실린더 주위의 박리 유동을 예측하는 문제이다. 유동은 층류이며 레이놀즈수는 100이다. 격자는 Ansys Fluent의 msh 형식의 파일을 변환해서 사용한다.

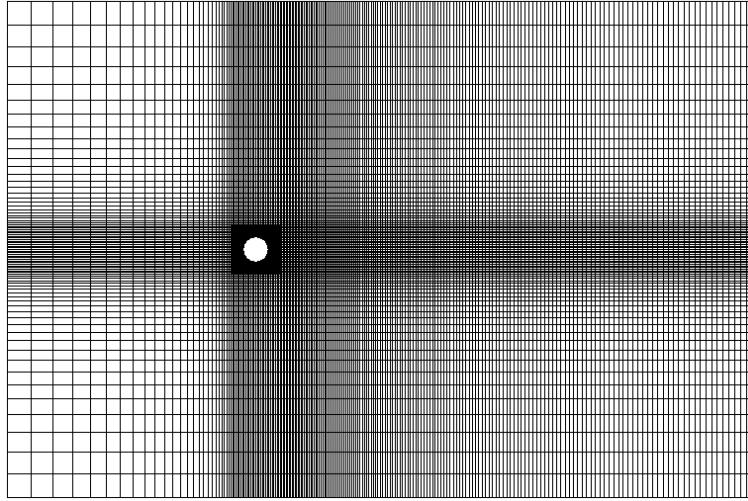


그림 3.1: 형상 및 격자

계산 조건은 다음과 같다.

- solver : pimpleNFoam (넥스트폼이 개발한 비정상상태 비압축성 유동 해석자)
- 난류모델 : laminar
- 밀도 :  $1 \text{ kg/m}^3$
- 점도 :  $0.01 \text{ kg/ms}$
- 속도 :  $1 \text{ m/s}$

#### 3.1 격자 변환

'Format'을 Fluent로 선택한다. 'Mesh name'을 Open으로 선택하면 파일 선택창이 열리는데 tutorials/msh\_stl 폴더에서 cylinder.msh 파일을 선택한다.

파일을 선택하면 fluentMeshToFoam 유틸리티를 이용하여 격자를 변환한다. 격자 변환이 완료되면 세부설정상자에 경계면들이 나타나고 그래픽 창에 격자가 표시된다.

#### 3.2 계산조건

'Simulation Conditions' 아아콘을 클릭하면 계산조건 세부설정상자가 열린다.

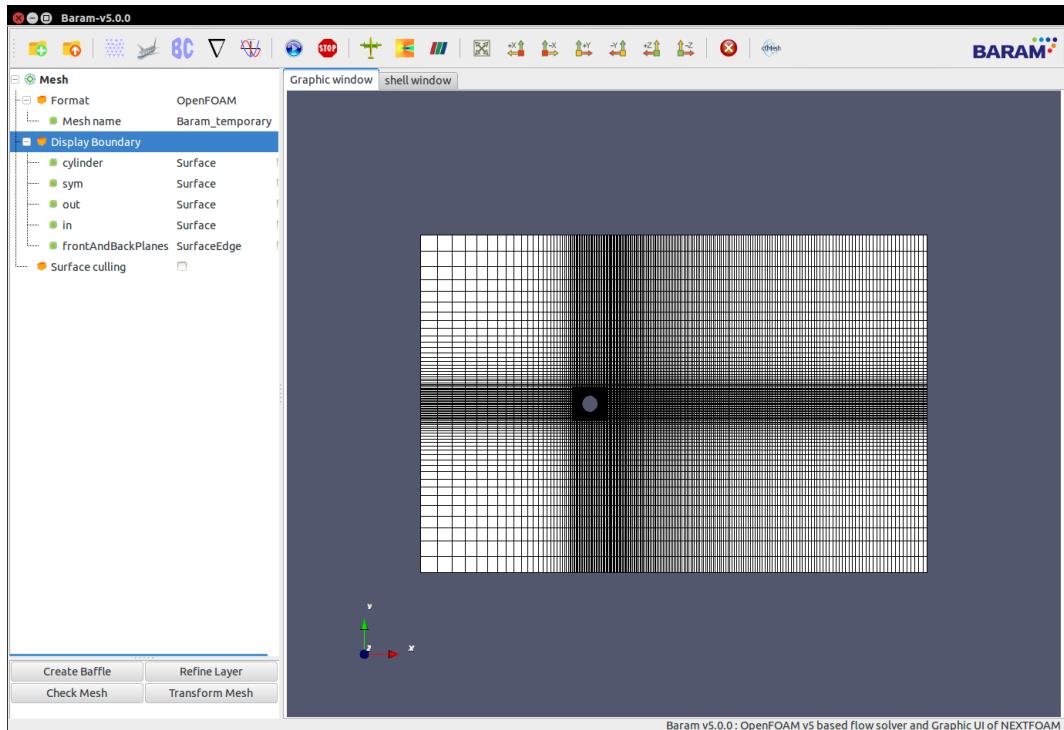


그림 3.2: 격자

'Time advance'는 Transient, 'Turbulence model'은 laminar, density는 1, viscosity는 0.01로 설정한다.

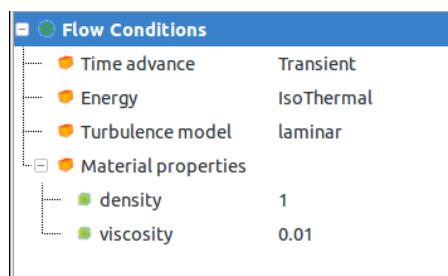


그림 3.3: 계산조건

### 3.3 초기조건 및 경계조건

'Boundary Conditions' 아아콘을 클릭하면 경계조건 세부설정상자가 열린다.

Initial Conditions, Boundary Conditions, Cell Zone 등 3개의 항목이 있다. 이 격자에는 cell zone이 없기 때문에 Cell Zone에는 아무것도 나타나지 않는다.

'Initial Conditions'는 다음과 같이 설정한다.

- X-velocity = 1

- Y-velocity = 0
- Z-velocity = 0
- Pressure = 0

'Boundary Conditions'는 다음과 같이 설정한다.

- cylinder  
type : adiabaticWall
- sym  
type : symmetry
- out  
type : pressureOutlet
- in  
type : velocityInlet  
velocity : (1 0 0)

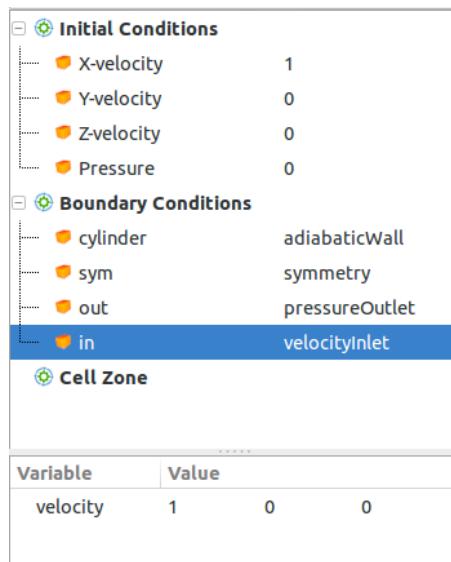


그림 3.4: 경계조건 설정

### 3.4 Numerical Conditions

'Discretize', 'Relaxation factors', 'Convergence criteria', 'Max iteration per dt' 등 3개의 항목이 있다.

'Discretize'에서 'time'은 firstOrder, 'momentum'은 secondOrder를 선택한다.

'Relaxation factors'에서 'pressure'는 1.0, 'momentum'은 0.9로 설정한다.

'Convergence criteria'에서 'pressure'와 'momentum'은 0.001을, 'pressure\_relative'와 'momentum\_relative'는 0.05를 설정한다.

'Max iteration per dt'는 1을 입력한다.

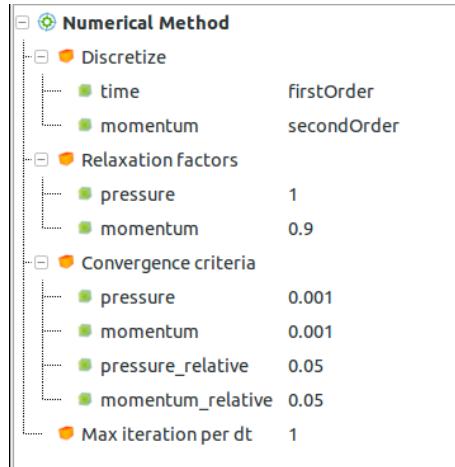


그림 3.5: Numerical Conditions 설정

### 3.5 모니터링 설정

'Monitoring/Post' 아이콘을 클릭하면 세부 설정상자가 열린다.

(1 0 0) 지점에서 속도의 변화를 모니터링 한다. 아래쪽의 'Add point' 버튼을 누르면 Point-0이 생성되고 field, interval, coord를 설정할 수 있다. field에 Umag를 선택하고 coord에 1,0,0을 입력한다.

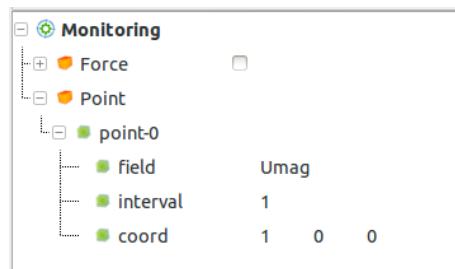


그림 3.6: 모니터링/후처리 설정창

### 3.6 계산

'Run conditions' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열리고 아래쪽에 'Initialize', 'Start Run' 버튼이 나타난다.

계산조건은 다음과 같이 설정한다.

- endTime : 150
- deltaT : 0.01
- adjustTimeStep : true
- writeInterval : 0.5
- No.of cores : 2

'Start Run' 버튼을 누르면 계산이 시작된다. 'plotResidual'이 yes로 설정되어 있기 때문에 계산이 시작되면 Residual 그래프가 나타난다.

'Monitoring' 설정으로 가서 'Plot point' 버튼을 누르면 point-0의 값이 그래프로 출력된다.

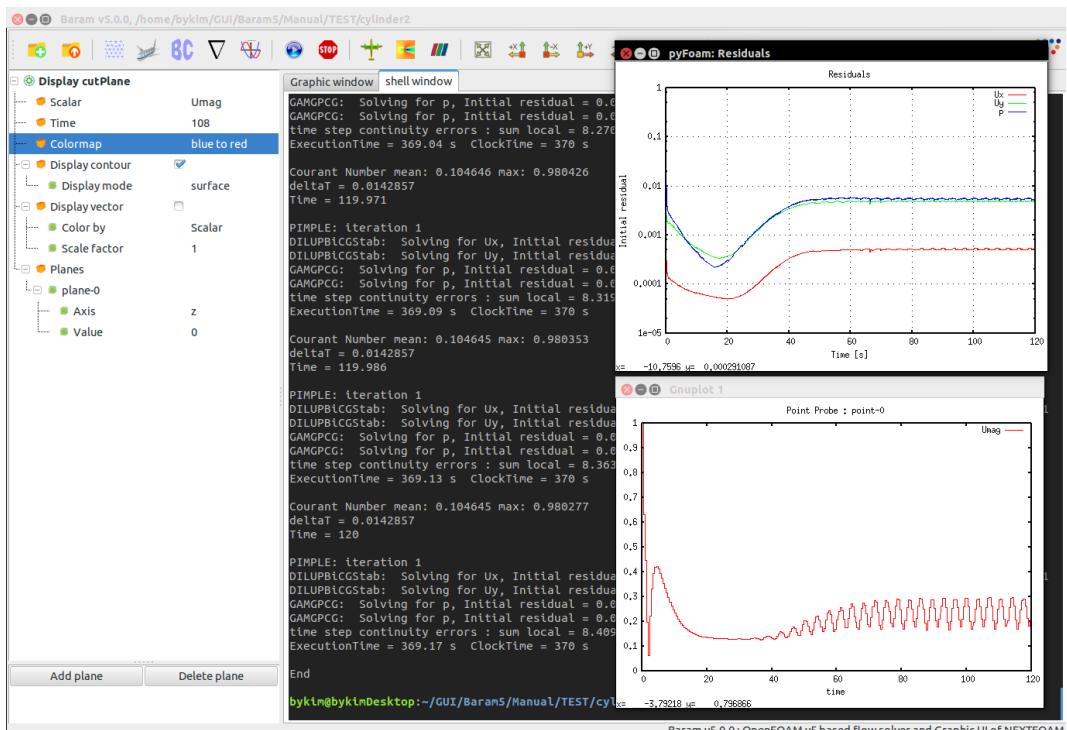


그림 3.7: 계산중인 화면

### 3.7 경계면 스칼라 분포

'Patch Scalar' 아래를 클릭하면 세부설정상자가 열린다. 'Select Scalar'에서 Umag를 선택하고, 모든 경계면을 선택한다. 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그림 ??와 같은 속도분포를 그래픽 창에서 확인할 수 있다.

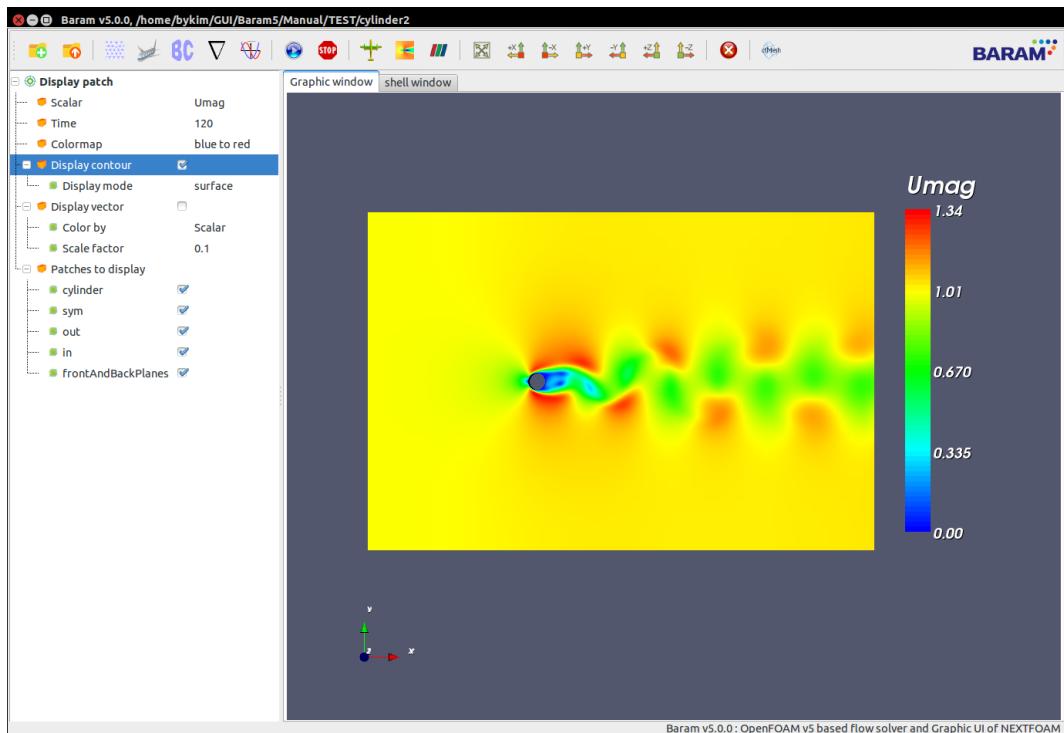


그림 3.8: 경계면 스칼라 분포

## 4 Radiation room

본 예제는 열전달 해석 예제이다. 입구와 출구가 없는 폐쇄 영역에 고온의 물체로부터 주변으로 복사 및 대류열전달이 일어나고 이로 인해 발생하는 자연대류 유동을 예측하는 문제이다. 그림 4.1에 형상과 격자를 나타내었다. 격자는 blockMesh를 이용해 생성한 OpenFOAM 격자를 사용한다.

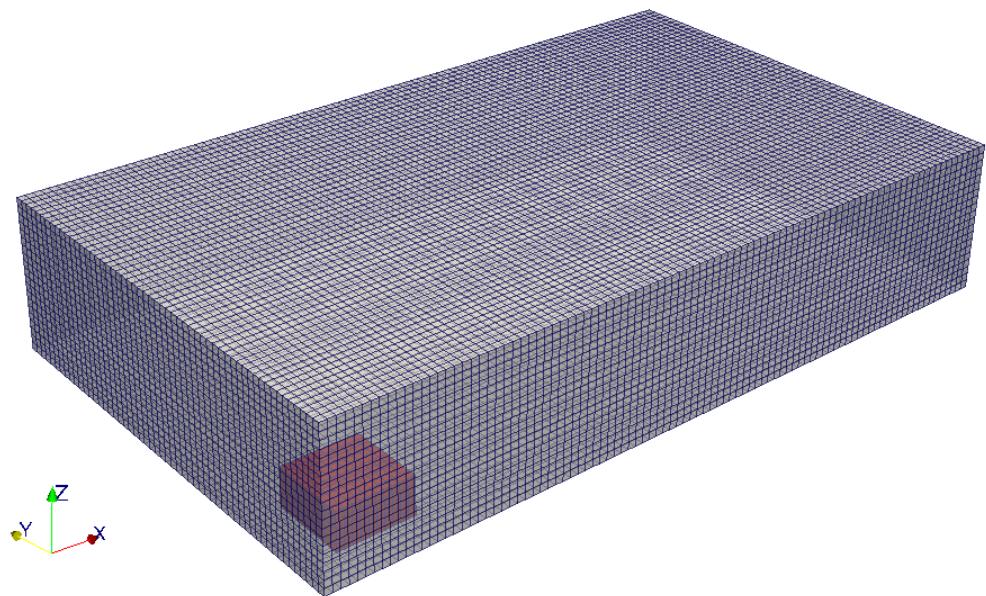


그림 4.1: 형상 및 격자

계산 조건은 다음과 같다.

- solver : buoyantSimpleFoam
- 난류모델 : kEpsilon
- 복사열전달 모델 : P1
- 밀도 : perfectGas
- 점도 :  $1.8e - 05 \text{ kg/ms}$
- Prandtl Number : 0.7
- Cp :  $1000 \text{ J/kg}$
- 흡수계수 / 방사계수 : 0.5

## 4.1 격자 불러오기

'Formate'을 OpenFOAM으로 선택한다. 'Mesh name'을 Open으로 선택하면 파일 선택창이 열리는데 tutorials/msh\_stl/hotRadiationRoom 폴더에서 polyMesh 폴더를 선택한다.

polyMesh 폴더를 선택하면 현재 작업 폴더의 constant 아래로 복사한다. 복사가 완료되면 세부설정상자에 경계면들이 나타나고 그래픽 창에 격자가 표시된다.

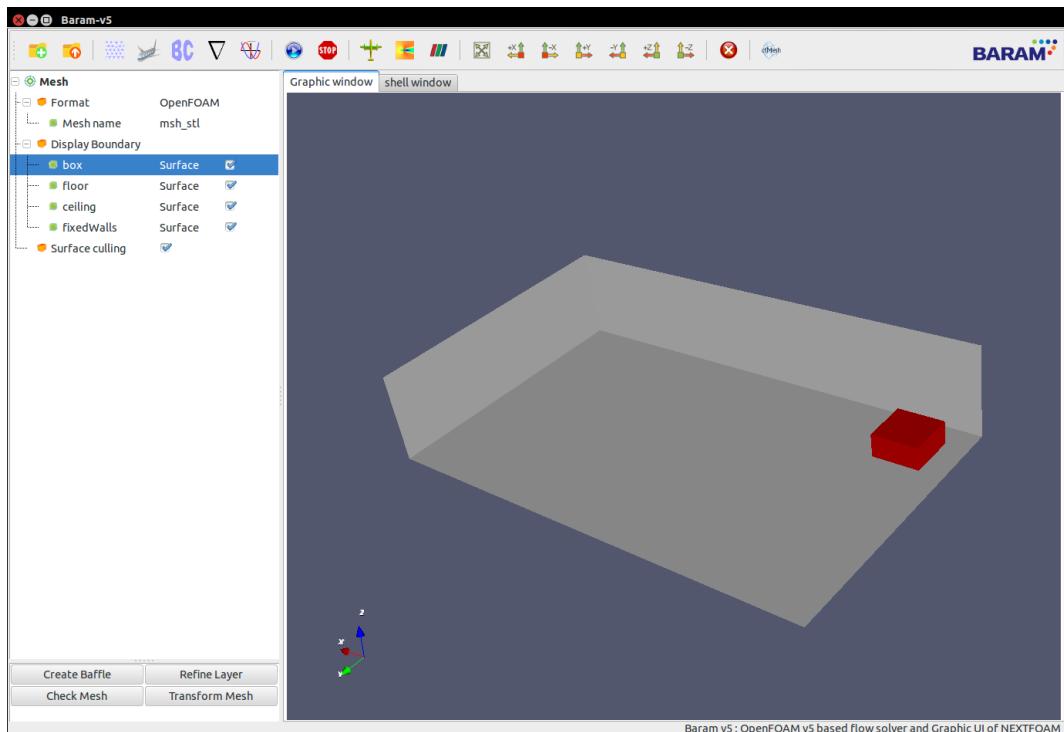


그림 4.2: 격자 불러오기

## 4.2 계산조건

'Simulation Conditions' 아아콘을 클릭하면 계산조건 세부설정상자가 열린다.

'Time advance'와 'Turbulence model'은 'Steady'와 'kEpsilon'을 사용한다.

'Energy'를 'Heat transfer'로 바꾸면 'Material properties'의 하부 항목이 바뀌고, 'Gravity'와 'Radiation'이 나타난다.

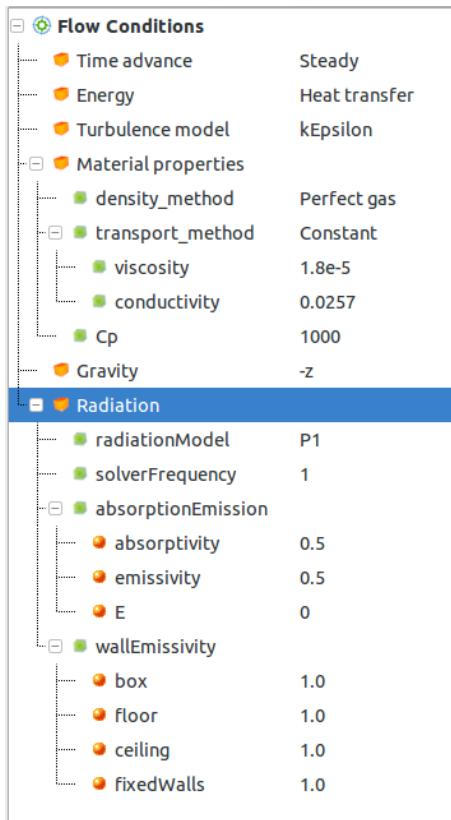


그림 4.3: 계산조건 설정

'Material properties' 설정은 다음과 같다.

- density method : Perfect gas
- transport method : Constant

viscosity : 1.8e-5

conductivity : 0.0257

- Cp : 1000

'Gravity'는 '-z'를 선택한다.

'Radiation'의 설정은 다음과 같다.

- radiationModel : P1
- solverFrequency : 1
- absorptionEmission
  - absorptivity : 0.5
  - emissivity : 0.5
  - E : 0
- wallEmissivity : 모두 1.0

### 4.3 초기조건 및 경계조건

'Boundary Conditions' 아아콘을 클릭하면 경계조건 세부 설정상자가 열린다.

Initial Conditions, Boundary Conditions, Cell Zone 등 3개의 항목이 있다. 이 격자에는 cell zone이 없기 때문에 Cell Zone에는 아무것도 나타나지 않는다.

Initial Conditions는 초기조건으로 x, y, z 각 방향의 속도, 압력, 온도를 입력할 수 있다. 난류모델을 사용하는 경우 velocityScale, turbulentIntensity, viscosityRatio 값을 입력하면 k와 epsilon 혹은 omega 값이 계산되어 초기조건으로 사용된다. 다음과 같이 설정한다.

- X-velocity : 0
- Y-velocity : 0
- Z-velocity : 0
- Pressure : 0
- Temperature : 300
- velocityScale : 1
- turbulentIntensity : 0.001
- viscosityRatio : 10

Boundary Conditions에는 각 경계면의 이름과 형식이 표시되어 있다. 각 경계면을 선택하면 그 랙 꼭 창에 빨간색으로 표시되고 아래쪽에 형식에 따라 값을 입력할 수 있는 상자가 나타난다.

각 경계면의 형식 및 값은 다음과 같이 설정한다

- box
 

```
type : isoThermalWall
temperature : 500
```
- floor, ceiling
 

```
type : isoThermalWall
temperature : 300
```
- fixedWalls
 

```
type : adiabaticWall
```

#### 4.4 Numerical Conditions

Discretize, Relaxation factors, Convergence criteria 등 3개의 항목이 있다.

'Discretize'는 모두 firstOrder로 설정한다.

'Relaxation factors'를 다음과 같이 설정한다.

- pressure : 0.7
- momentum : 0.5
- energy : 0.5
- turbulence 0.5

'Convergence criteria'는 pressure를 0.01, 나머지는 0.001로 설정한다.

#### 4.5 계산

'Run conditions' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열리고 아래쪽에 'Initialize', 'Start Run' 버튼이 나타난다.

디폴트 값을 그대로 사용하고 'Start Run' 버튼을 누르면 계산이 시작된다. 'plotResidual'이 yes로 설정되어 있기 때문에 계산이 시작되면 Residual 그래프가 나타난다.

#### 4.6 경계면 스칼라 분포

'Patch Scalar' 아아콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

'Scalar'는 G를 선택하고 'Patches to display'에서 box, floor, fixedWalls를 선택한다. 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 4.5와 같이 radiation intensity, G의 분포가 그려진다.

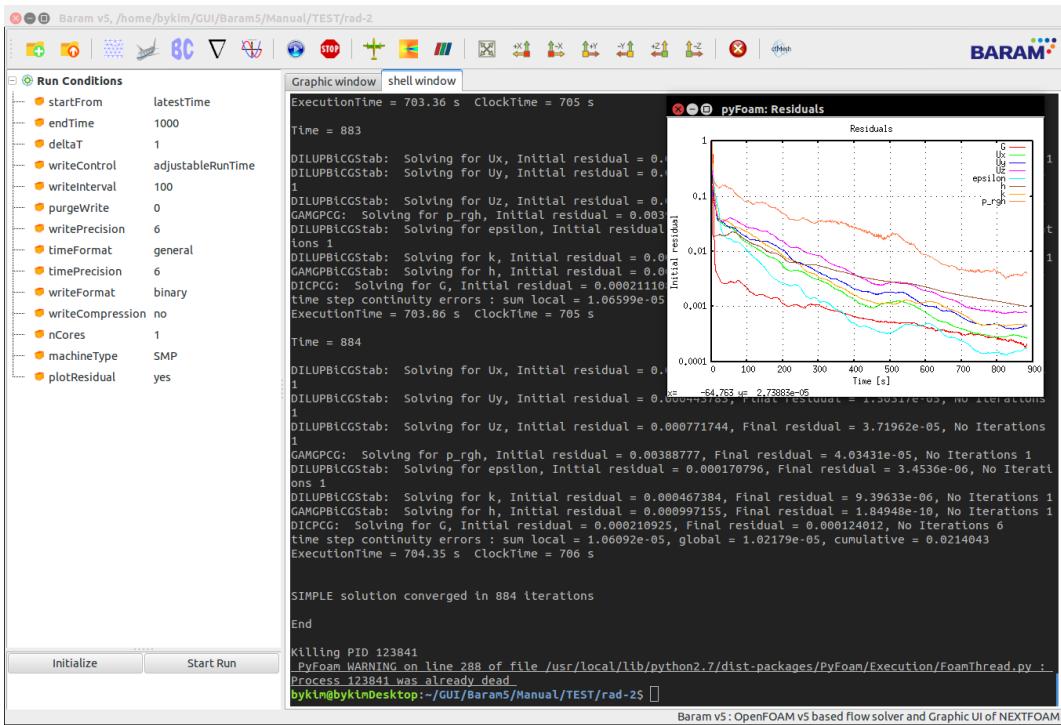


그림 4.4: 계산중인 화면

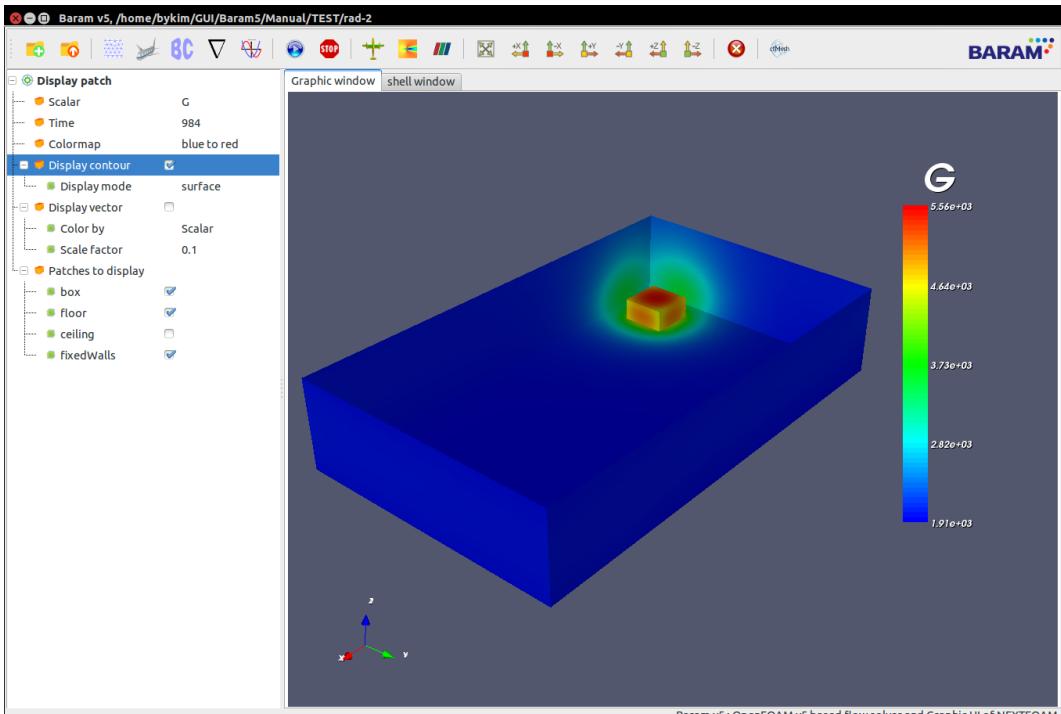


그림 4.5: 경계면 스칼라 분포

## 4.7 축단면 스칼라 분포

'Cutting Plane' 아이콘을 클릭하면 세부설정상자가 열린다.

아래쪽의 'Add plane' 버튼을 누르면 'Planes'에 plane-x가 생성된다. 2개의 면을 다음과 같이 생성한다.

- Plane1 : x axis, value 1
- Plane2 : y axis, value 1

'Color by'는 T를 선택하고 'Display contour' 체크버튼을 활성화하면 그래픽 창에 그림 4.6와 같이 온도분포가 그려진다.

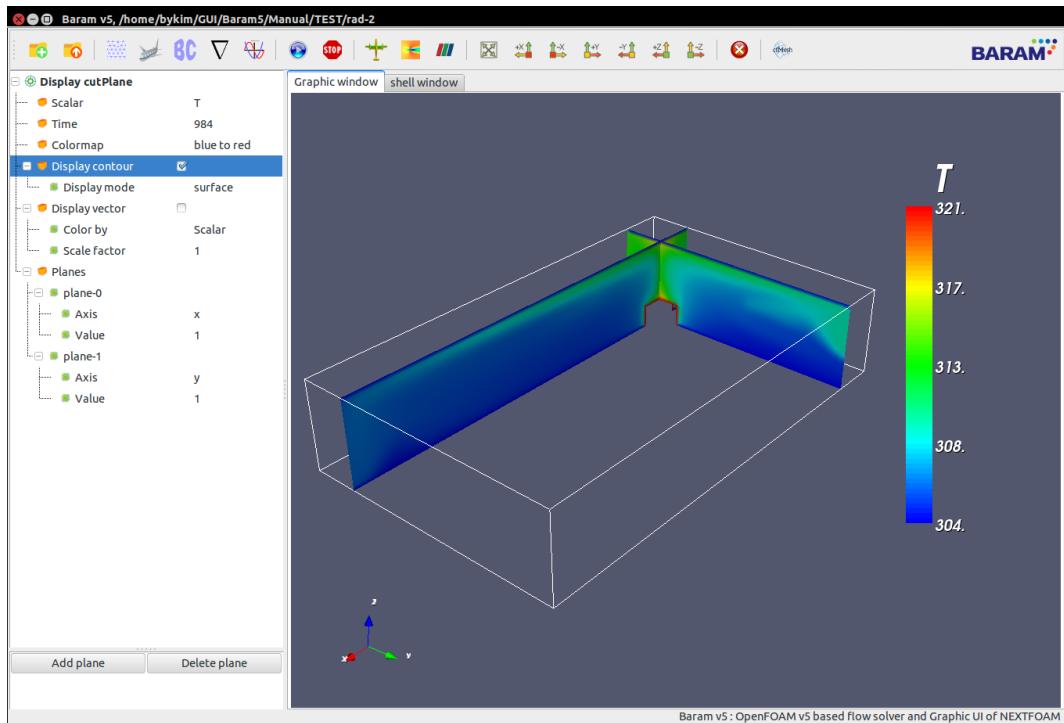


그림 4.6: 축단면 스칼라 분포

