

# 各階連続配置の室外機の CFD による温熱環境及び排熱効率の検証

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143120007-3 川端 真彰  
(指導教員 近本智行)

## 1. はじめに

現在、中規模ビルや小規模ビルにおいて空冷式のパッケージエアコンが多く採用されている。そして、近年では大型ビルにおいても多くみられている。その中でも空調室外機などのコアを各階の南側屋外に集めて、連続設置を行うことによって、設置スペースを低減させるとともに、室内への日射負荷を削減し、行動スペースを有効的に使用することができるコアの配置計画(以後、各階連続設置と記述する)が注目を集めている。

しかし、各階連続設置の事例はまだ少なく、空調室外機の完全な配置計画は確立されていないことが現状である。また、室外機の配置方法を決定する上で、室外機の吹き出し気流の性状や特性などを把握し、排気した高温の空気を再吸気しないように、吸排気を分離する配置計画を提案及び検証する必要がある。

本研究では空調室外機の各階連続設置における配置計画を CFD 解析によって、吸込み温度を元に熱交換効率を算出し、最適な吸排気計画を提案し検証する。また、CFD 解析において室外機モデルを作成し、精度検証を行った上で、各階連続設置の解析に組み込むことによって、より正確なシミュレーションを行う。

## 2. 室外機モデルの検証

### 2.1 室外機実測概要

K 敷地内に検証用のエアコンを 2 台設置し、実測を行った。室外機の温度測定の数地を図 1 に示す。測定項目及び測定結果を表 1 に示す。また 2 つの室外機を並べただけの Case1 と、吸込み温度を故意に上げるために板を設置し、ショートサーキットを起こすレイアウトにした Case2 の 2 通りを検証した。

### 2.2 室外機モデル解析概要

実機による実測の結果と比較するため、実測空間を再現し解析を行った。解析空間を図 2 に示す。解析領域は 17000[mm]×12500[mm]×10000[mm]に設定し、外気風速や風向、風温、室外機の排気温度、床面の温度などの境界条件は実測結果をもとに設定した。室外機に関しても詳細に再現するために、軸流ファンモデルを使用し、室外機モデルを作成した。室外機モデルの概要、解析空間の計算条件、境界条件を表 2.3.4 に示す。また、空調機モデルに使用している軸流ファンモデルの精度を検証するために、軸流ファンモデルを使用しない解析も行った。

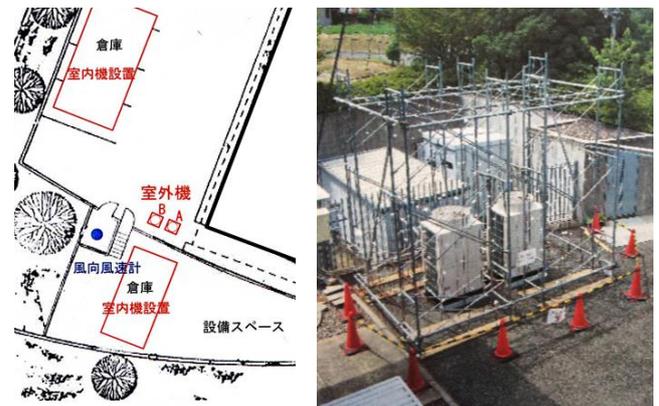


図 1. 実測敷地

表 1. 測定項目、測定結果

項目	Case1	Case2
外気温度	37.24°C	34.66°C
外気風向	336.6° (北北西)	341.7° (北北西)
外気風速	1.34m/s	1.2m/s
排気温度	A:44.18°C B:44.20°C	A:43.89°C B:43.09°C
排気風量	8400m <sup>3</sup> /h	8400m <sup>3</sup> /h
ファン回転数	690rpm	690rpm

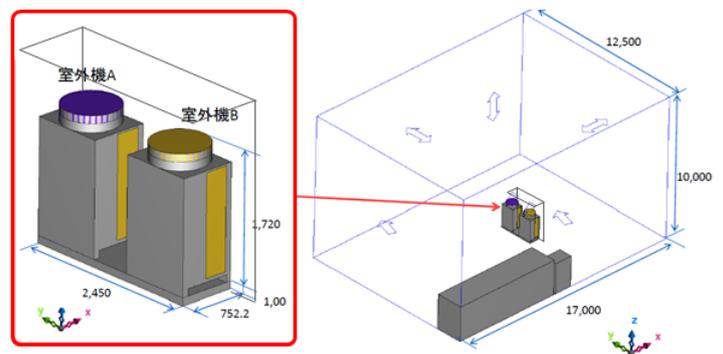


図 2. 解析空間

### 2.3 室外機モデル解析結果

室外機モデルの解析結果及び、実測結果、軸流ファンモデル未使用の解析結果、分解能変更前解析結果を図 3 に示す。本解析結果は実測結果との比較が必要なため、解析結果の温度コンター図を実測時の温度測定の距離及び高さ一致させて、表示させたものを分解能変更前解析とする。

解析結果の温度コンター図から、室外機モデルの温度の拡散性も高いことが分かり、代表点の温度もほぼ一致した。また、軸流ファンモデル未使用の結果と違い、旋廻流が再現できており、再現率の高いモデルであることが分かる。

吸込み温度によるショートサーキットの評価について図4より、Case1はすべての吸入口の吸込み温度が外気温度とほぼ一致しているため、ショートサーキットを起こしておらず、ショートサーキットを起こしていない正常運転時の室外機の温度性状が再現できている。Case2では吸入口の吸込み温度が外気温度より著しく高く、高温の排気を再び吸い込んでいることが分かる。よって、室外機モデルがショートサーキット時の再現率も高いことが分かった。

表2. 室外機モデル詳細

	境界条件	室外機モデル	
		A	B
軸流ファンモデル	排気温度	44.18°C	44.20°C
	流量	140m <sup>3</sup> /m	
	回転数	690rpm	
	羽枚数	3枚	
	旋廻力係数	0.6	



表3. 解析条件

	計算条件
解析領域	(X,Y,Z)=17000[mm]×12500[mm]×10000[mm]
メッシュ	(X,Y,Z)=162×208×106
乱流モデル	標準k-εモデル
重力	Z方向 9.8[m/s <sup>2</sup> ]

表4. 境界条件

	流速 [m/s]			圧力 [Pa]	流入温度 [°C]	乱流エネルギー [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	乱流消失率 [1/s <sup>3</sup> ]
	X成分	Y成分	Z成分				
Xmin,Ymin	0.4129	1.2748	0				
Xmax,Ymax				0	37.24	0.43083	0.516
Zmax				0			

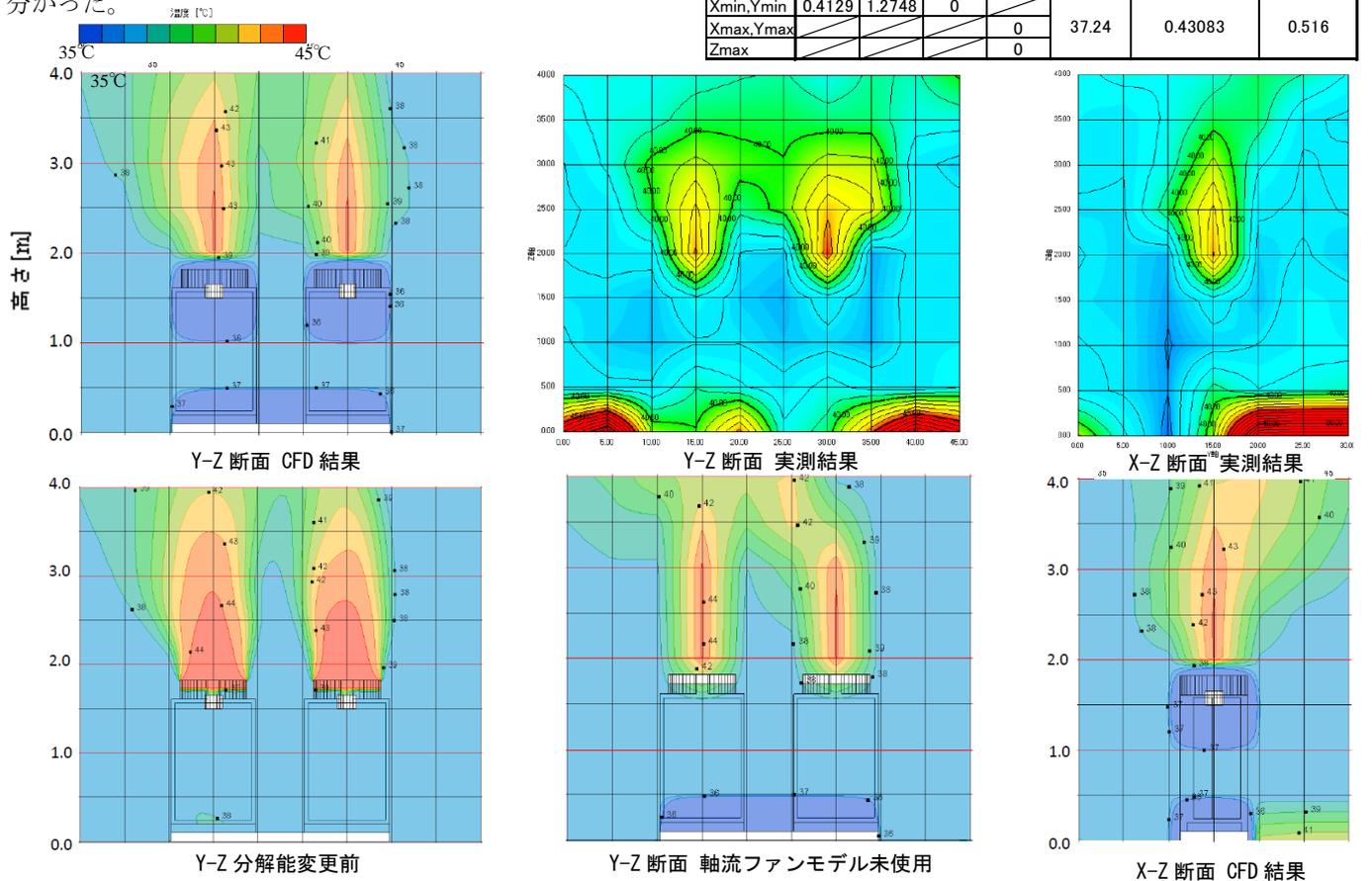


図3. 温度分布図

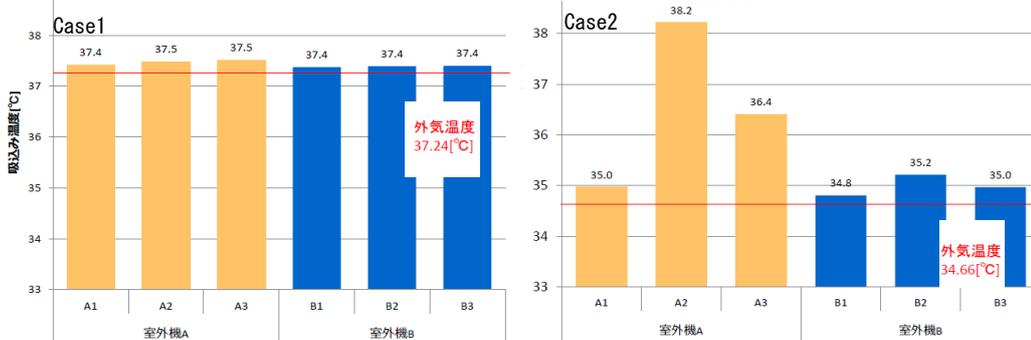
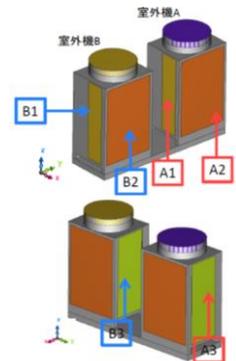


図4. 吸込み温度



### 3. 各階連続設置解析概要

各階連続設置の排気効率の検証を行うために CFD 解析によってシミュレーションを行った。使用する室外機モデルは室外機モデル解析により精度が保証できているものとする。解析領域は 10000[mm] × 14674[mm] × 21000[mm]とし、乱流モデルは標準 k-ε モデルを使用、差分スキームは一次精度風上として計算している。

本研究では 3 種類の排気方法を検証した。図 6 に詳細を示す。下段の室外機から排気された高温の空気を上段の室外機が吸気しないように、また自ら排気した空気を吸気しショートサーキットが起こらないように、排気口の高さに分断板を設け吸排気を分断した。排気方法は、排気を外側、吸気を内側へ誘導する設置方法(以後、外排気)と、排気を内側、吸気を外側から行う設置方法(以後、内排気)、分断板を設けず排吸気を分けない設置方法の 3 ケースである。

また、上記の排気方法 3 通りについてそれぞれ、外気風速 0.1m/s の穏やかな上昇気流を想定したケース(以後、基本ケース)、1m/s の上昇気流を想定したケース(以後、風速 1m/s ケース)、1m/s の横風が吹いているケース(以後、吹き流しケース)の 3 ケースの解析を行った。外気温度は上記の室外機実測値 37.24℃を使用する。また、室外機モデルの排気温度固定の条件を発熱条件に変更した。排気熱量は実測時の排気温度と吸気温度の温度差から算出したものを使用している。

排気効率の評価方法については、ケースごとに各室外機の排気温度を比較する。ショートサーキットの有無を判断するための基準となる温度は Case0 の一機だけの解析結果から算出された室外機吸込面 3 面の平均吸込み温度とする。

また Zmax の流速の境界条件を安定させるために余剰空間として 4 階以上の階層を設けたため、4 階部と 5 階部の 6 台の室外機は評価対象外とし、3 階部までの計 9 台を評価対象とする。

### 4. 各階連続設置解析結果

解析結果の温度コンター図及び、各ケースの機ごとの吸込み温度の値を表 8、図 8 に示す。図 8 のコンター図は代表として、外排気、内排気、分断板なしそれぞれにおいて基本ケースである Case1、Case4、Case7 の結果である。また、図 7 は風速の条件ごとに吸込み温度の上昇率<sup>注 1)</sup>を比較したものである。

分断板なしのケースの温度が著しく上がっていることが、温度コンター図から分かる。また、外排気のケースの方が内排気のケースより排気口付近の温度だまりの温度は高かったものの、吸込口付近の温度が低くなっている。

吸込み温度の上昇率を比較すると、すべての風速条件において内排気が一番優れている排気方法であることが

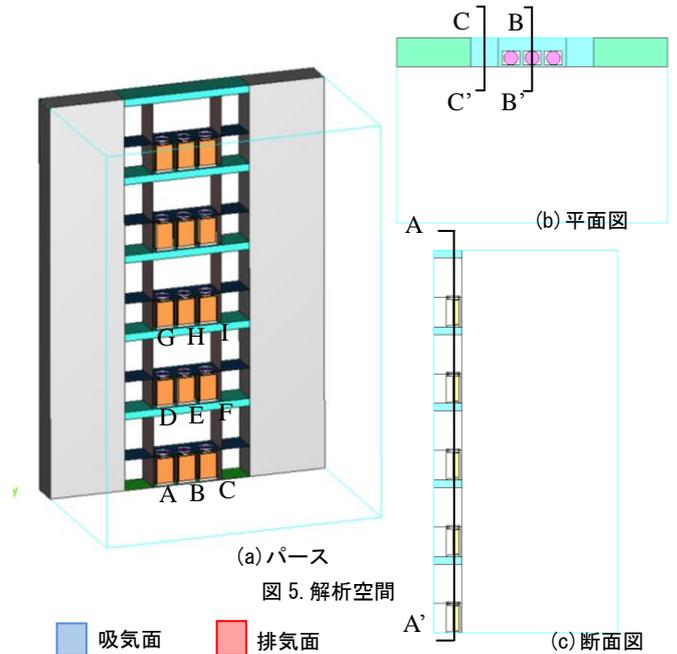


図 5. 解析空間

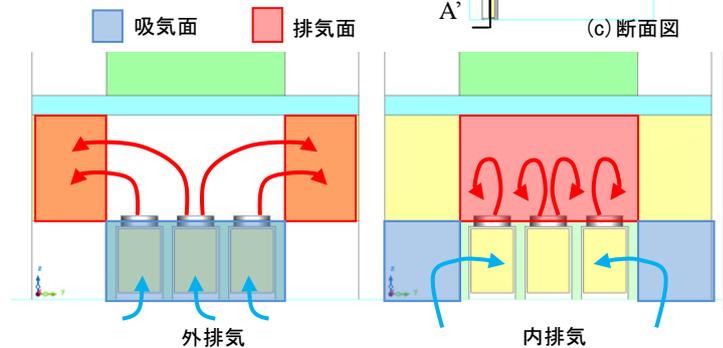


図 6. 排気方法

表 5. 解析条件

	計算条件
解析領域	(X,Y,Z)=10000[mm]×14674[mm]×21000[mm]
メッシュ	(X,Y,Z)=94×176×191
乱流モデル	標準k-ε モデル
重力	Z方向 9.8[m/s <sup>2</sup> ]
差分スキーム	一次精度風上

表 6. 解析ケース

	一機	外排気	内排気	分断なし
基本	Case0	Case1-1	Case2-1	Case3-1
風速1m/s		Case1-2	Case2-2	Case3-2
吹き流し		Case1-3	Case2-3	Case3-3

表 7. 境界条件

		流速			圧力 [Pa]	流入温度 [°C]	乱流エネルギー [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	乱流消失率 [m <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> ]
		X成分	Y成分	Z成分				
基本	Xmax	-0.1				37.24	0.00015	1.13 × 10 <sup>-8</sup>
	Ymin		0.1					
	Ymax		-0.1					
	Zmax				0			
風速1m/s	Xmax	-1				37.24	0.015	1.13 × 10 <sup>-5</sup>
	Ymin		1					
	Ymax		-1					
	Zmax				0			
吹き流し	Xmax	-1				37.24	0.015	1.13 × 10 <sup>-5</sup>
	Ymin		1					
	Ymax		1					
	Zmax				0			

分かる。しかし、吹き流しのケースでは上段部風下側の F、I 機において内排気の方が吸込み面の位置関係上外排気よりも温度が高いことが確認できた。

### 5. まとめ

本研究において、CFD 解析により室外機モデルの有用性を確認し、室外機の各階連続設置における排気方法の違いによる排気効率の検証を行った。排気方法については、内排気がおおよそそのケースについて有利であると分かったが、風向に影響を受けやすいことが分かった。

### 注釈

注 1) 吸込み温度の上昇率は、ショートサーキットの有無の基準となる Case0 の吸込み温度と各ケースの各吸込み温度の温度差を Case0 の吸込み温度で割った割合である。

### 参考文献

1) 久保, 石原ら: 空調用屋外機の排気特性及びエネルギー効率に関する研究 第 1 報, 第 2 報, 第 3 報 空気調和・衛生工学会論文集 No.133, 2008 年 4 月

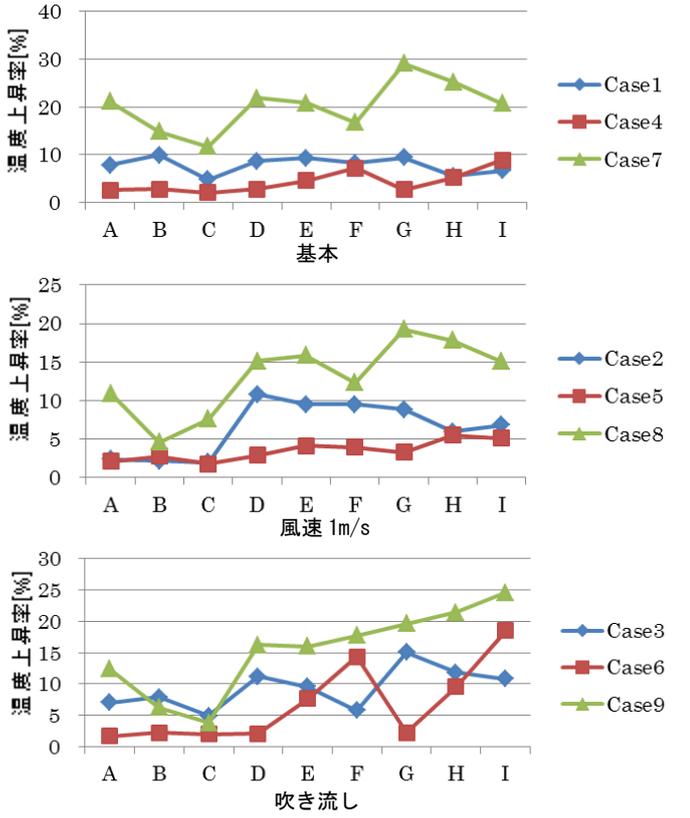


図 7. 吸込み温度上昇率

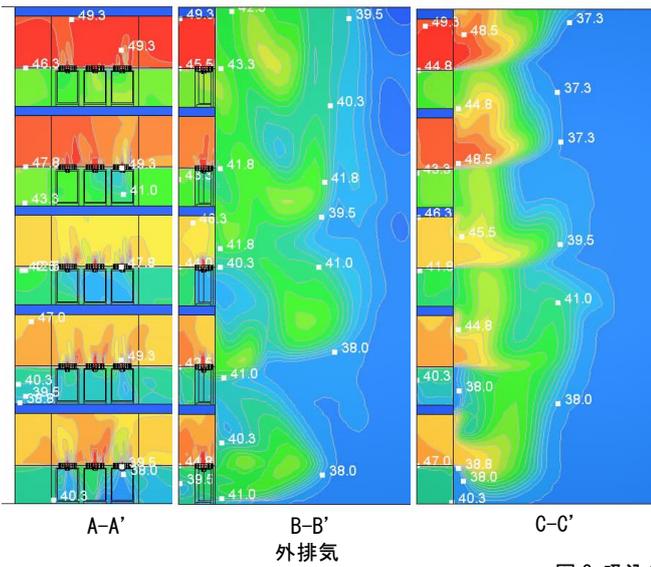


表 8. 吸込み温度

	5%以上上昇								
	10%以上上昇								
	外排気			内排気			分断板なし		
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8	Case9
A	39.68	37.64	39.39	37.72	37.56	37.4	44.59	40.82	41.35
B	40.43	37.58	39.71	37.83	37.8	37.61	42.25	38.48	39.09
C	38.53	37.5	38.59	37.53	37.44	37.53	41.09	39.58	38.21
D	39.98	40.76	40.91	37.82	37.85	37.55	44.85	42.37	42.77
E	40.21	40.29	40.32	38.46	38.31	39.61	44.47	42.62	42.68
F	39.83	40.29	38.93	39.42	38.22	42.07	42.94	41.33	43.33
G	40.24	40.03	42.35	37.76	37.99	37.63	47.53	43.88	44.03
H	38.8	38.97	41.14	38.7	38.8	40.32	46.07	43.36	44.68
I	39.26	39.29	40.77	40.04	38.67	43.62	44.43	42.33	45.84
平均	39.66	39.15	40.23	38.36	38.07	39.26	44.25	41.64	42.44

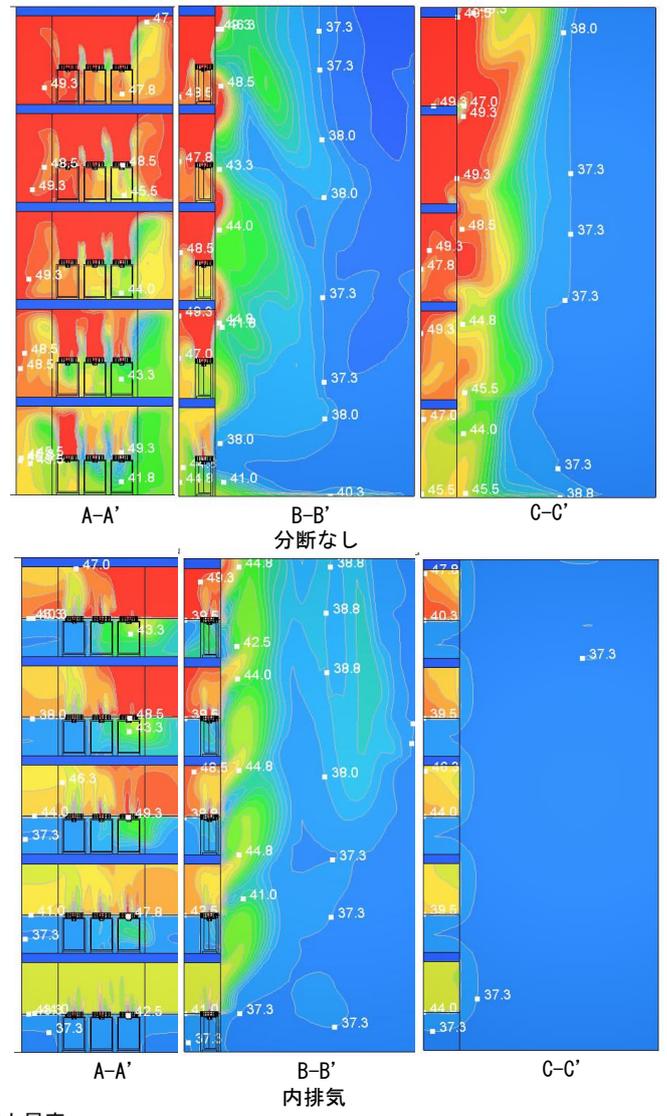


図 8. 吸込み温度上昇率