

---

# バークボイラーの高効率・低エミッション燃焼 実現のためのPHOENICSを利用したモデリング

---

苫小牧工業高等専門学校  
菊田 和重

北海道大学大学院  
立蔵 祐樹

# 研究背景・目的

バーク(樹皮)

利用されずに多くが廃棄されている

➡ ボイラーの燃料として利用する  
(バークボイラー)



50~120%もの水を含んでいる

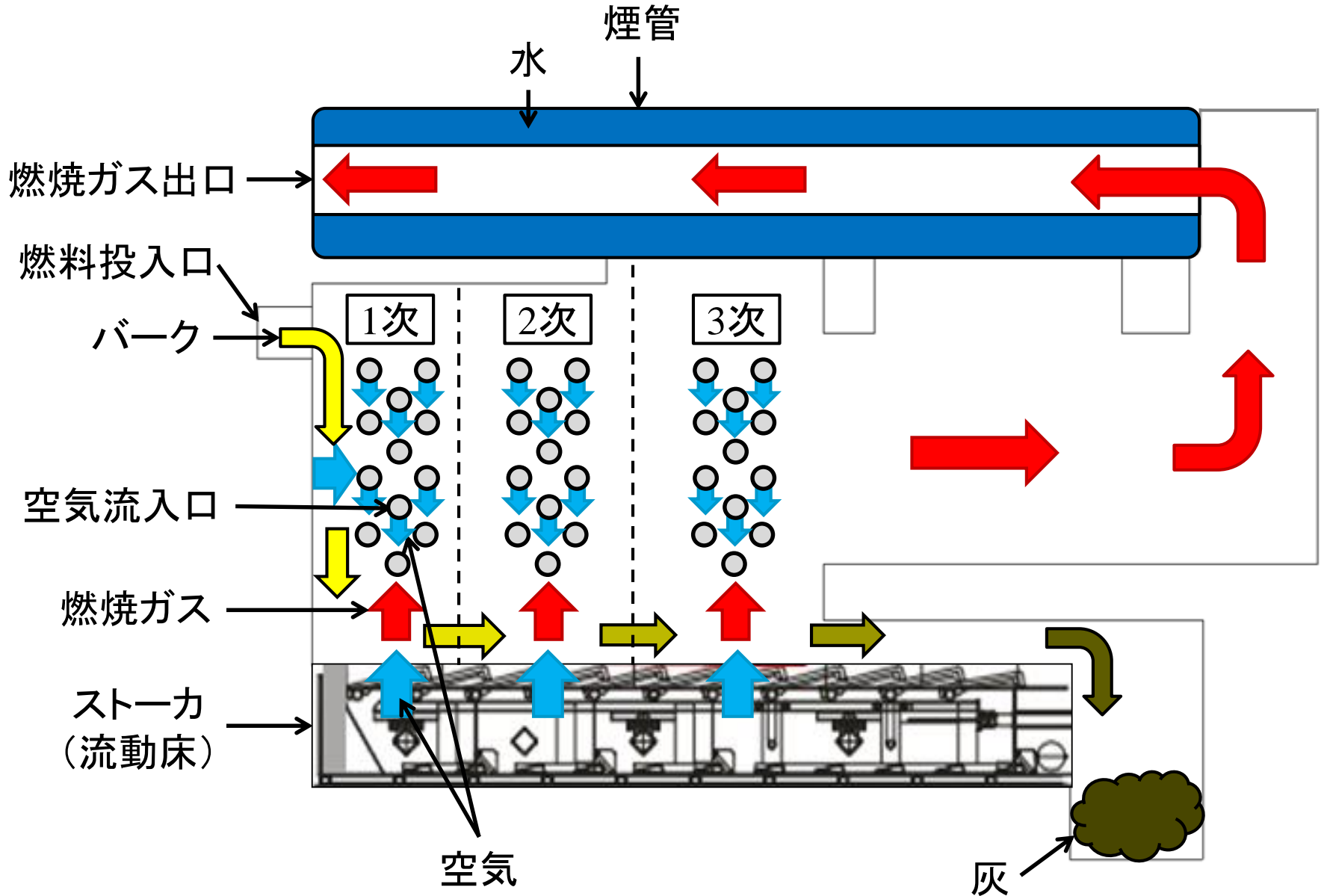
➡ 高含水率燃料

## 研究目的

高効率かつ低エミッションを実現するためのボイラーへの適切な空気導入およびバークの含水率制御の実現

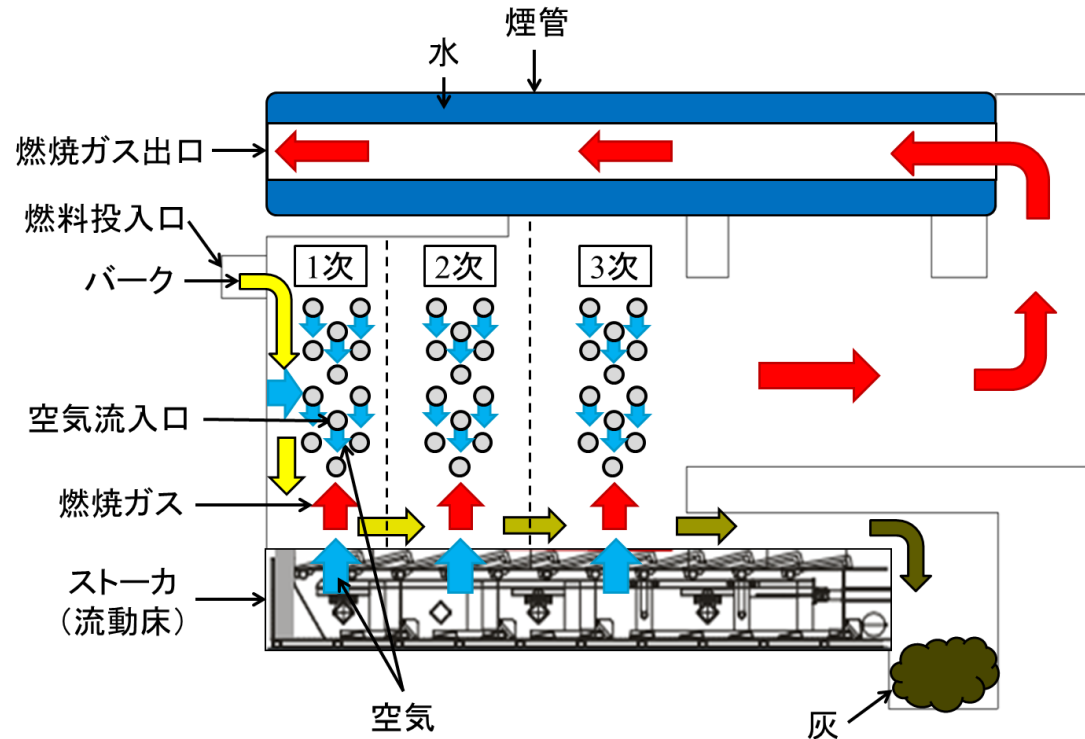


# バークボイラー概略



# 解析の概略と目的

- 実験データによる空気流量を元に2つのケースの解析を行う。
  - Case 1: **ボイラー効率46%**
  - Case 2: **ボイラー効率40%**
- 今回の解析では、固体燃料をメタンガスに置き換えて解析を行う。



バークボイラー概略

## 目的

- Case 1とCase 2の速度分布および温度分布を解析により求める。
- 最適な空気供給量について検討する。

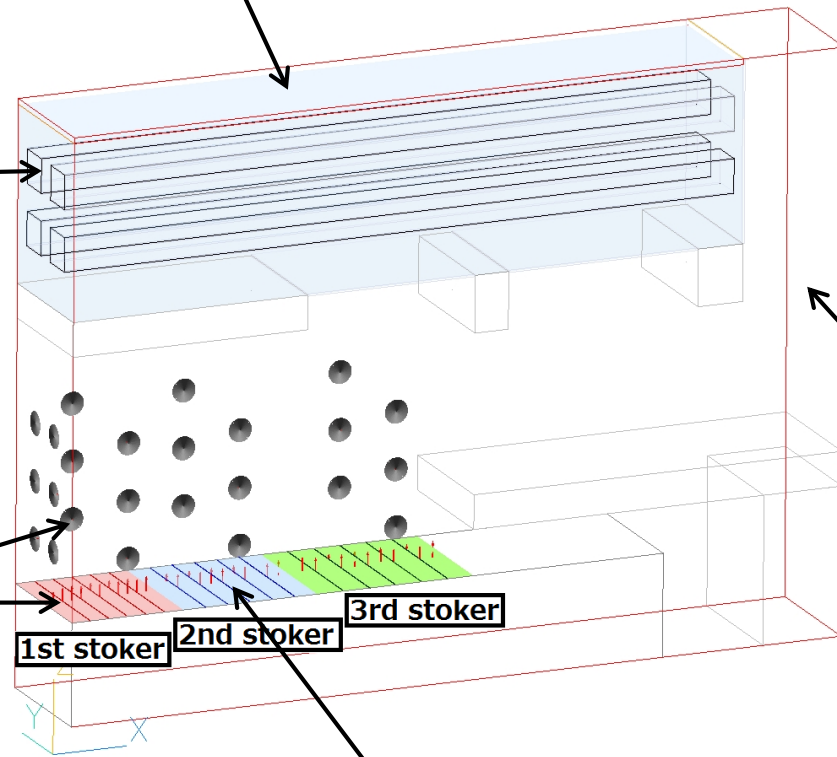
# 解析モデル概略(1)

解析モデルのサイズ: 6.9W × 1.2D × 5.1H (m)

熱交換部: 流動のない固体  
(アルミニウム, 上部の温度300 Kに固定)

出口: 流出条件

炉内の壁面: 断熱壁



空気は側面及び  
ストーカより流入

ストーカは固定

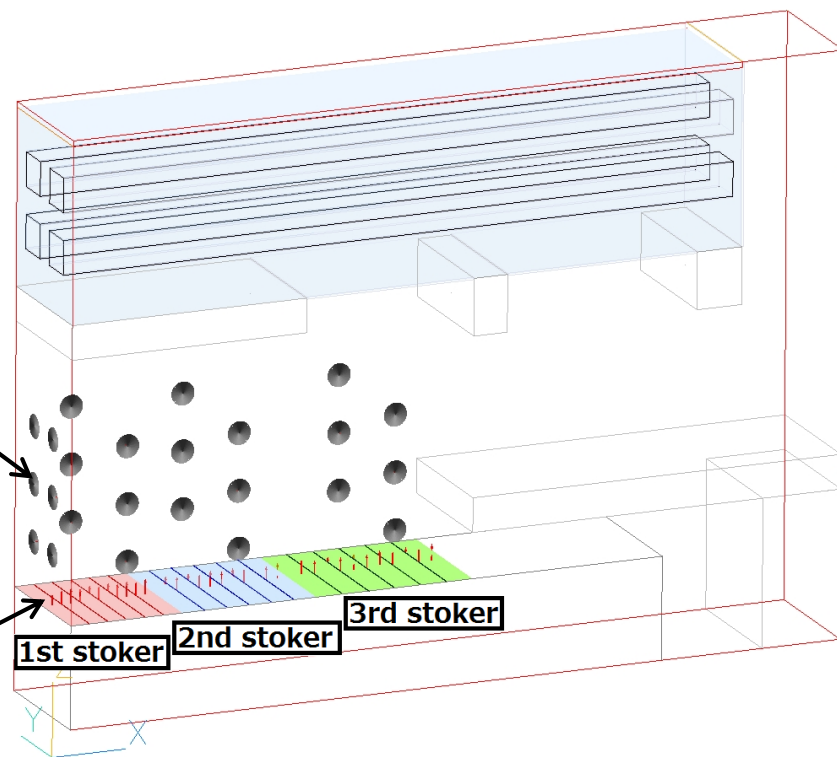
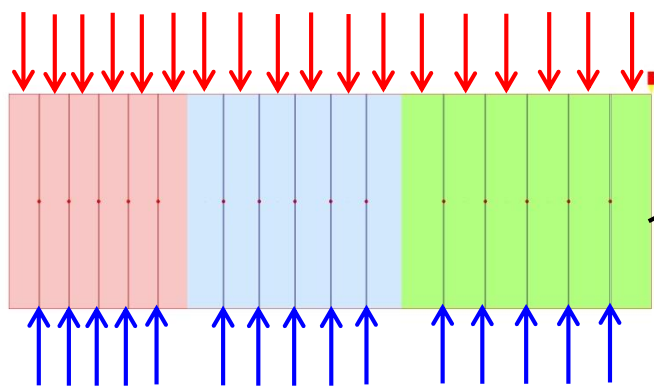
# 解析モデル概略(2)

側面は直径十数 mm程度の多数の小さな空気供給孔.



サイズの大きな供給孔で代表.

燃料は空気と別に流入させる.



解析モデル概略

非常に細かいスリット(8 mm)から空気が流入する.

# 燃焼反応モデル

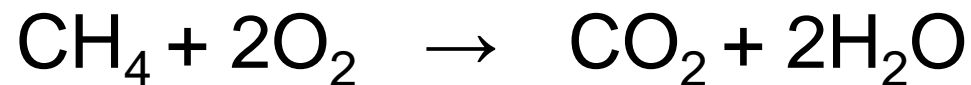
## 木質系バイオマスの燃焼

ガス・タール(液体) + チャー(固体)

主成分：メタンガス

本研究では、初期段階としてバークを  
気体燃料のメタンガスに置き換える。

## 反応モデル(単段総括反応)



(反応速度:アレニウス則)

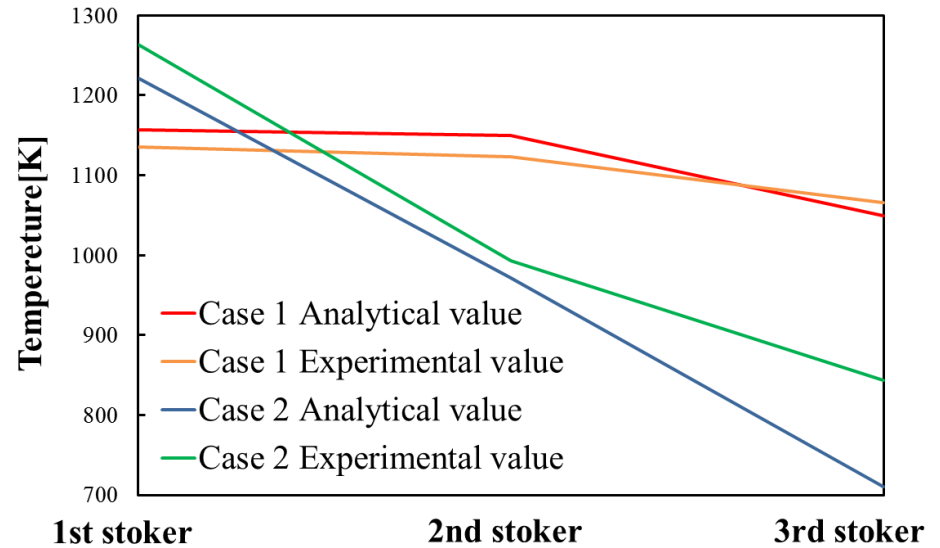


# 燃料の供給量に関する検討

1次～3次の燃焼室の燃料の供給量を変える。



最適な供給量を決定する。



実験結果と解析結果の温度分布の比較  
(供給量[m<sup>3</sup>/min] : 0.68, 0.50, 0.18)

温度分布は良い一致を示している。



炉内の温度分布を再現できている。

Case 1 : 高効率 (ボイラー効率46%)

Case 2 : 低効率 (ボイラー効率40%)

# 解析条件

以下の2ケースに関して解析を行う。

- Case 1 : 高効率(ボイラー効率46%)
- Case 2 : 低効率(ボイラー効率40%)

空気流量は実機の条件に設定

Case 1 : 一次の流量が**低**く,  
二次の流量が**高**い.

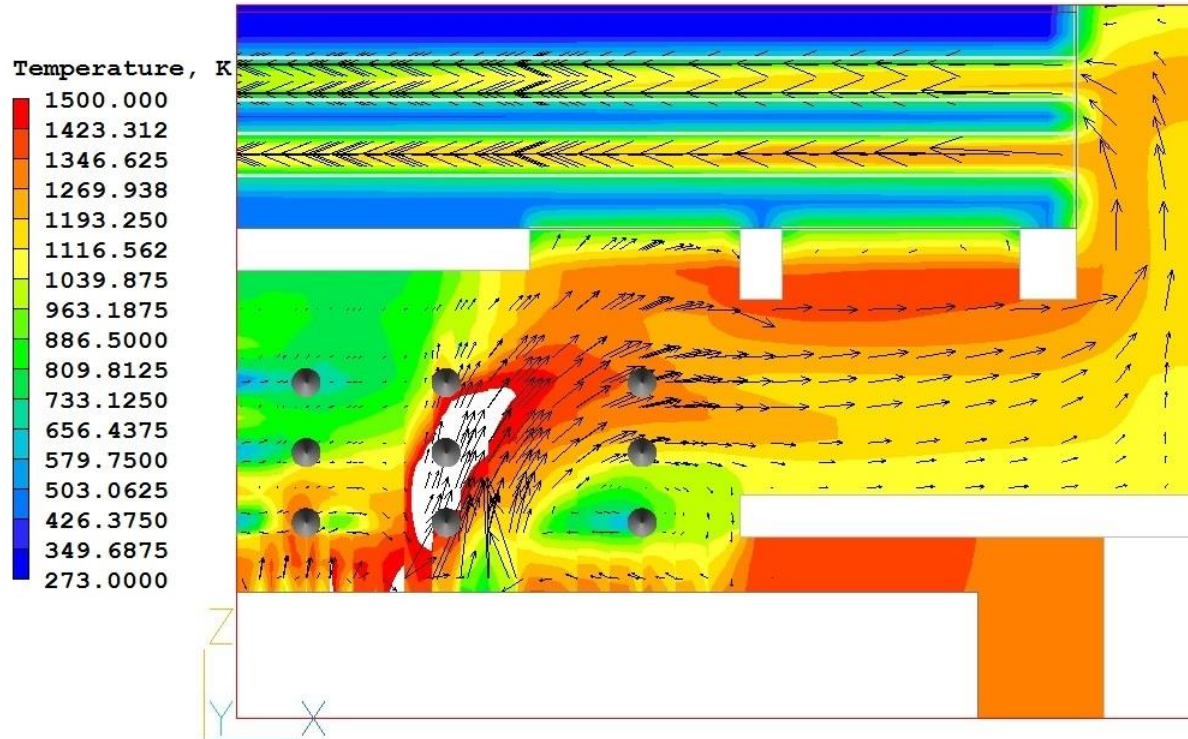
Case 2 : 一次の流量が**高**く,  
二次の流量も**高**い.

燃料および空気流量

		Case 1	Case 2
Combustion chamber air flow[m <sup>3</sup> /min]	First	3.1	1.1
	Second	3.4	3.4
	Third	2.7	2.7
Stoker air flow[m <sup>3</sup> /min]	First	<b>3.4</b>	<b>12.1</b>
	Second	<b>11.4</b>	<b>14.6</b>
	Third	2.1	2.1
Stoker fuel flow[m <sup>3</sup> /min]	First	0.68	0.68
	Second	0.50	0.50
	Third	0.18	0.18

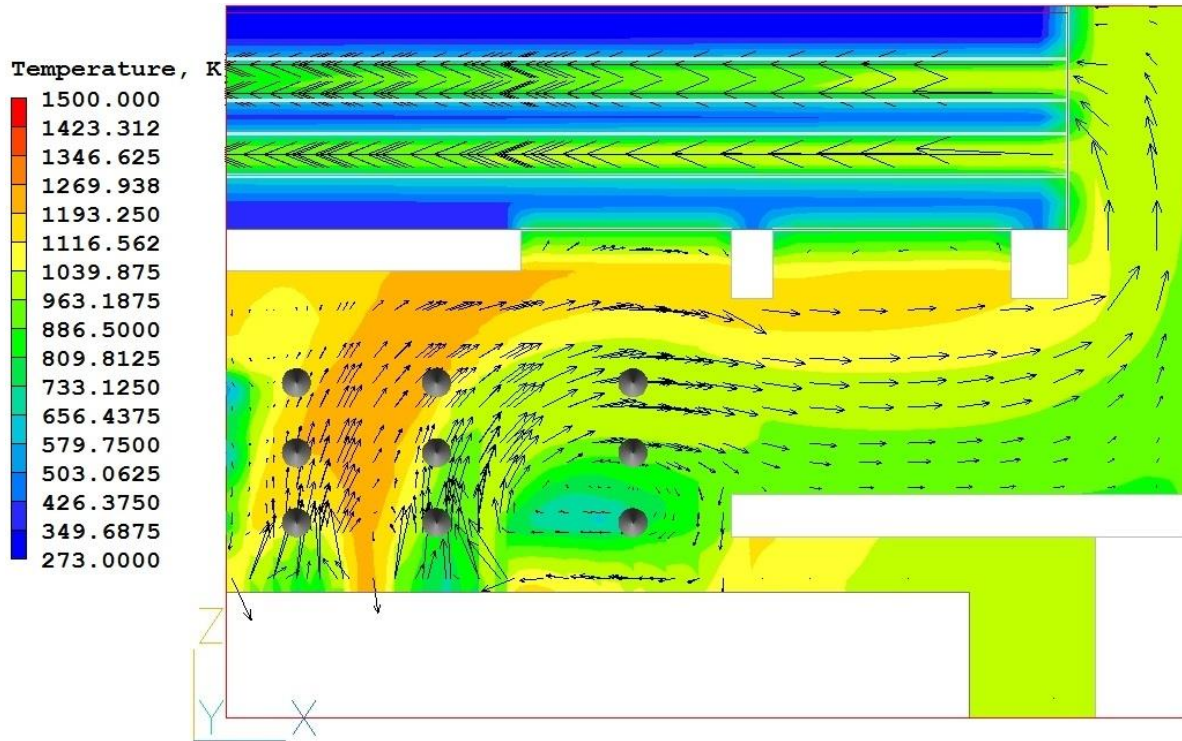
(側面からの流量はほとんど変わらない)

# 速度・温度分布 (Case 1, ボイラー効率46%)



- ・ 2次の燃焼室の温度が非常に高い.
- ・ 1次の燃焼室の温度はそれほど高くない.

# 速度・温度分布 (Case 2, ボイラー効率40%)

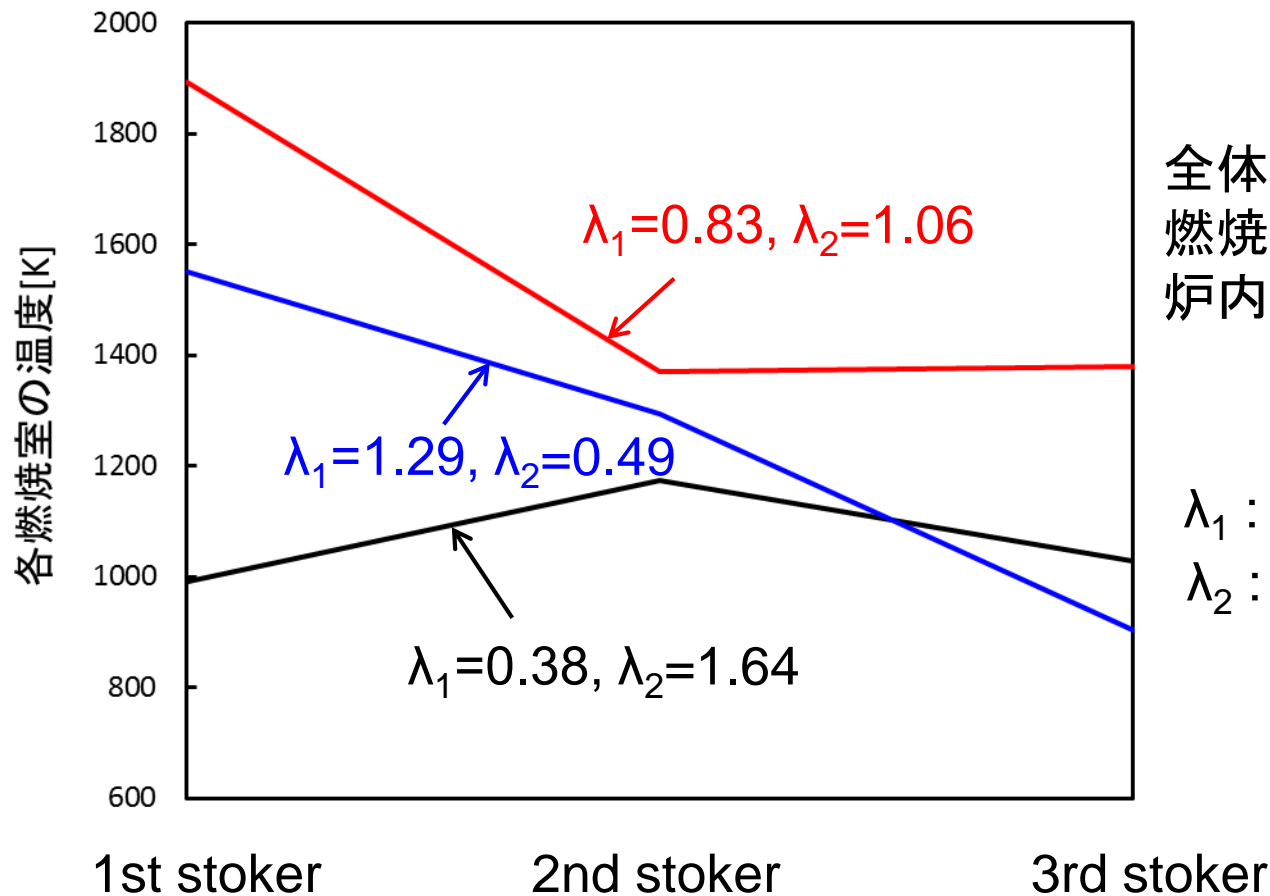


Case 1と比較し, 1次燃焼室の温度が高いが, 全体的に温度が低い.



1次のストーカ部より燃焼に寄与しない余剰空気が原因?

# 最適な空気供給方法の検討(1)



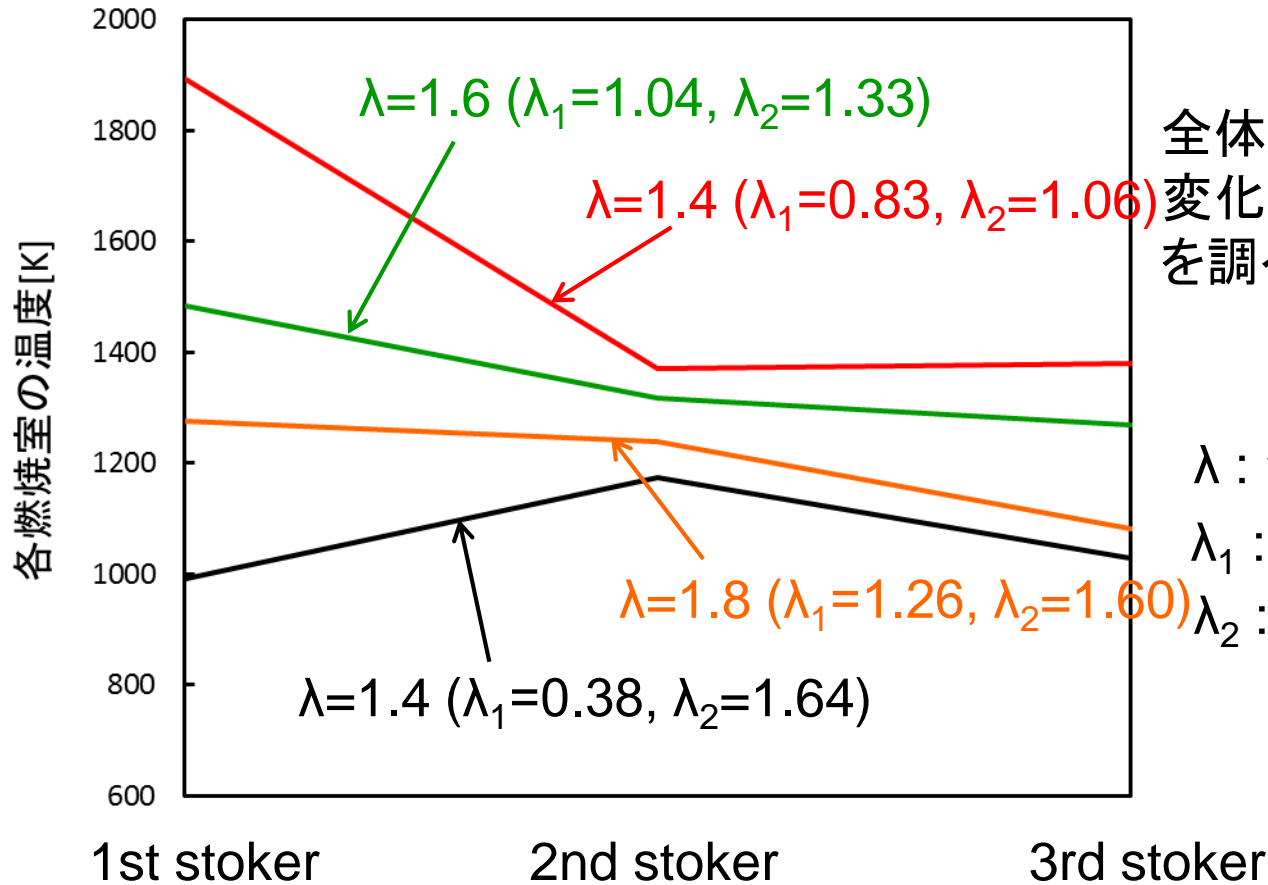
全体の空気量を固定し、1, 2次  
燃烧室の空気量を変化させ、  
炉内の温度を調べた。

$\lambda_1$  : 1次燃烧室の空気過剰率  
 $\lambda_2$  : 2次燃烧室の空気過剰率

全体の空気過剰率: 1.4

全体の空気過剰率が1.4の場合には $\lambda_1=0.83$ ,  $\lambda_2=1.06$ のケースで炉内の温度が高い

# 最適な空気供給方法の検討(2)



全体の空気過剰率を1.4~1.8に変化させ、炉内の温度分布を調べた。

$\lambda$  : 全体の空気過剰率  
 $\lambda_1$  : 1次燃焼室の空気過剰率  
 $\lambda_2$  : 2次燃焼室の空気過剰率

$\lambda_1 / \lambda_2 = 1.27$  (黒以外のデータ)

全体の空気過剰率が1.4の場合が炉内の温度が高いことがわかった。

# まとめ

---

1. バークボイラーの解析モデルを作成し、ボイラー内の速度・温度分布を求めた.
2. 空気供給量を変化させ、ボイラー内の温度分布を求めた.



全体の空気過剰率が1.4, 1次燃焼室の空気過剰率が0.83,  
2次燃焼室の空気過剰率が1.06の場合に炉内の温度が最も高かった.

## 今後の展望

- ・ 二相流パッケージを用いて無数の水液滴を含んだ燃焼解析を行う (NO<sub>x</sub>の評価も行う. ).
- (・ 固体燃焼を行うためのモデルの開発. )