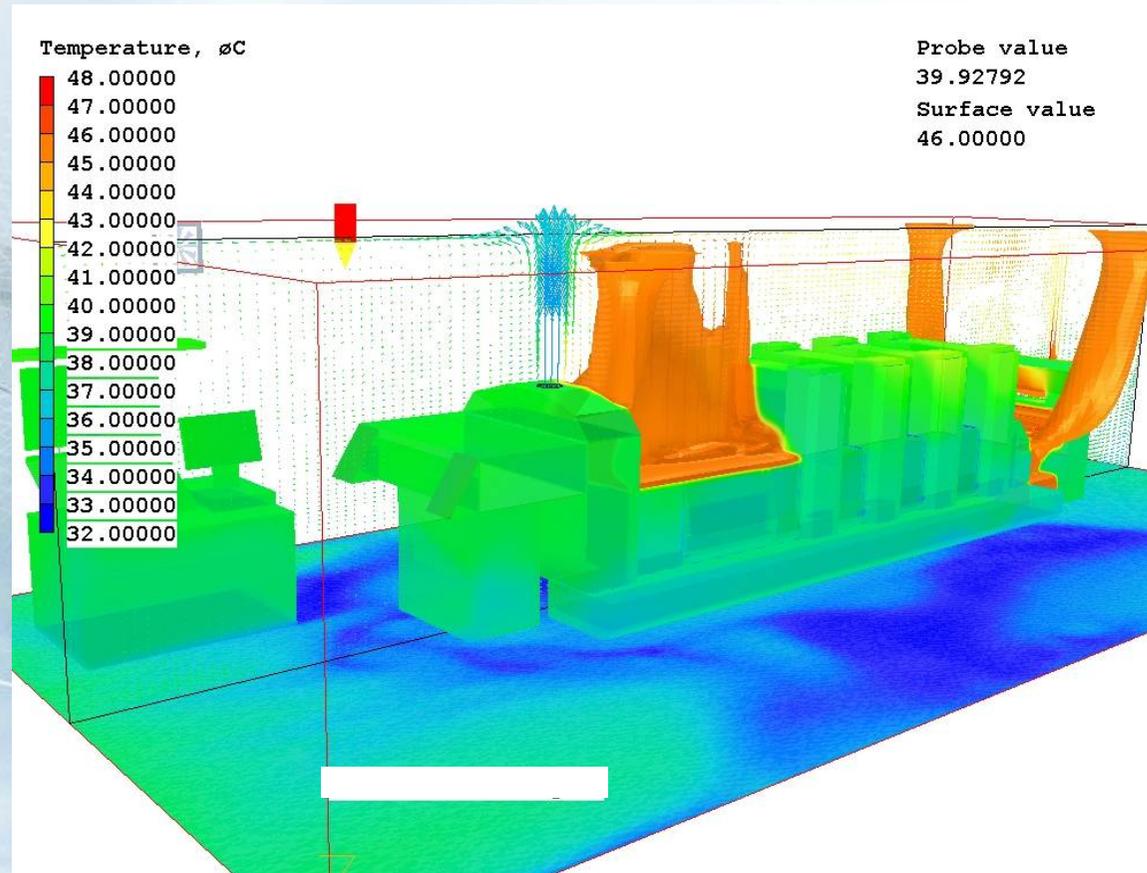


PHOENICSによる機械室内の 空調設計に関する考察



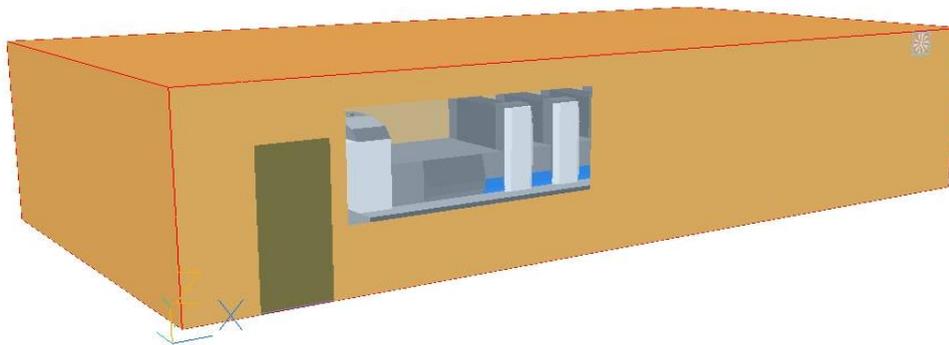
コンセントレーション・ヒート・アンド・モーメンタム・リミテッド
東京支店 技術開発部

2010/1/25



1. 部屋の概要

下図のような室内に大型機械が置かれている場合、空調にある制限があるとして、室内の作業環境をできるだけ快適にする空調設計を効率的に行う手法を検討した。

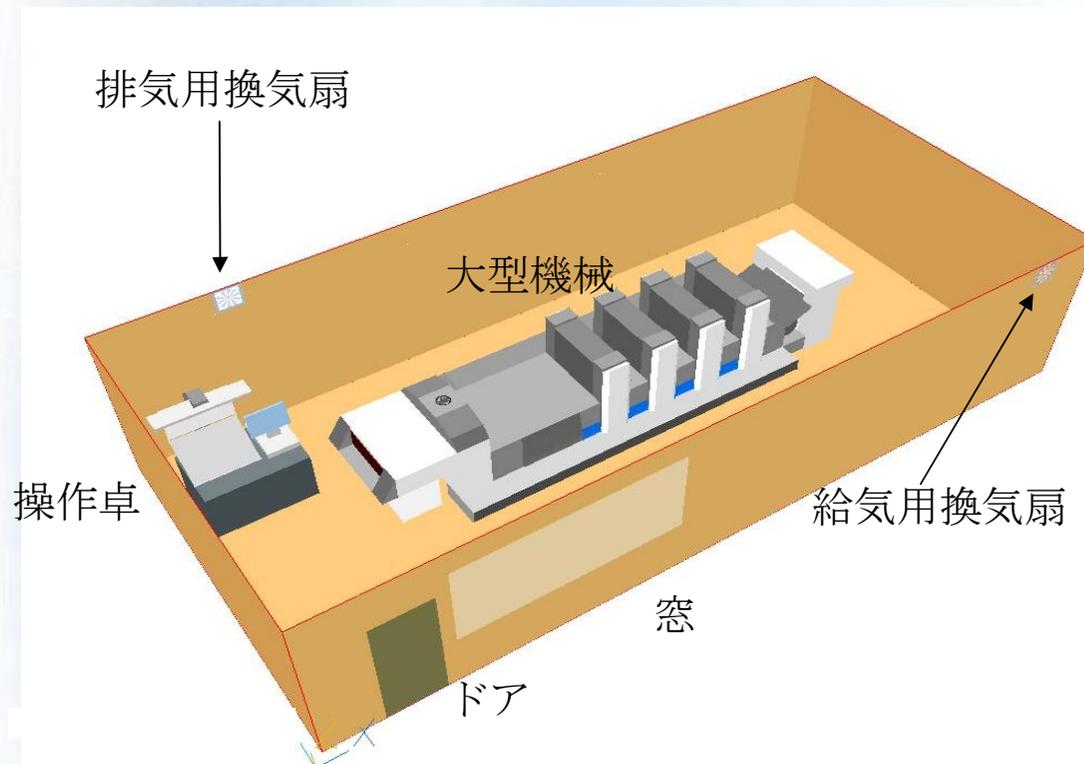


部屋の長辺 (X) が13m、
短辺 (Y) が6.1m、
高さ (Z) が3m

窓が1箇所、ドアが1箇所、
換気扇が2箇所

2. 大型機械の概要

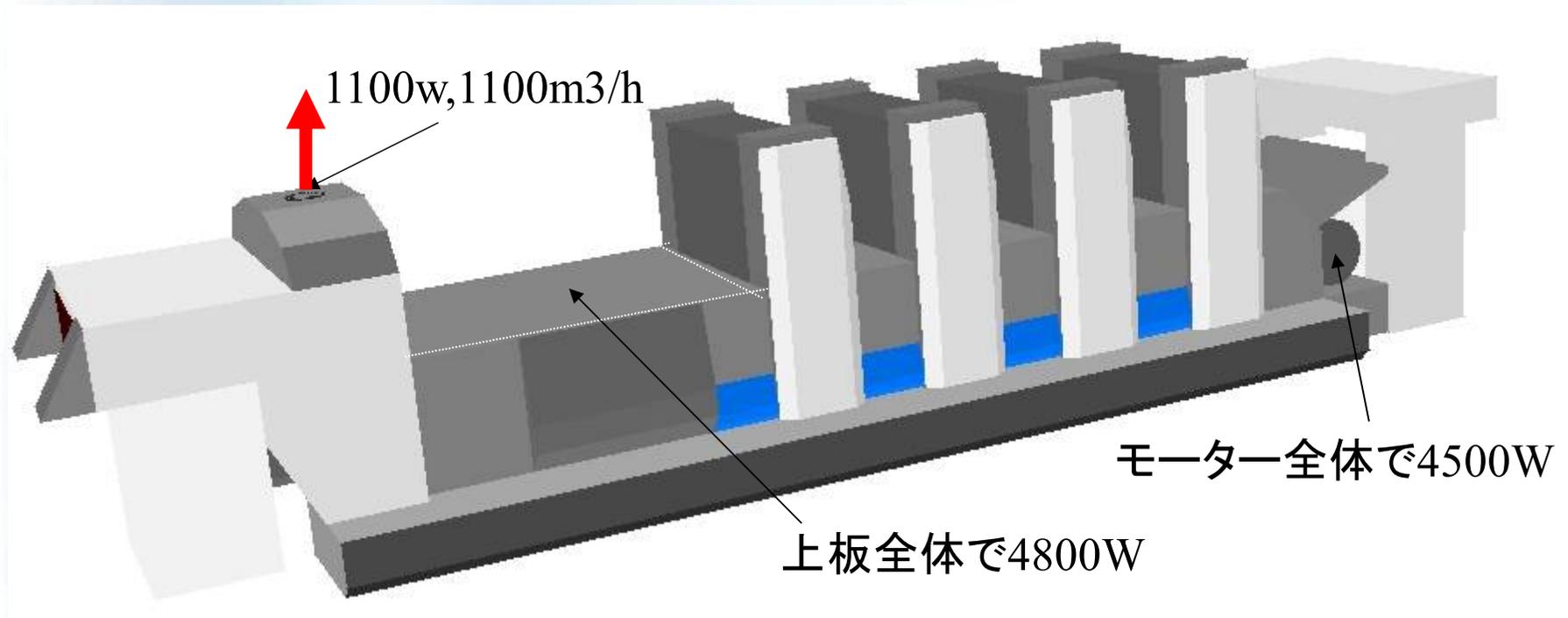
下図に示されるように室内中心に大型機械が置かれ、一方のコーナーに操作卓が置かれている。



機械の長辺 (X) が8.5m、
短辺 (Y) が1.6m、
高さ (Z) が1.87m

3. 熱的条件

今回は下記の3箇所の発熱のみを考慮した。



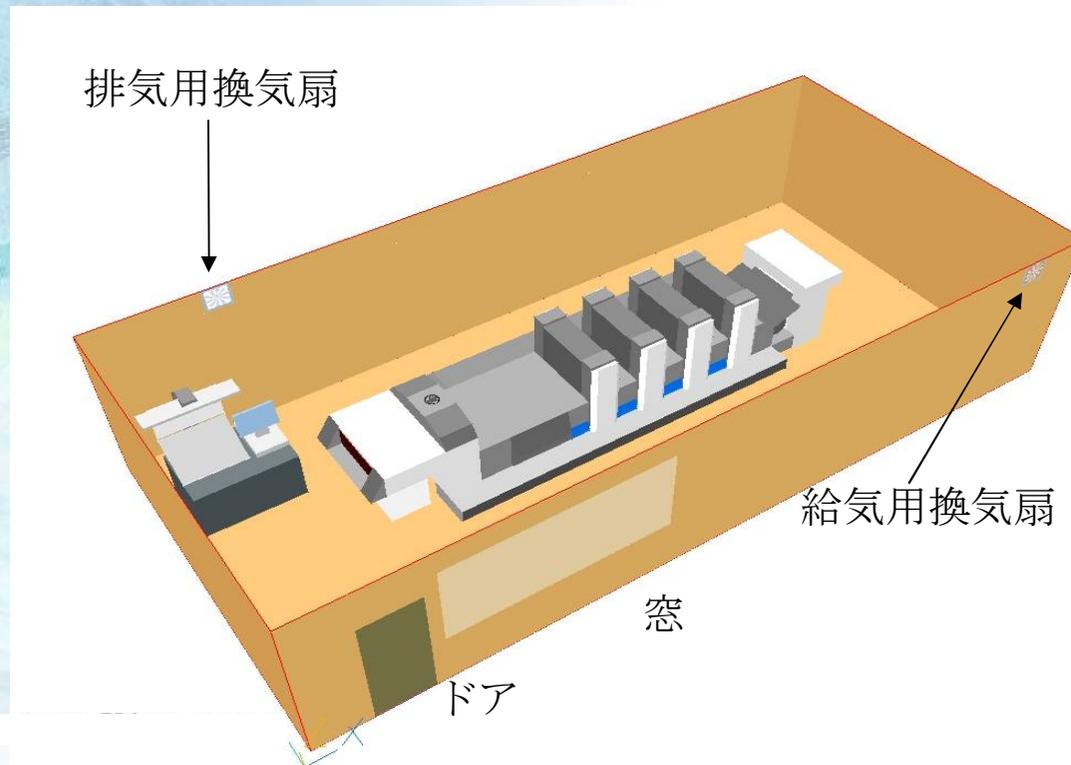
合計で“**10400W**”の発熱があるものとした。

10/1/22

4. 室内空調の制限

室内空調の解析を行うにあたって以下の制限があったとした。

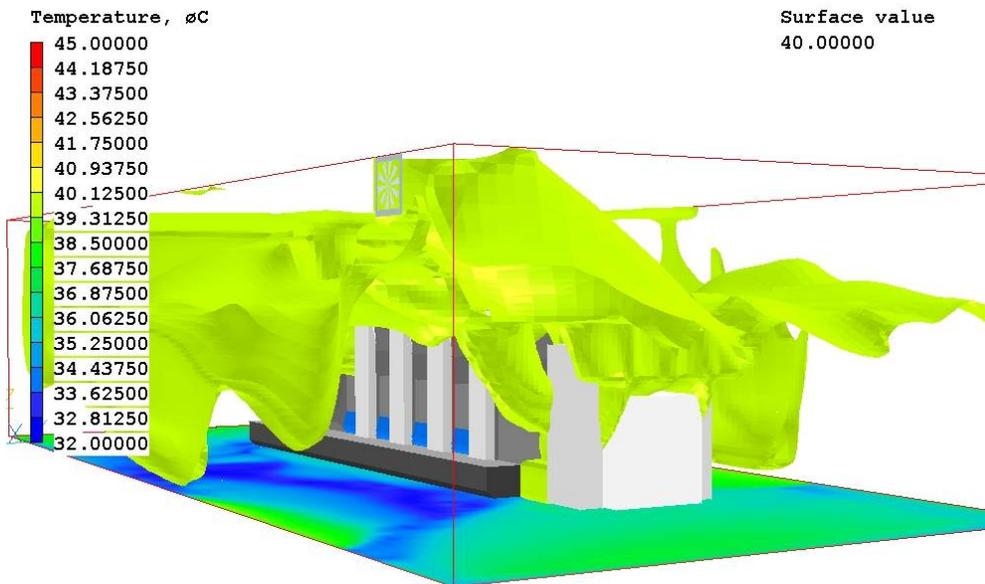
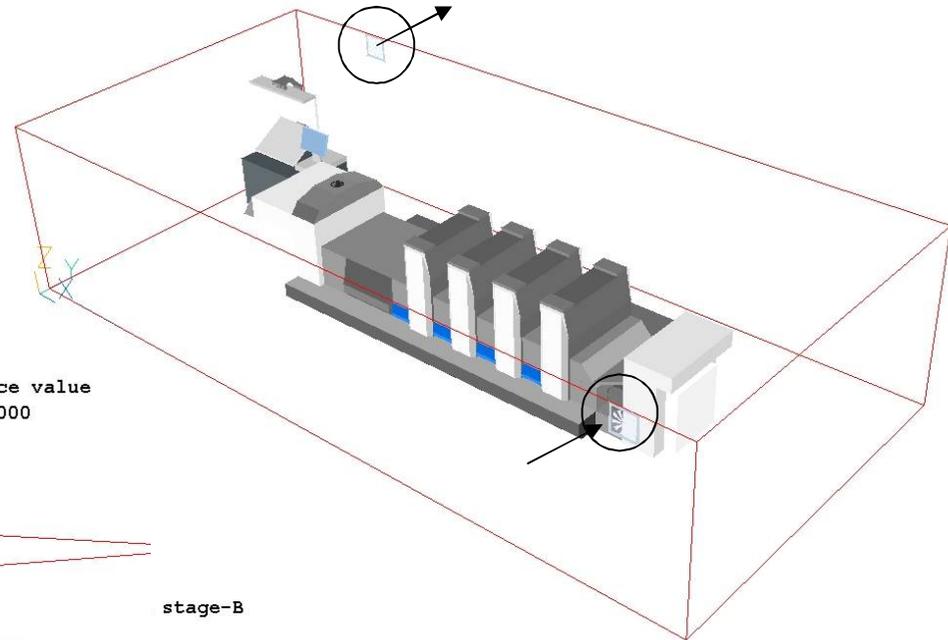
- ・ 換気扇の数は自由だが流量は $0.18\text{m}^3/\text{s} \times 2$ を最大量とする
- ・ 流入温度は 32°C 固定
- ・ 壁面温度は窓や天井も含めて全て表面温度を 32°C 固定
- ・ 換気扇は手前と向う側の長辺に沿った2面と天井にだけ設置できるものとする



10/1/22

5. 現状の確認

換気扇から32℃の空気が
0.18m³/sで吹き込んで対角線の
先にある換気扇から流出する。
換気扇数（流入1個、流出1個）



40℃の等値面

結果、室内では自然対流の影響が大きく空気は攪拌され温度分布も成層化があまり見られない。

6. 現状の分析

現状を分析して快適な作業環境を得るための方針を検討します。

室内における発熱量は“10400W”。空気流量は0.18m³/sなので熱容量を考えると、発熱量全てを空気で除熱した場合、空気の温度上昇は以下の式で表せる。

$$\Delta T = 10400 / (\rho C_p Q) = 48.35$$

ここで、
 ρ : 空気密度 (1.189 kg/m³)
 C_p : 空気比熱 (1005 J/kg.°C)
 Q : 空気流量 (0.18 m³/s)

したがって32°Cで流入した空気は80°C以上で流出することになる。

実際は室内壁面から熱伝達でも除熱されるため、流出空気が80°C以上になることはない。

7. 設計方針

室内の温度環境改善を考える時、次の2つの考え方がある。

- 1) 機械からの発熱で暖められた空気を対流等で攪拌することにより室内の平均温度を下げる
- 2) 機械からの発熱で暖められた空気をできるだけ対流させずに排気用換気扇まで導く

6. 現状の分析で述べたように、除熱に十分な量の空気が得られないため、熱い空気を冷たい空気と混合しても平均温度は作業に適した程度までは下がらない。

そこで、熱い空気は部屋の上部に集め、温度を成層化することで作業が行われる部屋の下の部分の温度を下げることを目指す。

8. 換気扇の配置

7.設計方針で考えたように、

- ・ 熱い空気は部屋の上部に溜め、そこから抜く
- ・ 対流による混合はできるだけせずに成層化を目指す

の2つに注意して以降の計算条件（形状）を決める。また

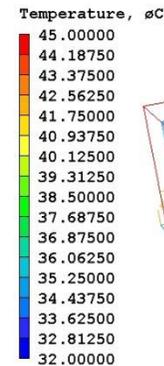
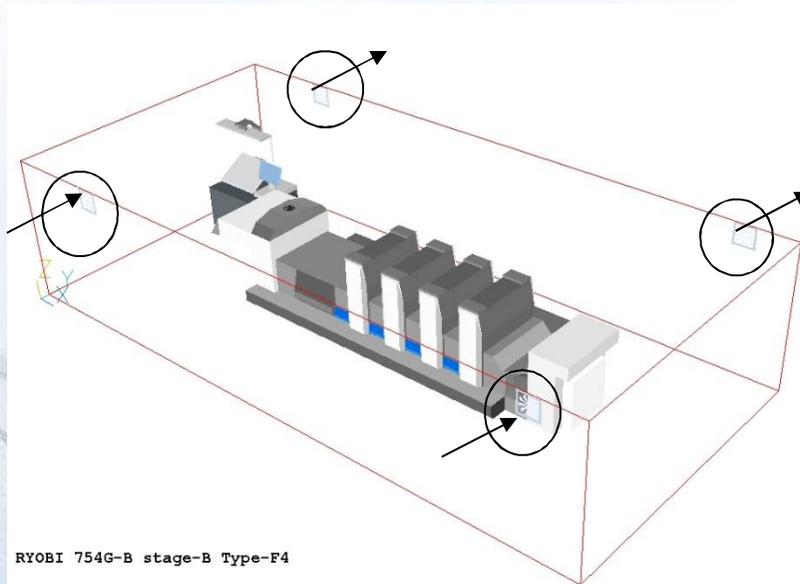
- ・ 計算は換気扇の位置を変えて4ケース行う
- ・ 流入・流出の換気扇が一つずつのBaseケース以外は換気扇の数に関わらず空気流量は換気扇位置が温度分布に及ぼす影響をみるために一定（ $0.36\text{m}^3/\text{s}$ ）にする

これらを考慮の上ケースごとの換気扇の配置を決めた。

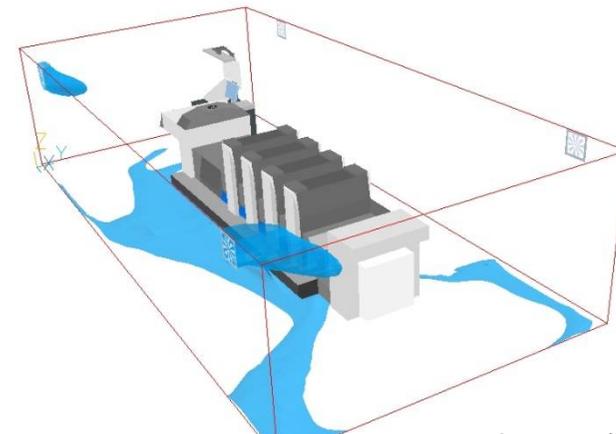
次ページ以降に換気扇の位置と
シミュレーション結果を示す



9. F4 : 側壁上部に in 2,out 2



Surface value
35.00000

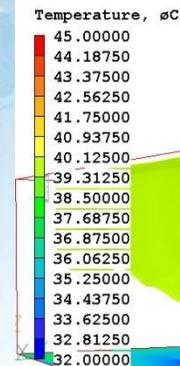


RYOBI 754G-B stage-B Type-F4

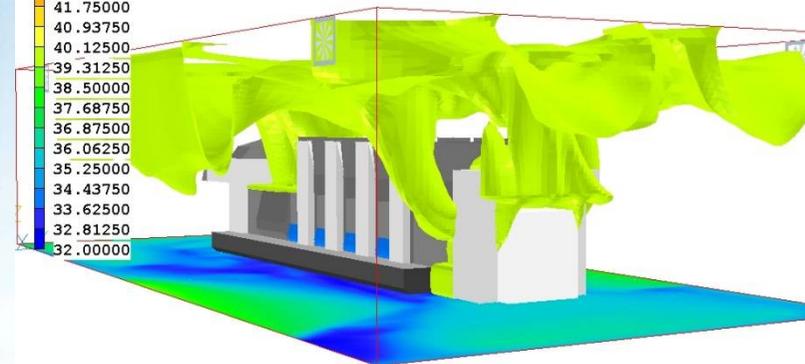
35°Cの等値面

現状に対して給気用、排気用のFANを一機ずつ追加。全て側壁の上面に配置した。

流量が倍になったこともあり右図の40°C等温度面も上にもちあがってきた。



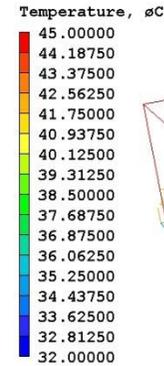
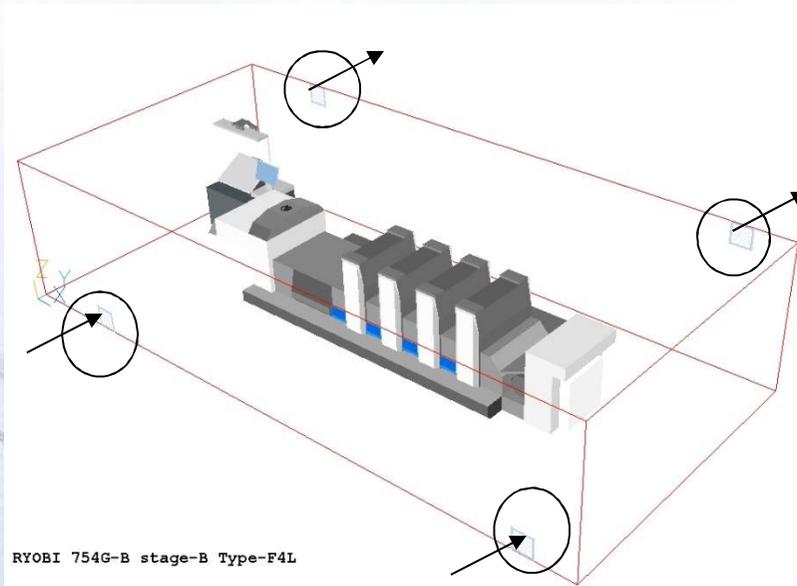
Surface value
40.00000



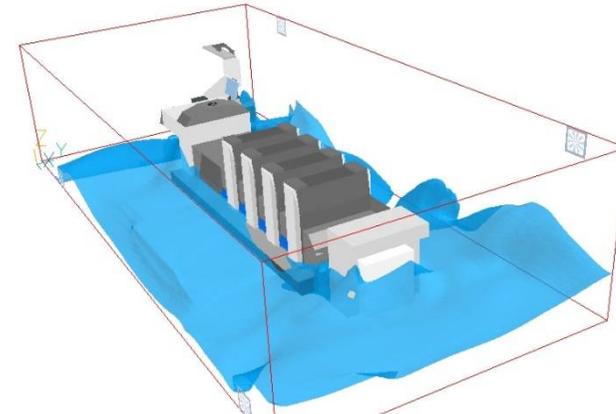
RYOBI 754G-B stage-B Type-F4

40°Cの等値面

10. F4L : 側壁下部に in 2,上部にout 2



Surface value
35.00000



RYOBI 754G-B stage-B Type-F4L

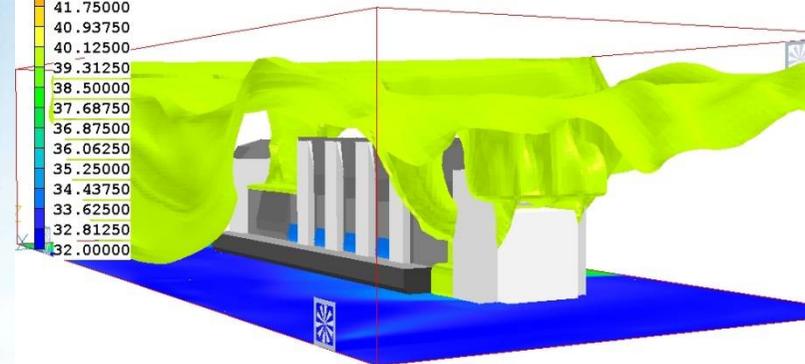
35°Cの等値面

給気用FANを手前の側壁下部へ、排気用のFANを対面側壁の上面に配置した。

35°C等温度面は床面全体に広がったが、40°C等温度面には対流の影響が見られる。



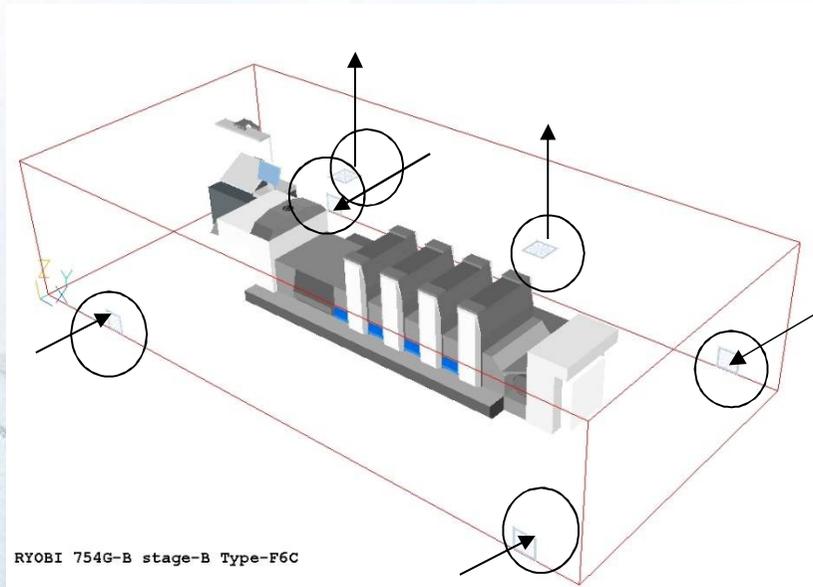
Surface value
40.00000



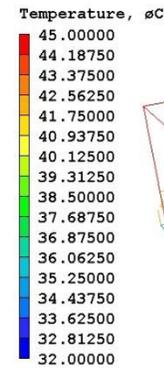
RYOBI 754G-B stage-B Type-F4L

40°Cの等値面

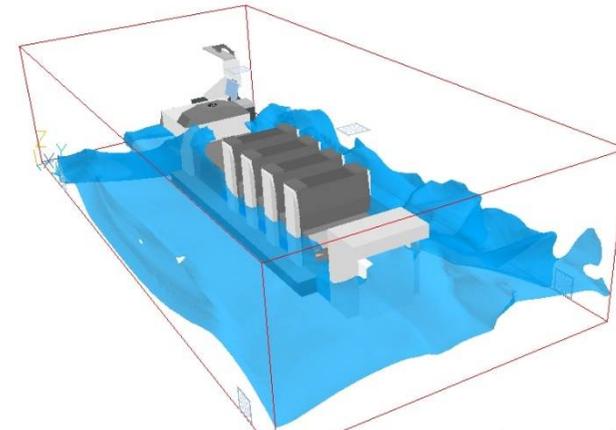
11. F6C : 側壁下部に in 4,天井にout 2



RYOBI 754G-B stage-B Type-F6C



Surface value
35.00000

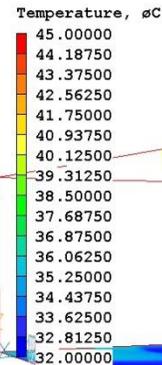


RYOBI 754G-B stage-B Type-F6C

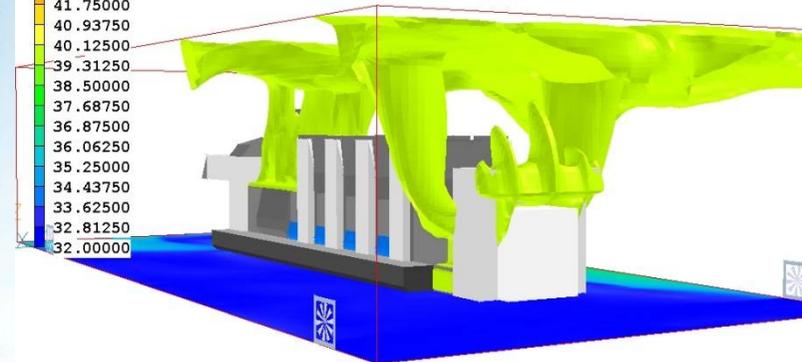
35°Cの等値面

給気用FANを両側壁下部へ、2個ずつ4個、排気用のFANを天井に2個配置した。

35°C等温度面は床面全体に広がり、40°C等温度面も天井面付近に薄く広がるようになった。



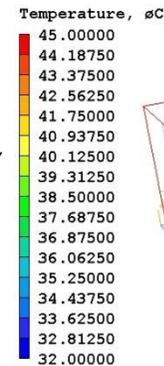
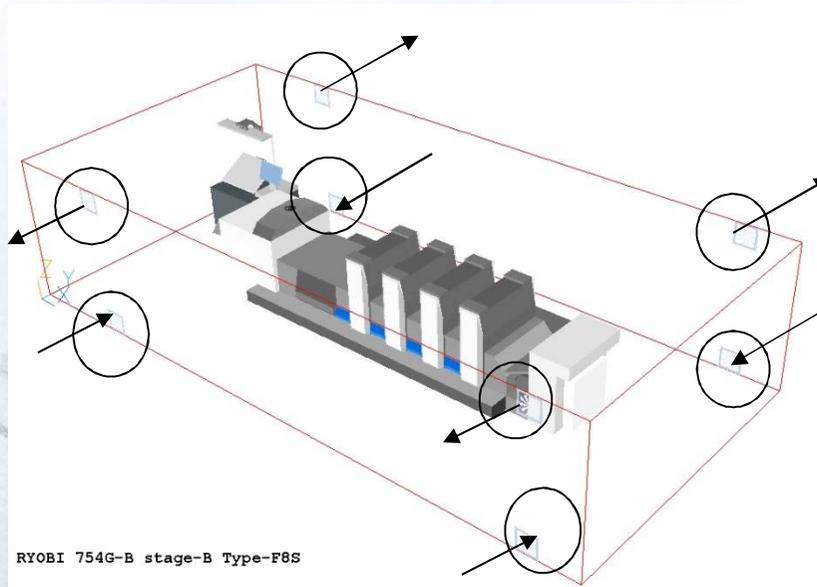
Surface value
40.00000



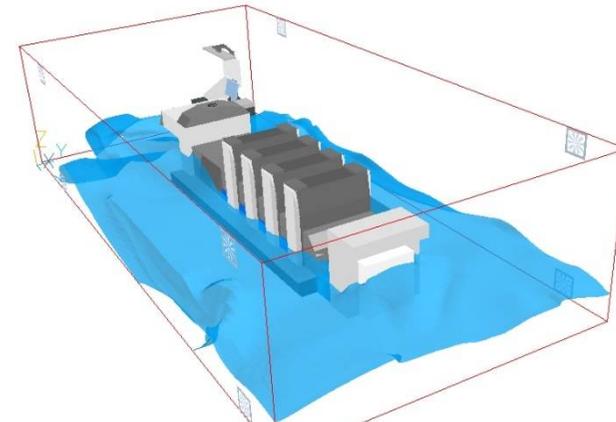
RYOBI 754G-B stage-B Type-F6C

40°Cの等値面

12. F8S : 側壁下部に in 4,上部にout 4



Surface value
35.00000

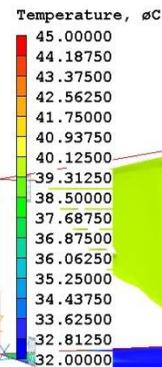


RYOBI 754G-B stage-B Type-F8S

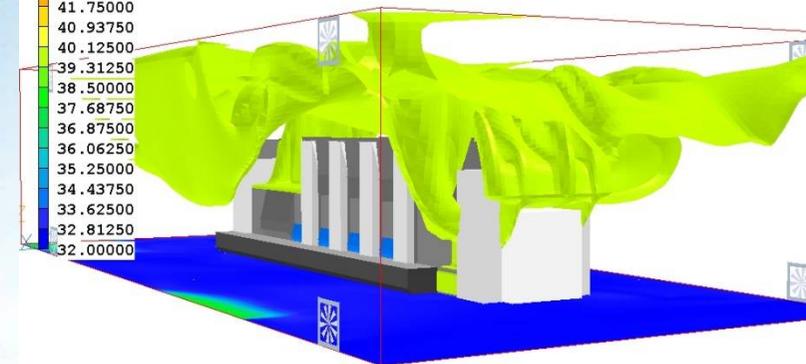
35°Cの等値面

壁面下部に給気用FANを4個、壁面上部に排気用のFANを4個配置した。

35°C等温度面は床面全体に広がるが、40°C等温度面には対流の影響が見られる。



Surface value
40.00000

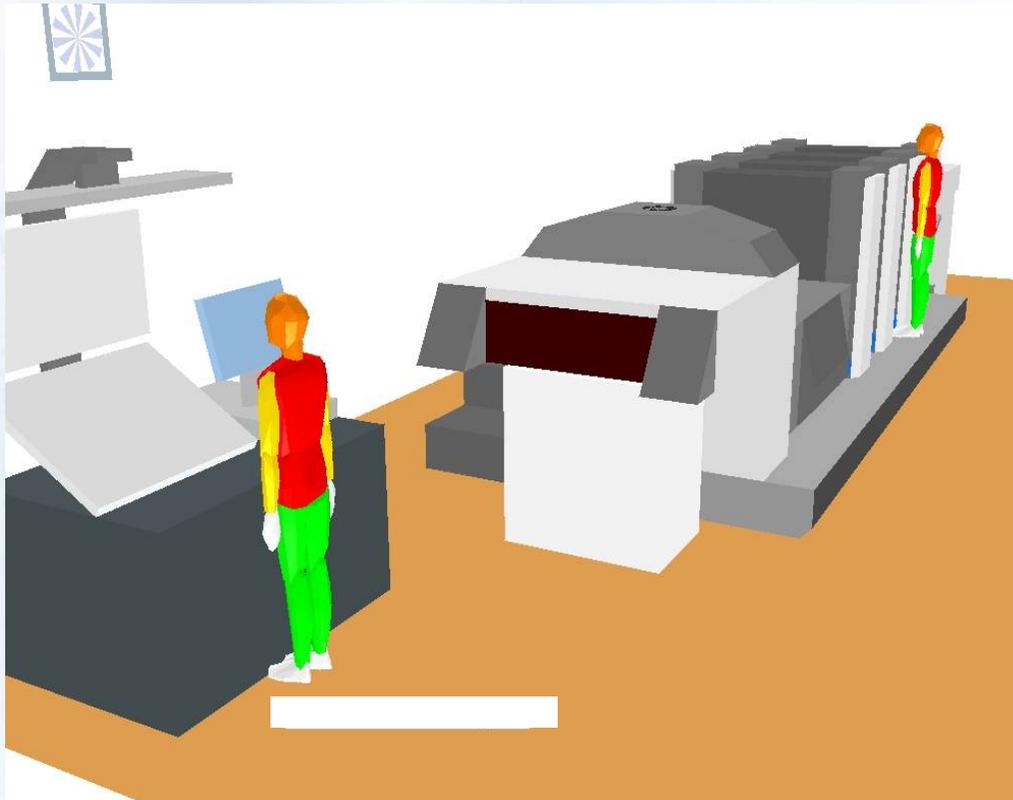


RYOBI 754G-B stage-B Type-F8S

40°Cの等値面

13. 温度プロファイル

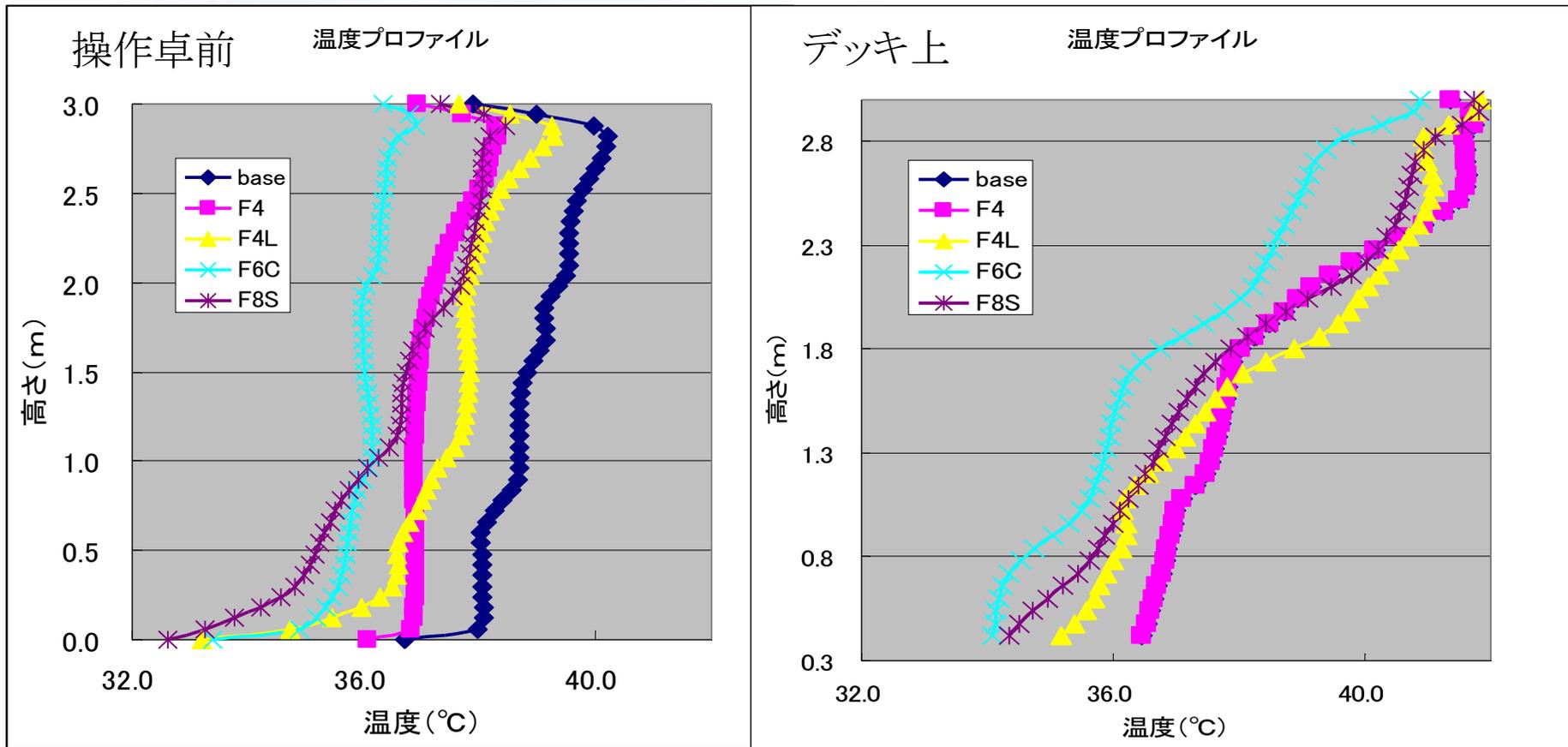
各ケースにおける高さ方向の温度分布をグラフ化した。



操作卓前とデッキ上の2箇所
で床から天井までの温度プロ
ファイルを次ページ
に示す。

温度プロファイルの位置：
人型オブジェクトの位置
(左：操作卓前、右：デッキ上)

14. 温度プロファイルグラフ



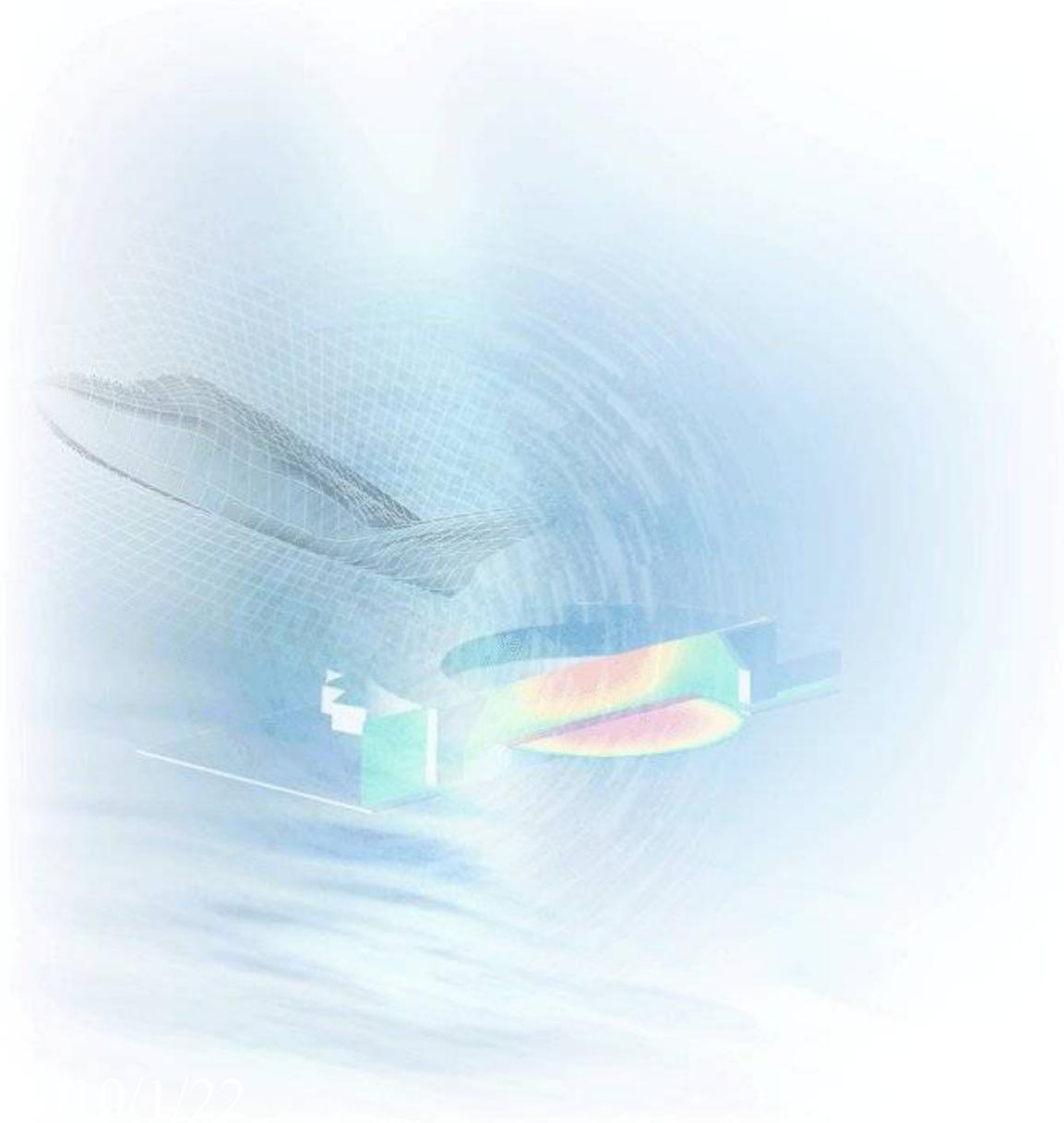
等値面図と同様にケースF6Cの結果が一番温度が低い。

15. まとめ

今回は換気扇の配置によって室内の温度分布がどのように変わるかを検証し、一定の条件下で室内の作業環境を改善する方法を検討した。その結果、以下のような見識を得た。

- ・ 高温の空気を攪拌せず、そのまま排気するには壁面ではなく、天井面に排気口を設置し、同じ流量であれば流入口を増やし、流速を遅くした方が効果的である。

memo1



10/1/22