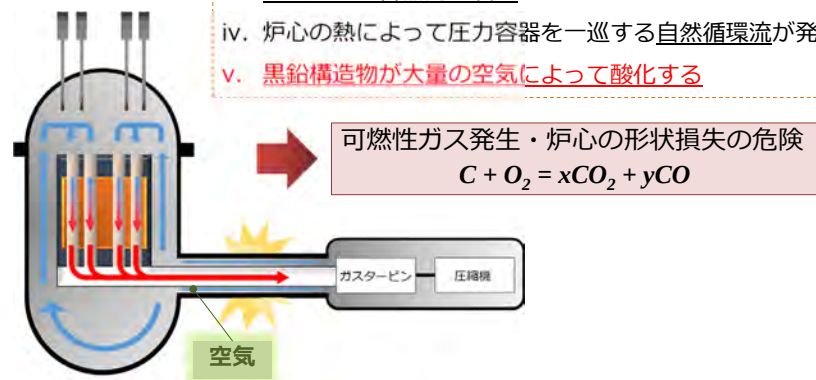


研究背景

一次冷却系主配管の破断事故が発生した場合・・・

- i. ヘリウムガスが外部へ噴出
- ii. 圧力容器内と外部の圧力が等しくなる
- iii. 空気が圧力容器内へ浸入
- iv. 炉心の熱によって圧力容器を一巡する自然循環流が発生
- v. 黒鉛構造物が大量の空気によって酸化する

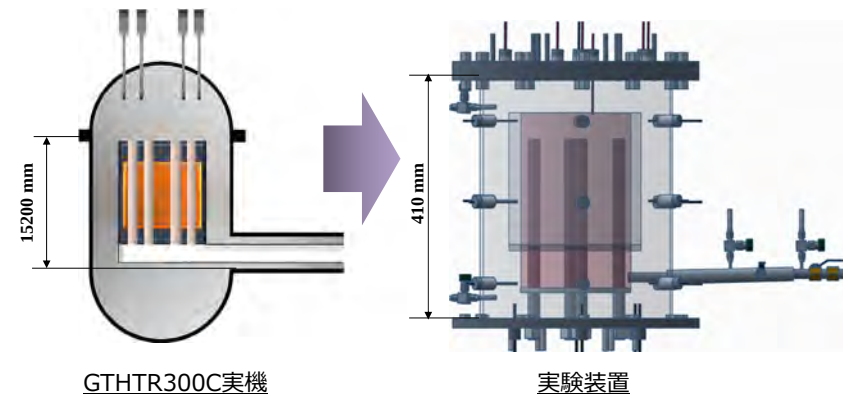


2

研究目的

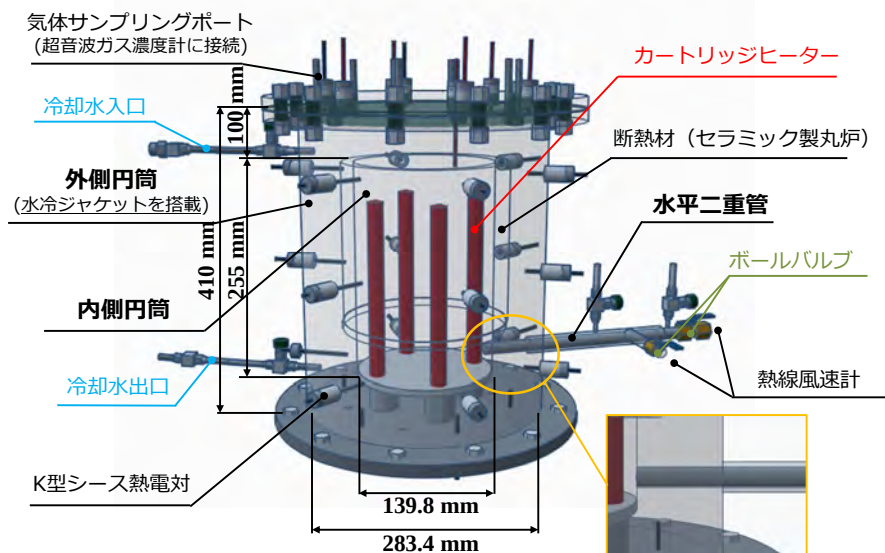
高温ガス炉の安全性を評価・向上させる上で、炉内の気体の挙動を把握することが重要

一次冷却系主配管が破断した場合の、GTHTR300C炉内への空気浸入過程、ヘリウムガスと空気の混合過程を実験から解明する



3

実験装置



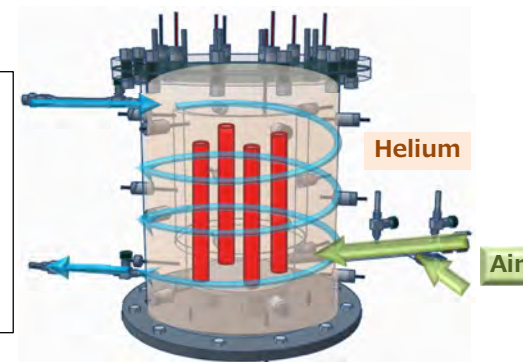
4

実験方法

実験条件

冷却水流量
: 2.5 [L/min] 一定

ヒーター出力
: 81 ~ 9 [W] 7条件
(約300 ~ 70 [°C])



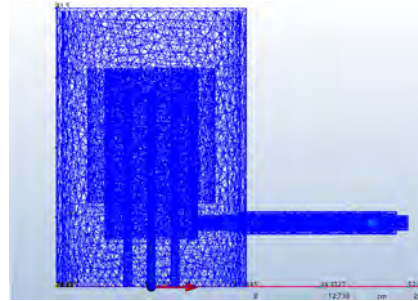
- i. 実験装置内をヘリウムガスで満たす
- ii. 内側円筒内をカートリッジヒーターで加熱する
- iii. 外側円筒内に水を注入することで冷却する
- iv. ヒーター温度が定常状態に達したことを確認する
- v. 水平二重管のバルブを開放し、一次冷却系主配管の破断を模擬する

5

数値解析概要

- ◆ バルブ開放後の定常状態では気体流速が低く、実験では検知出来ない
- ◆ バルブ開放前後で装置内の気体流速の分布を比較

バルブ開放前後の定常状態を調査

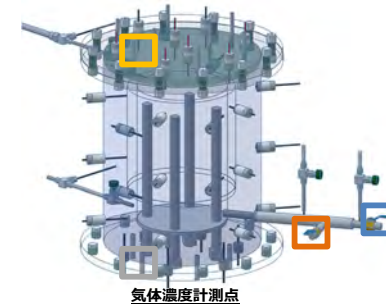


解析モデルのメッシュ分割

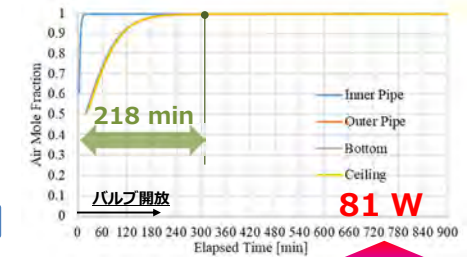
- 使用ソフト： Autodesk CFD
- 境界条件：
 - ・ ヒーター体積発熱 81 [W] (20.25 W×4)
 - ・ 外側円筒表面温度 24.5 [°C]
- 解析モード： 定常解析
- 解析要素数： 411976
- 初期条件： 気体温度 25 [°C]
- パルブ解放後の解析に適用
 - ・ 水平二重管 内外管入口面圧力 0 [Pa]
 - ・ 水平二重管 内外管入口面温度 25 [°C]

6

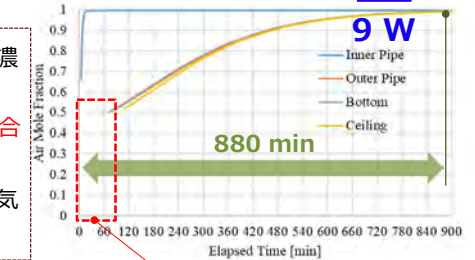
実験結果：空気濃度



気体温度計測点



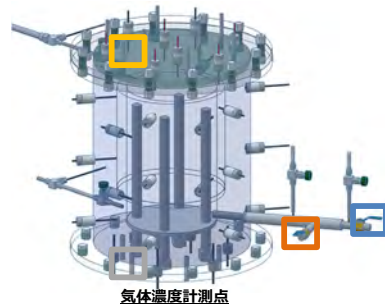
- ✓ バルブ開放と同時に、内管部の空気濃度が急上昇する
- ➔ 空気が内管から浸入し、外管から混合気体として排出されている
- ✓ ヒータ温度上昇に伴い、装置内が空気で満たされるまでの時間が減少



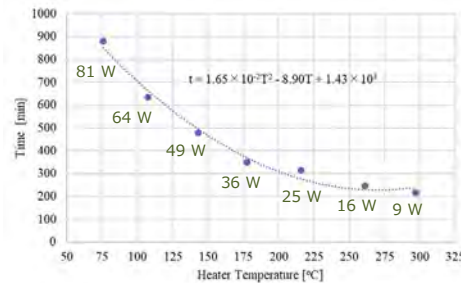
計測不可
(空気濃度50%以下)

7

実験結果：空気濃度



気体温度計測点



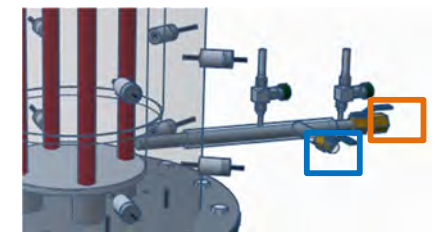
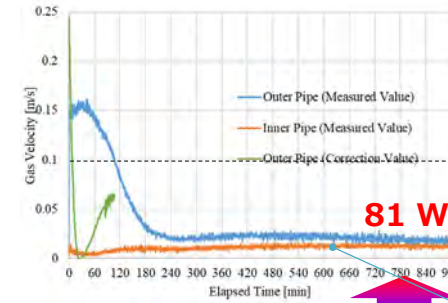
空気濃度が99%に達するまでの時間

- ✓ バルブ開放と同時に、内管部の空気濃度が急上昇する
- ➔ 空気が内管から浸入し、外管から混合気体として排出されている
- ✓ ヒータ温度上昇に伴い、装置内が空気で満たされるまでの時間が減少

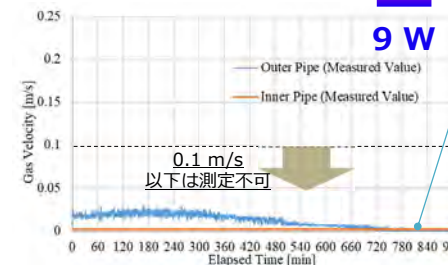
炉心の燃料温度が空気の浸入量に大きな影響を与える

8

実験結果：気体流速



気体流速計測点

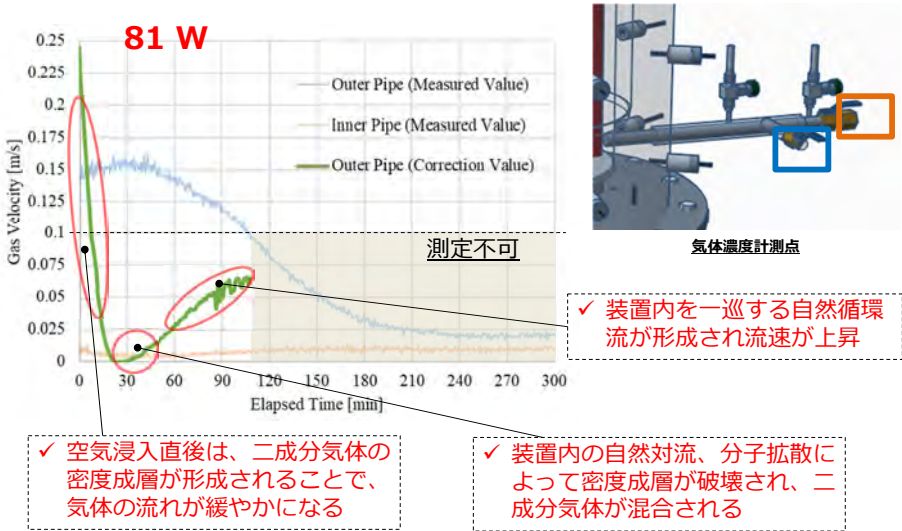


- ◆ 内管部では気体流速がほとんど検知されない(吸気側と排気側では検知される流速に差がある)

- ◆ 多成分気体を測定する場合、混合ガスの物性から実測値に補正を行う

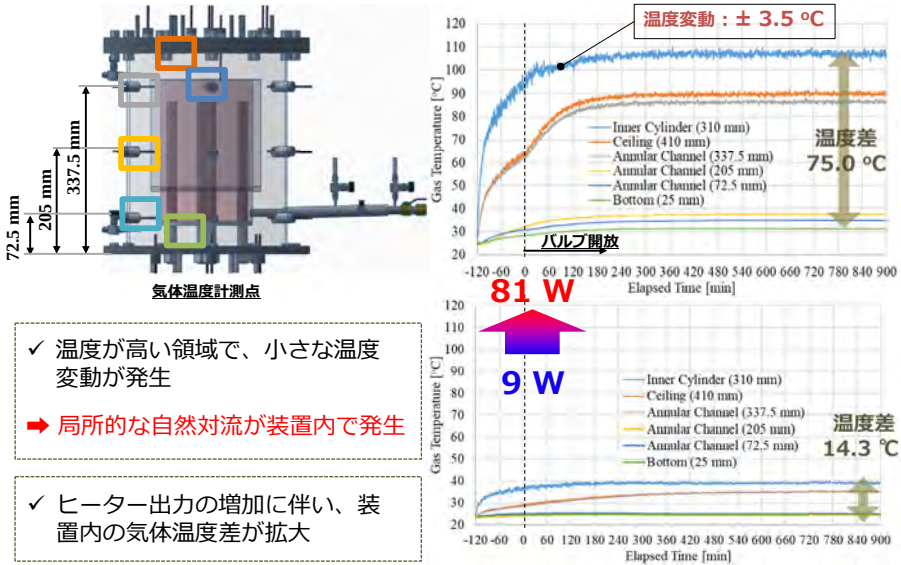
9

実験結果：気体流速



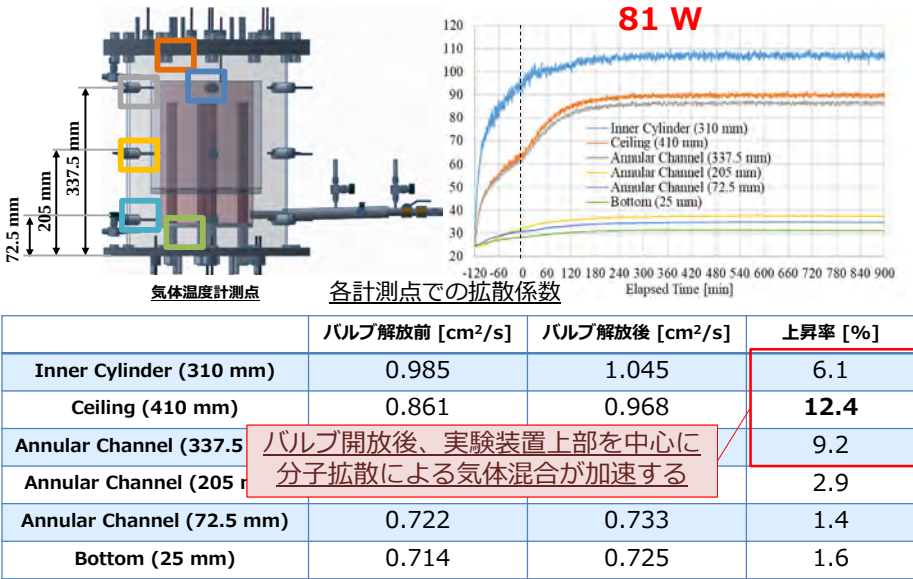
10

実験結果：気体温度



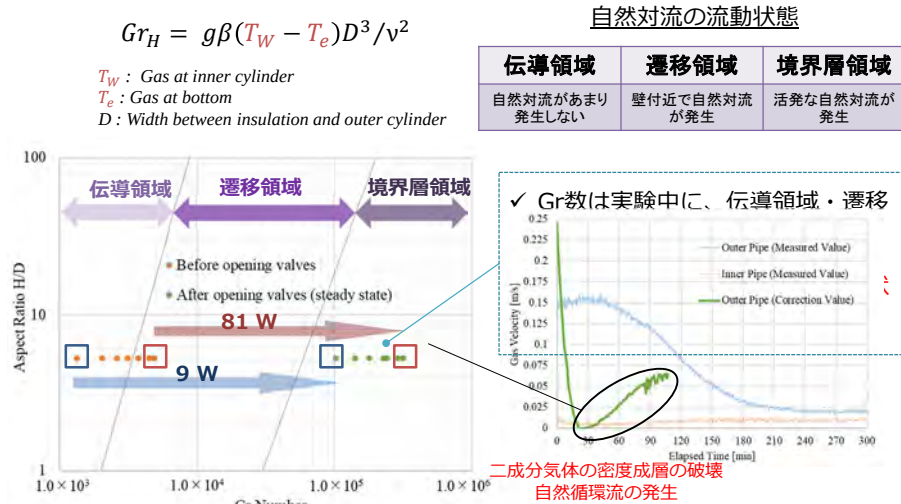
11

実験結果：気体温度



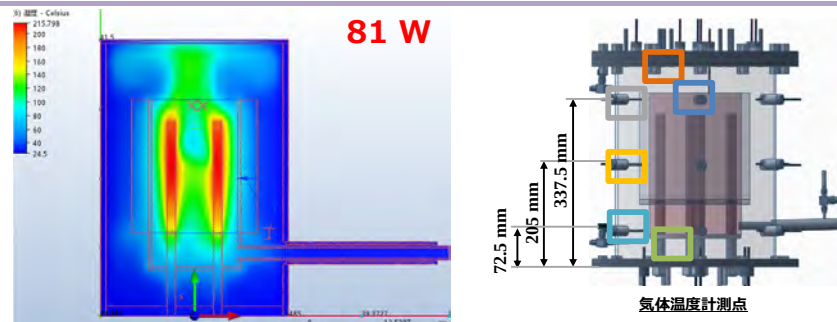
12

実験結果：気体温度



13

解析結果：温度分布（バルブ解放前）

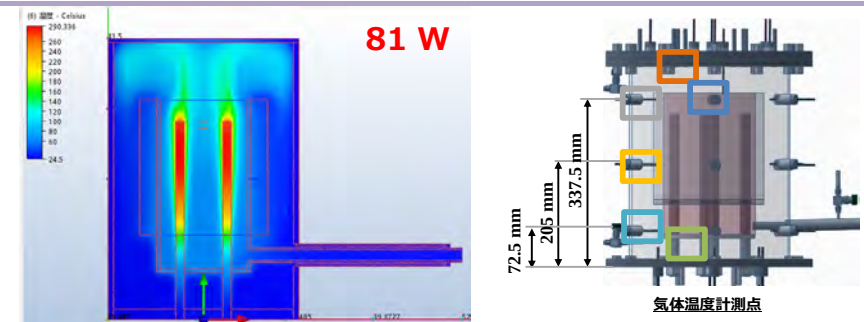


バルブ開放前の実験値と解析値の温度誤差

	実験値 [°C]	解析値 [°C]	誤差 [%]
Heater	237.6	215.8	-9.2
Inner Cylinder (310 mm)	93.5	63.4	-32.3
Ceiling (410 mm)	65.0	57.4	-11.7
Annular Channel (337.5 mm)	62.3	42.1	-32.4
Annular Channel (205 mm)	32.3	28.4	-12.1
Annular Channel (72.5 mm)	31.1	31.5	1.4
Bottom (25 mm)	29.0	25.8	-11.0

14

解析結果：温度分布（バルブ解放後）

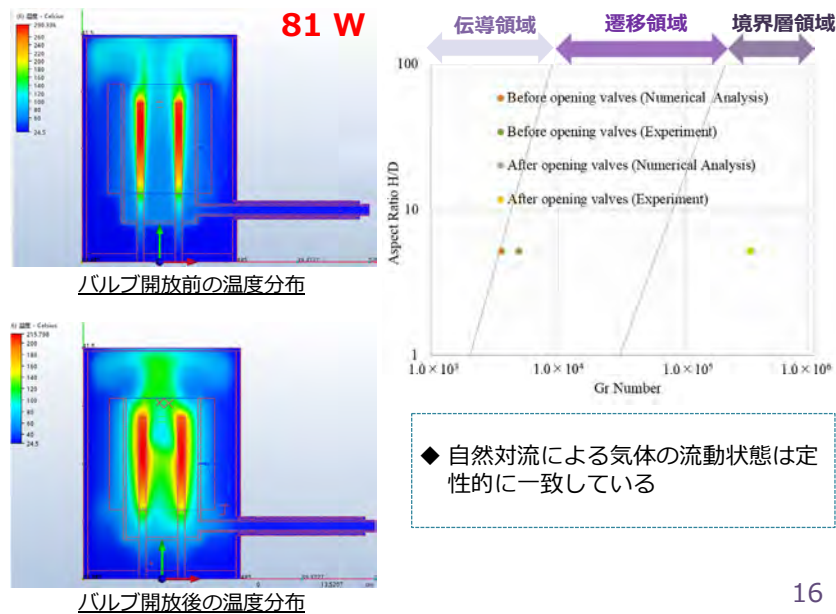


バルブ開放後の実験値と解析値の温度誤差

	実験値 [°C]	解析値 [°C]	誤差 [%]
Heater	297.2	290.3	-2.3
Inner Cylinder (310 mm)	106.9	90.8	-15.1
Ceiling (410 mm)	89.7	103.7	15.7
Annular Channel (337.5 mm)	80.5	61.6	-23.5
Annular Channel (205 mm)	37.6	29.5	-21.3
Annular Channel (72.5 mm)	33.7	27.2	-21.1
Bottom (25 mm)	31.9	25.2	1.9

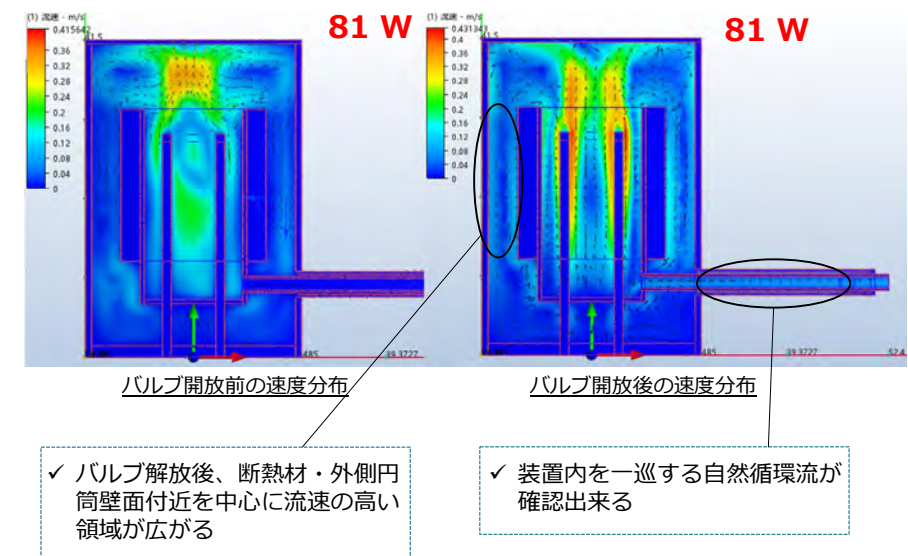
15

解析結果：Gr数



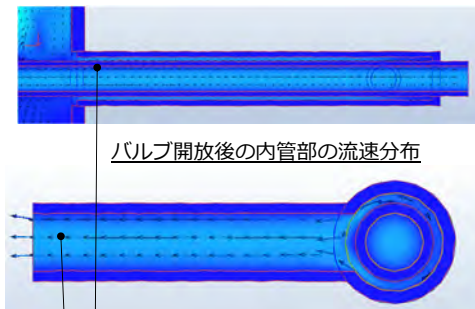
16

解析結果：気体流速

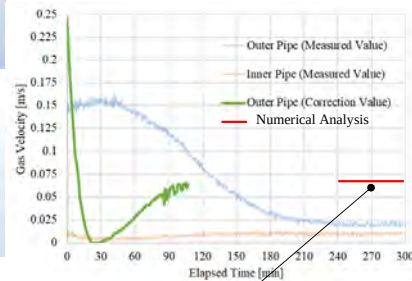


17

解析結果：気体流速



✓ 水平二重管の内外管共に、最大で 0.07m/s程度の流速が確認出来る

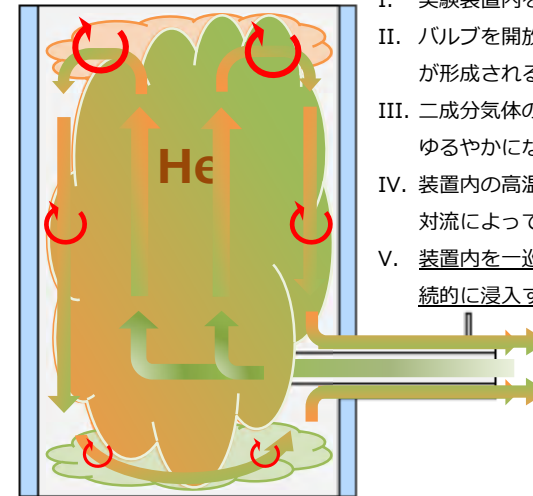


✓ バルブ解放後、定常状態においても持続的に空気が浸入する

18

考察

実験装置への空気浸入過程



- I. 実験装置内をヘリウムガスで満たす
- II. バルブを開放した後、空気が内管から浸入する流れが形成される
- III. 二成分気体の密度成層が形成されて、気体の流れがゆるやかになる
- IV. 装置内の高温部を中心に、分子拡散や局所的な自然対流によって二成分気体が混合される
- V. 装置内を一巡する自然循環流が形成され、空気が持続的に浸入する

19