



建築・都市空間における 受動喫煙に関する研究

屋内の喫煙所におけるタバコ煙の拡散性状

指導教員

涌井 有希
赤林 伸一 教授



研究目的

我が国では令和 2 年 4 月に全面施行される**改正健康増進法**により、**屋内の原則禁煙**や**喫煙室の設置**などが義務付けられる。

研究目的

我が国では令和2年4月に全面施行される**改正健康増進法**により、**屋内の原則禁煙**や**喫煙室の設置**などが義務付けられる。

厚生労働省のガイドラインでは喫煙室からタバコ煙が流出するのを防ぐために、**喫煙空間から屋外への排気**、非喫煙空間と喫煙空間の境界面において**面風速0.2[m/s]以上**を確保することなどが規定されている。

研究目的

しかしながら、喫煙室から喫煙者が退出する際のタバコ煙の非喫煙空間への流出に関して様々な指摘がされており、これについて検討している例は少ない。

研究目的

しかしながら、喫煙室から喫煙者が退出する際のタバコ煙の非喫煙空間への流出に関して様々な指摘がされており、これについて検討している例は少ない。

本研究では、CFD解析 (RANS) を用いて、屋内の喫煙室から喫煙者が退出する際のタバコ煙の挙動を明らかとし、適切な分煙手法の検討を行う。

解析概要

時間平均粉塵濃度 $0.133 [\text{mg}/\text{m}^3]$

換気回数 $66.67 [\text{回}/\text{h}]$

- ← 移動経路 $1.11 [\text{m}/\text{s}]$
- ← 自然流入
- ← 換気扇排気
1台あたり $900 [\text{m}^3/\text{h}]$
- 喫煙者
- 退出者

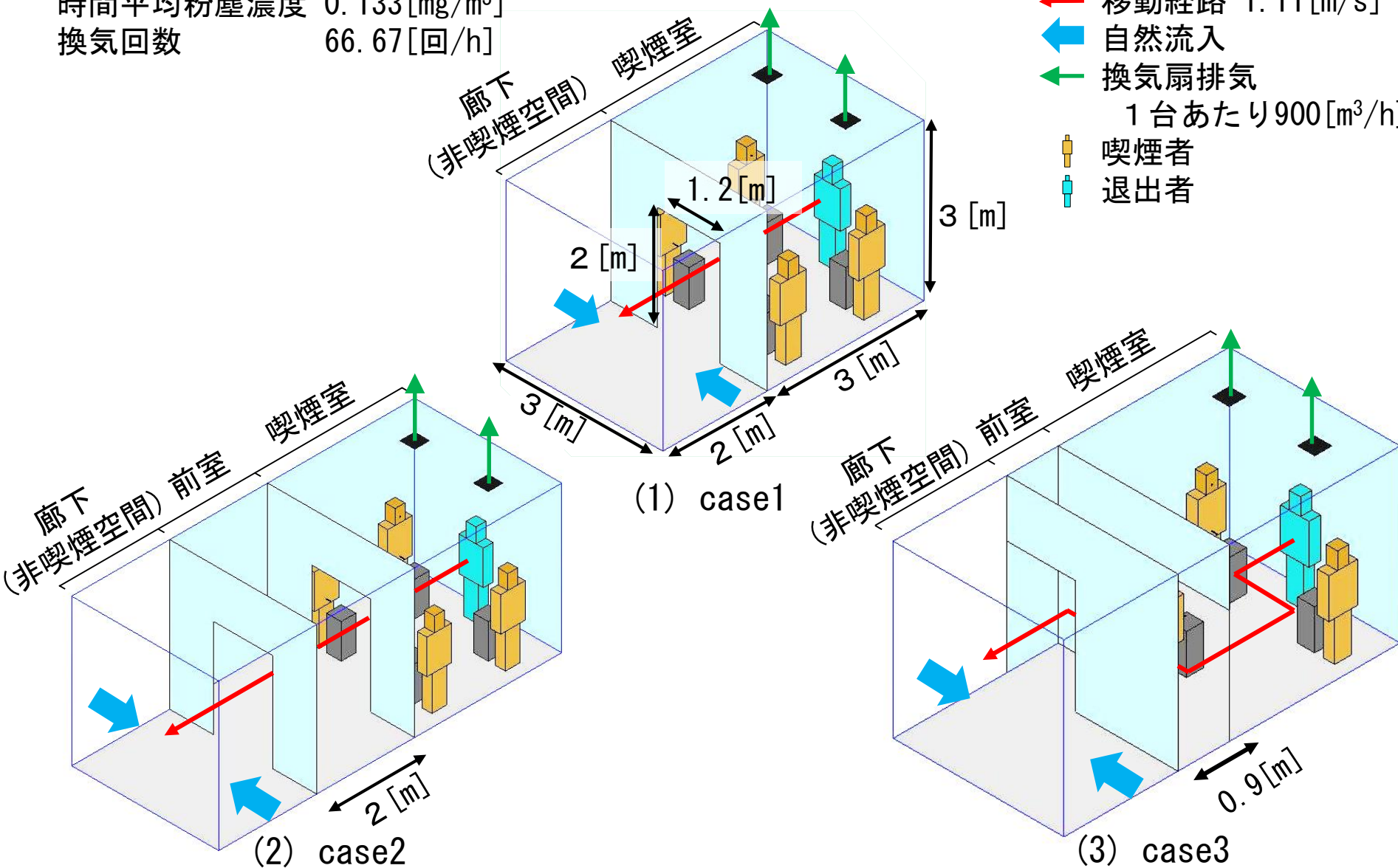
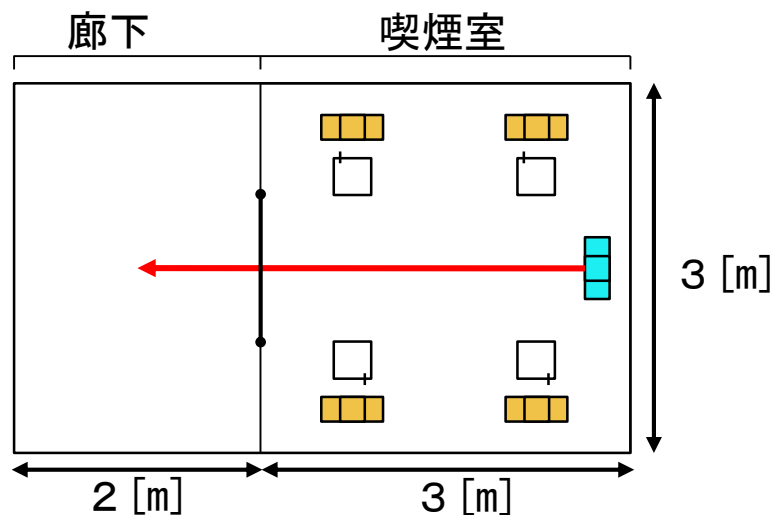


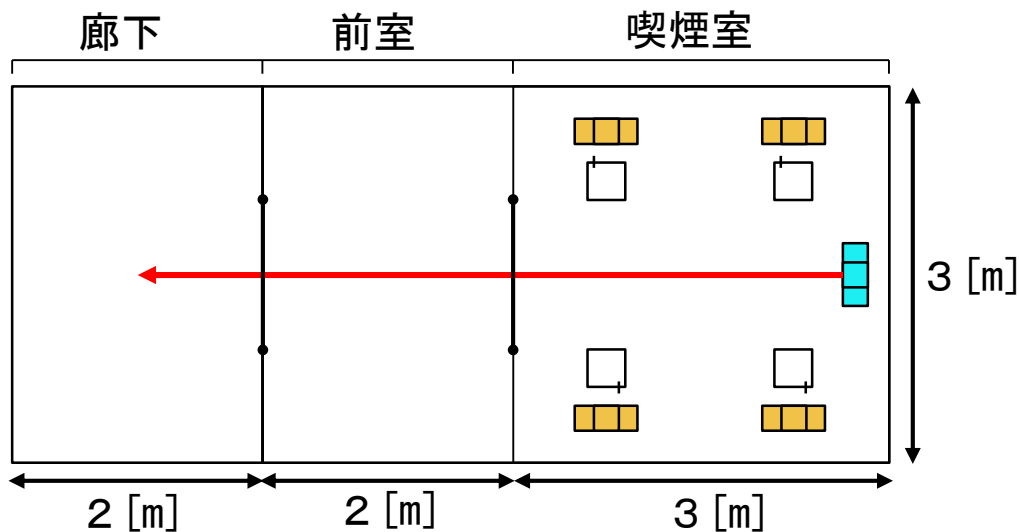
図 1 喫煙室モデルの概要

解析概要

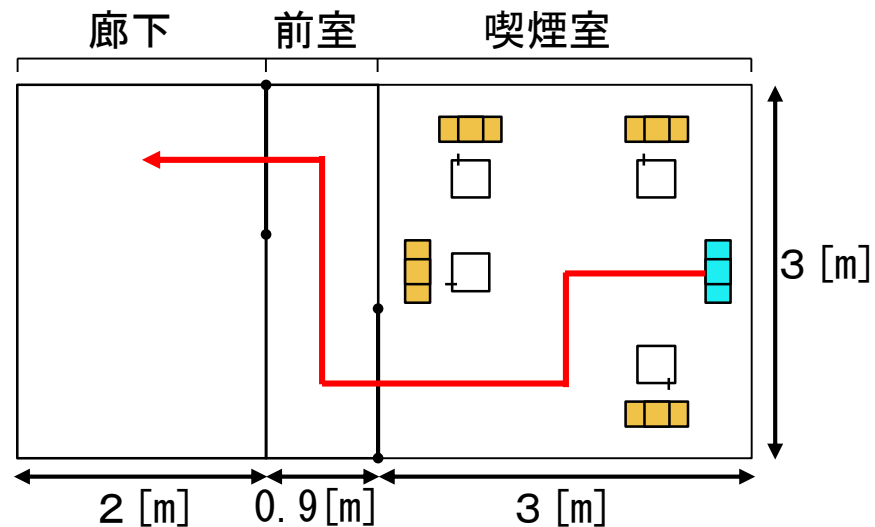
- ← 移動経路 1.11[m/s]
- 開口
- 喫煙者
- 退出者



(1) case1



(2) case2



(3) case3

図2 喫煙室モデル平面図及び退出者の移動経路

解析概要

喫煙室の大きさは $3\text{ [m]} \times 3\text{ [m]}$ ※1、高さは 3 [m] とする。

※1 同時喫煙人数を4人とすると文1)より、喫煙室面積 $[\text{m}^2]$ =最小空間 $3.3\text{ [m}^2]$ +単位空間 $1.65\text{ [m}^2]$ ×(同時喫煙人数-1[人])より求められる最小喫煙室面積は $8.25\text{ [m}^2]$ となる。

文1) 日本たばこ産業株式会社「喫煙室面積の考え方」

時間平均粉塵濃度 $0.133\text{ [mg/m}^3]$

換気回数 66.67 [回/h]

喫煙者
退出者
開口

移動経路 1.11 [m/s]
自然流入
換気扇排気 1台あたり $900\text{ [m}^3/\text{h}]$

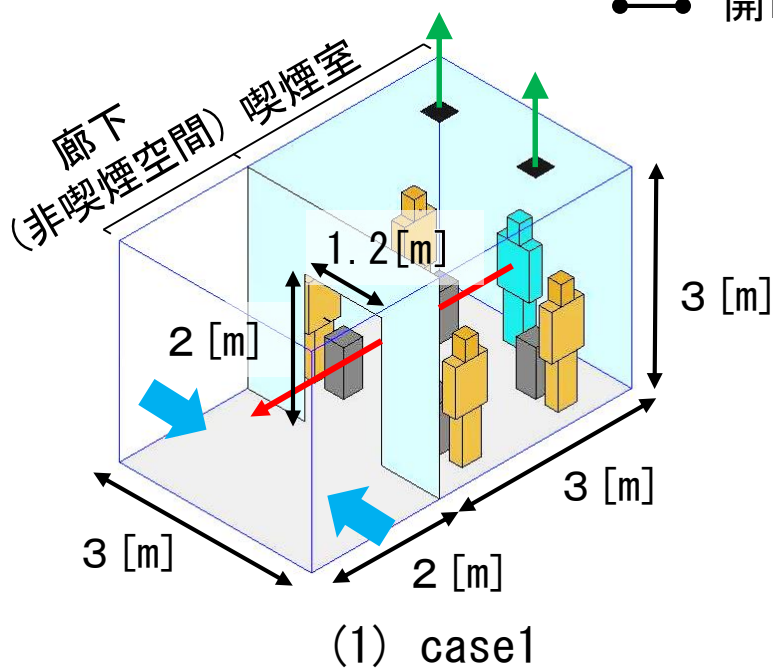


図1 喫煙室モデルの概要

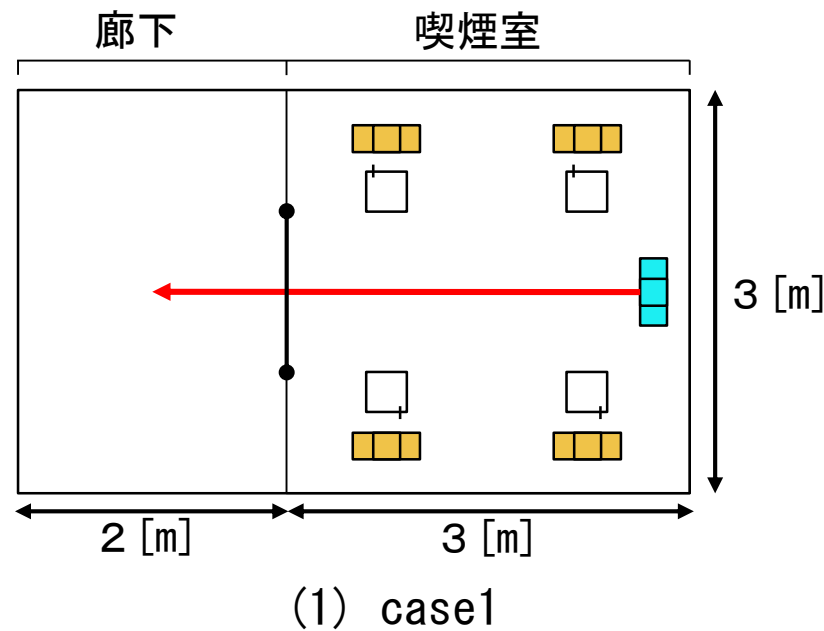


図2 喫煙室モデル平面図及び退出者の移動経路

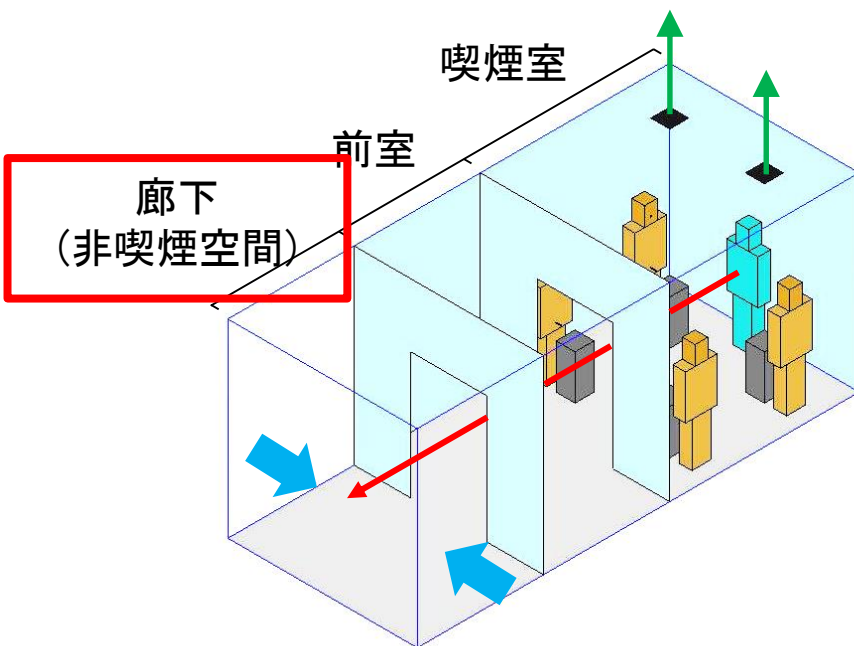
解析概要

喫煙室は屋内の**非喫煙空間に接続**しており、喫煙室と非喫煙空間との間にcase2では大きさ2[m]×3[m]高さ3[m]、case3では大きさ0.9[m]×3[m]高さ3[m]の前室が設置されている。

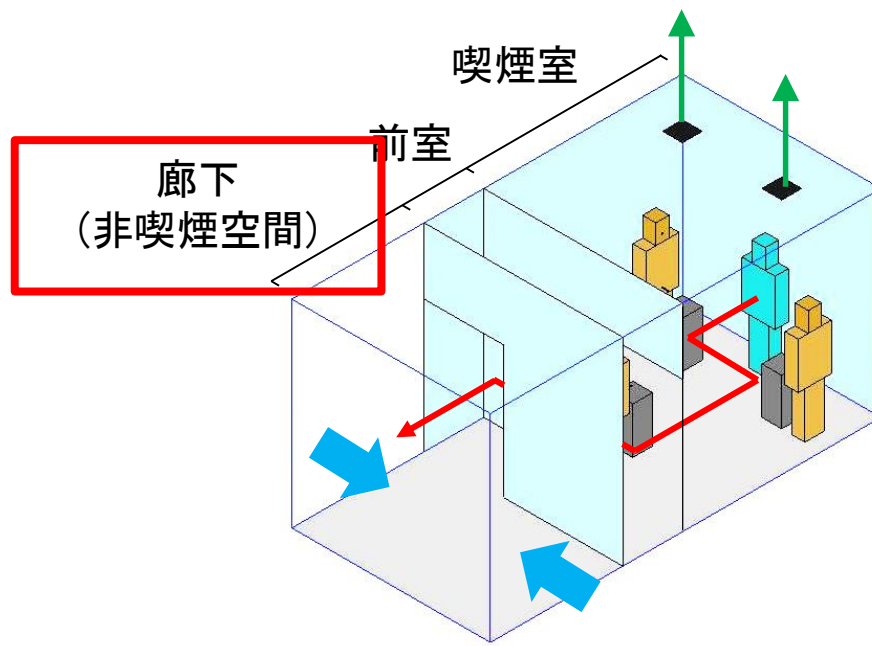
時間平均粉塵濃度 0.133[mg/m³]
換気回数 66.67[回/h]

喫煙者
退出者

移動経路 1.11[m/s]
自然流入
換気扇排気 1台あたり900[m³/h]



(2) case2



(3) case3

図1 喫煙室モデルの概要

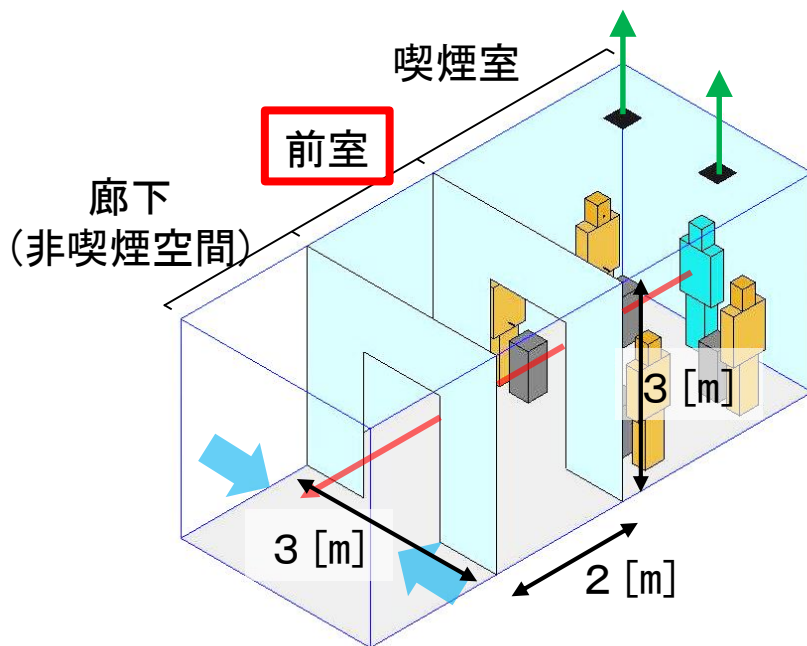
解析概要

喫煙室は屋内の非喫煙空間に接続しており、喫煙室と非喫煙空間との間にcase2では大きさ $2\text{ [m]} \times 3\text{ [m]}$ 高さ 3 [m] 、case3では大きさ $0.9\text{ [m]} \times 3\text{ [m]}$ 高さ 3 [m] の前室が設置されている。

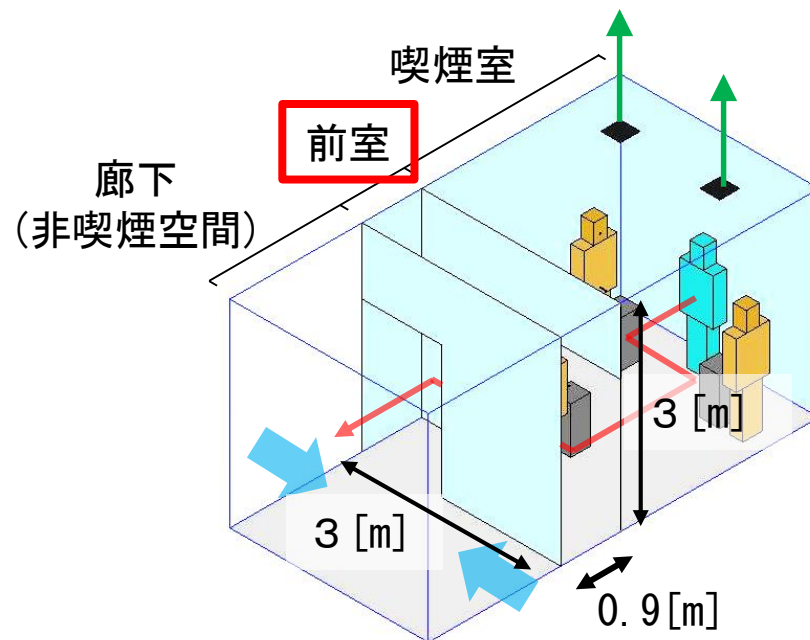
時間平均粉塵濃度 $0.133\text{ [mg/m}^3\text{]}$
 換気回数 66.67 [回/h]

 喫煙者
 退出者

 移動経路 1.11 [m/s]
 自然流入
 換気扇排気 1台あたり $900\text{ [m}^3\text{/h]}$



(2) case2



(3) case3

図1 喫煙室モデルの概要

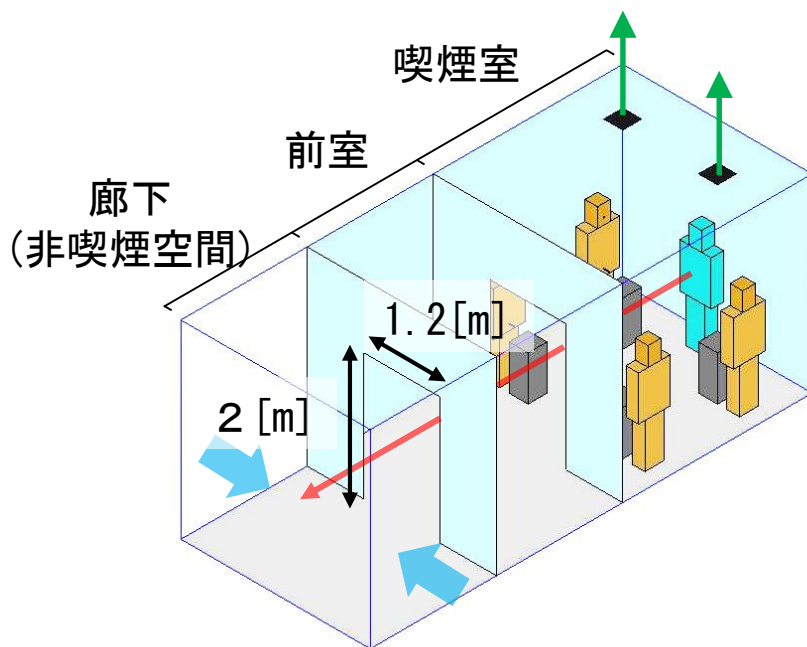
解析概要

各室の出入口 (1.2[m] (y) × 2.0[m] (z)) は**常時開放**されている。

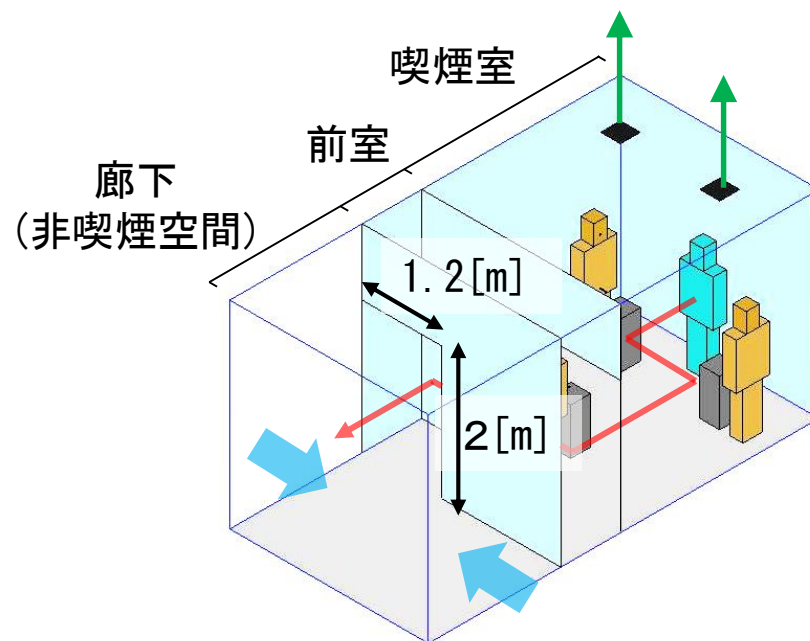
時間平均粉塵濃度 0.133 [mg/m³]
換気回数 66.67 [回/h]

喫煙者
退出者

移動経路 1.11 [m/s]
自然流入
換気扇排気 1台あたり900 [m³/h]



(2) case2



(3) case3

図1 喫煙室モデルの概要

解析概要

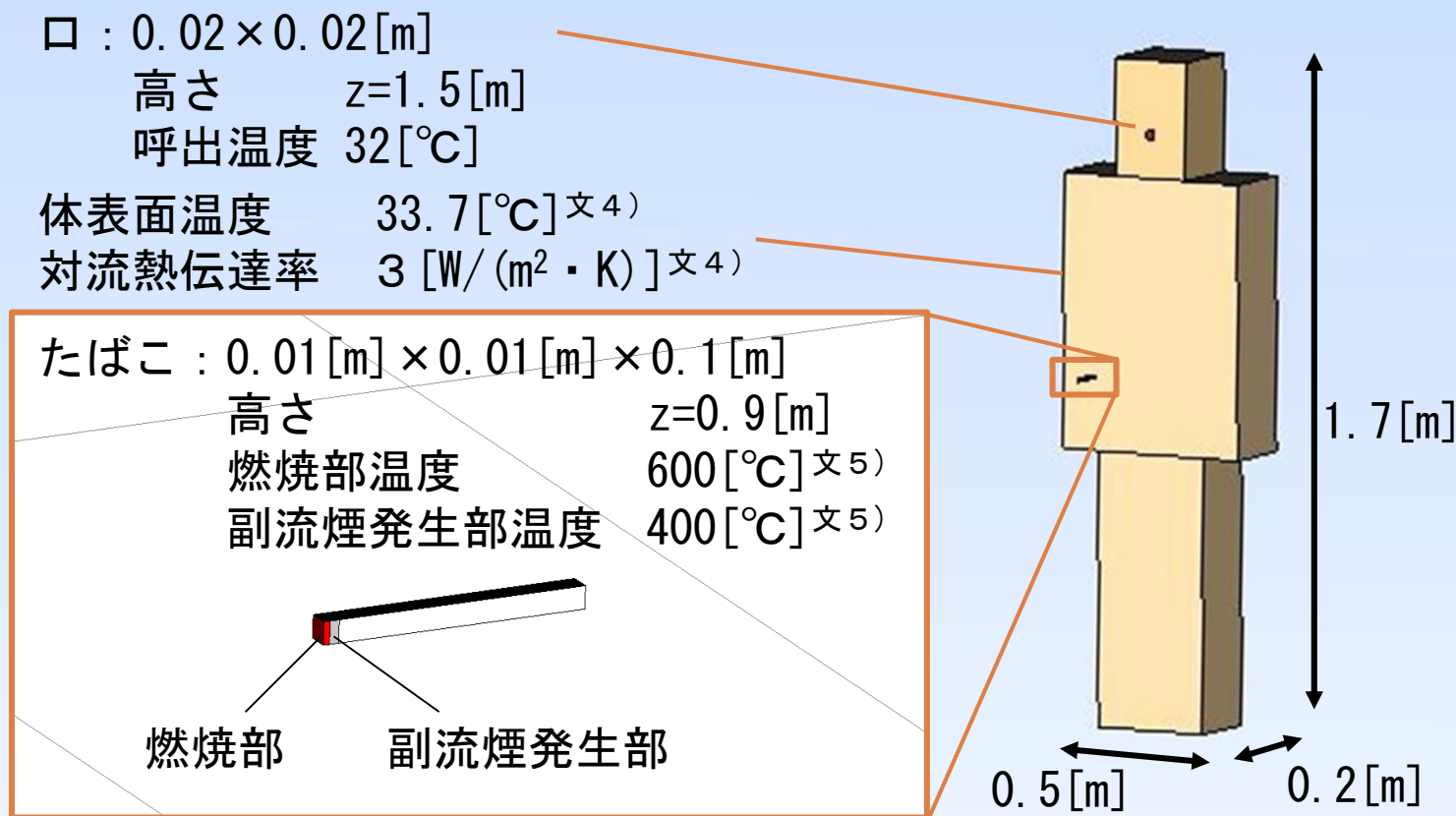


図3 喫煙者モデル概要

文4) 曾ら「人体表面の対流熱伝達率に関するCFD解析」第8回数値流体力学シンポジウム 1994年12月

文5) 大久保千代次「受動喫煙の物理化学」公衆衛生誌41(2) 1992年

解析概要

人体モデルは標準的な成人男性とする。

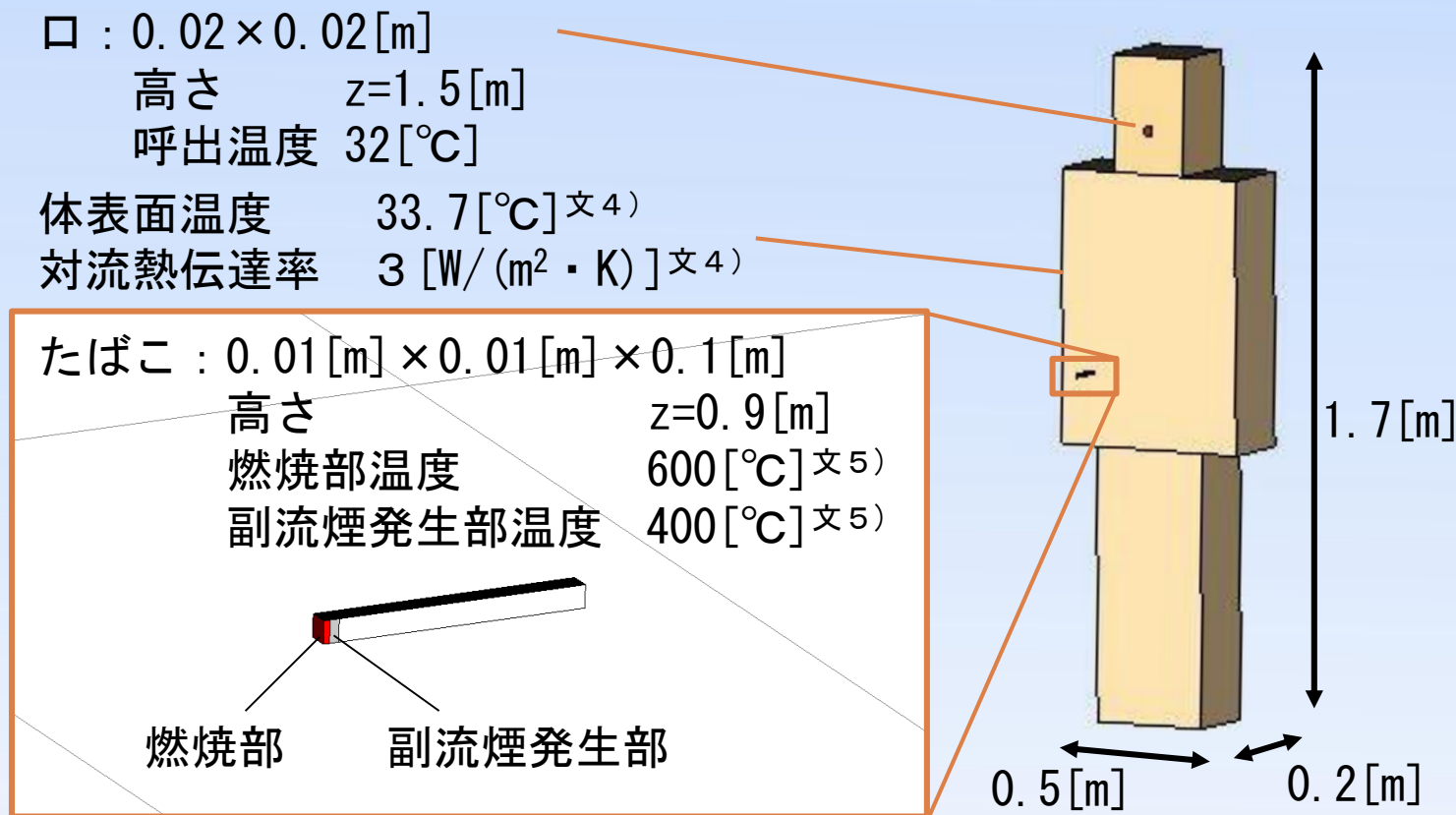


図3 喫煙者モデル概要

文4) 曾ら「人体表面の対流熱伝達率に関するCFD解析」第8回数値流体力学シンポジウム 1994年12月

文5) 大久保千代次「受動喫煙の物理化学」公衆衛生誌41(2) 1992年

解析概要

喫煙者は**5人**※²とし、退出者は向かい合う喫煙者の間を通過し非喫煙空間へと移動する。なお、汚染質は粒子状物質とし、発生量は**10[mg/本]**※³文²,³とする。

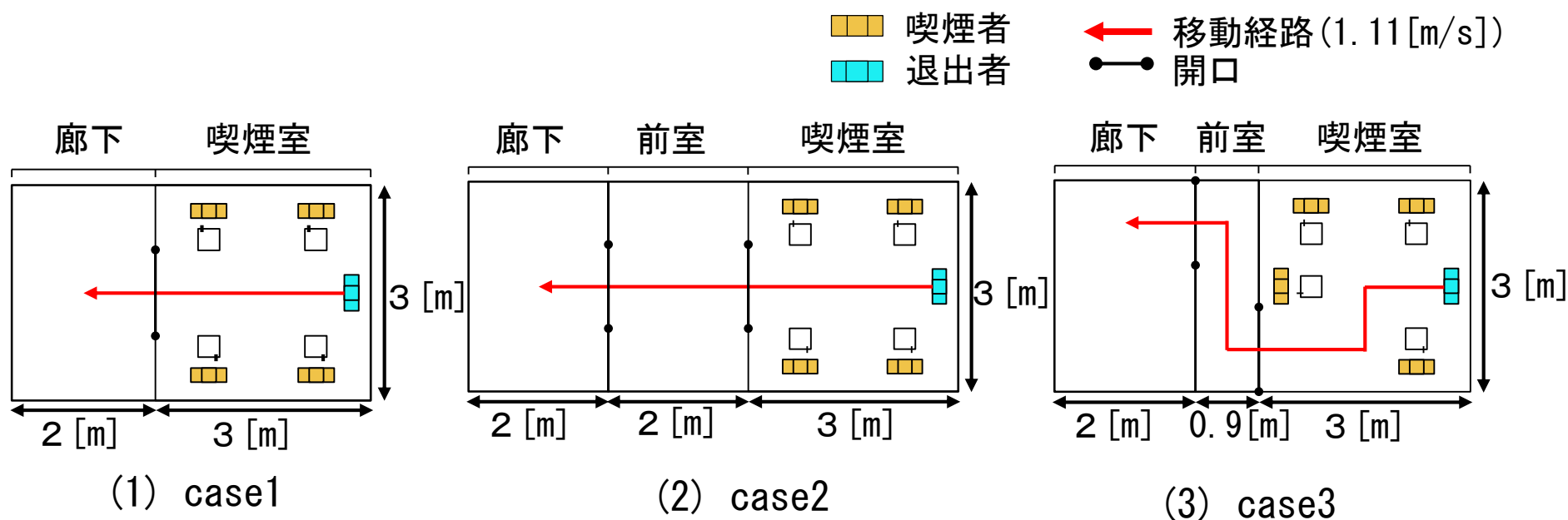


図2 喫煙室モデル平面図

※² 喫煙者5人のうち、4人が喫煙し1人が退出するものとする。

※³ たばこから発生する粒子状物質の総量10[mg/本]のうち、呼出煙と副流煙の割合は、文³の実験データを参考に、呼出煙より4.0[mg/本]、副流煙より6.0[mg/本]とする。

文²) 中央労働災害防止協会「平成17年度「効果的な空間分煙対策推進検討委員会」報告書」2006年3月

文³) 村松茂登彦「紙巻きたばこの自然燃焼における移動現象に関する研究」専売中研報 1981年

解析条件

表 1 解析条件

乱流モデル	標準k-εモデル			
境界条件	廊下	Ymin	流入	自由流入
		Ymax		
	前室	壁面	表面境界	壁面对数測
		壁面		
	喫煙室	床		
		壁面		
		換気扇	流出	1,800[m ³ /h] (900[m ³ /h] × 2[台])
	モデル面		輻射境界	輻射率0.9
雰囲気温度	20[°C]			

表 2 喫煙室モデルの各種条件

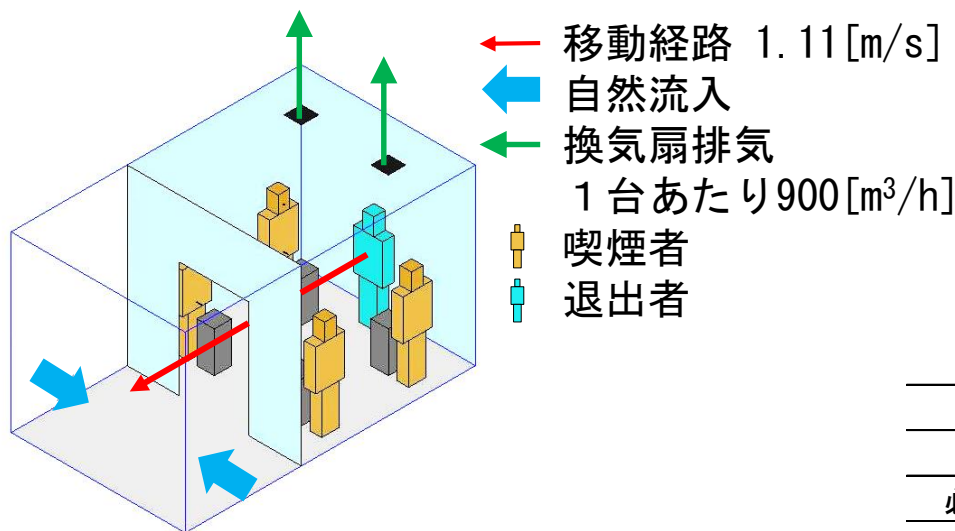
	時間平均浮遊粉塵濃度	境界風速
基準値	0.15[mg/m ³]以下	0.2[m/s]以上
必要排気風量	1,600[m ³ /h] ^{※4}	1,728[m ³ /h] ^{※5}
設計排気風量	1,800[m ³ /h]	
粉塵濃度・面風速	0.133[mg/m ³]	0.208[m/s]

(開口2.4[m²]、気積27[m³]、喫煙本数24[本/h]^{※6}の場合)

- ※4 必要排気風量[m³/h]=粉塵量[mg/h] × 時間平均浮遊粉塵濃度[mg/m³]より求める。
- ※5 必要排気風量[m³/h]=開口部面積[m²] × 境界風速[m/s] × 3,600[s/h]より求める。
- ※6 日本たばこ産業株式会社がオフィス環境調査の結果より算出した喫煙間隔と喫煙時間の平均と標準偏差を用いて、乱数によるコンピューターシミュレーションにより作成した同時喫煙人数を推定するグラフを用いる。本報では同時喫煙人数が4人、約97[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合を想定する。

解析条件

RANS解析には汎用数値流体解析ソフトSTREAM ver. 13を使用する。



(1) case1

図1 喫煙室モデルの概要

表1 解析条件

乱流モデル		標準k-εモデル		
境界条件	廊下	Ymin	流入	自由流入
		Ymax		
		壁面	表面境界	壁面对数測
	前室	壁面		
	喫煙室	床		
		壁面		
		換気扇	流出	1,800[m³/h] (900[m³/h]×2[台])
	モデル面		輻射境界	輻射率0.9
雰囲気温度	20[°C]			

表2 喫煙室モデルの各種条件

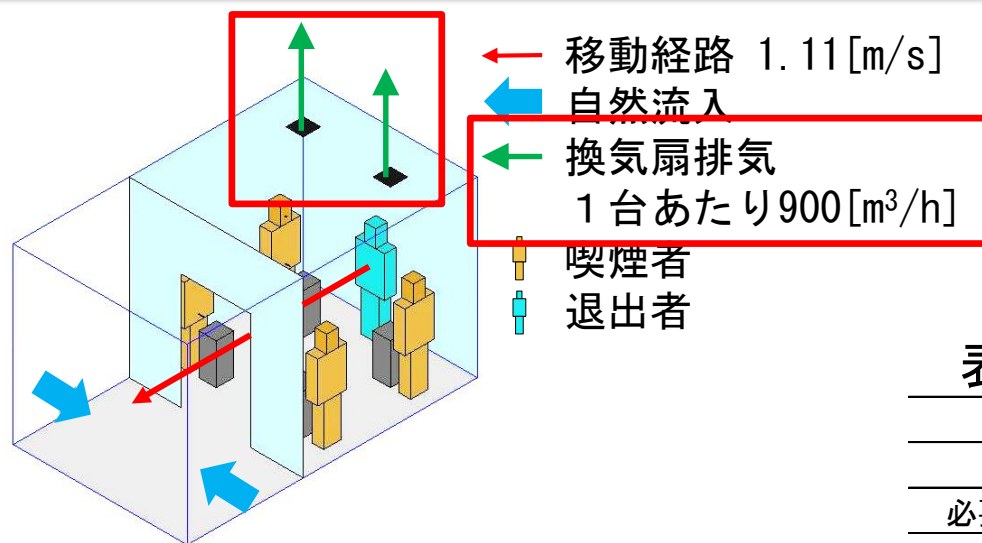
	時間平均浮遊粉塵濃度	境界風速
基準値	0.15 [mg/m³] 以下	0.2 [m/s] 以上
必要排気風量	1,600 [m³/h] ※4	1,728 [m³/h] ※5
設計排気風量	1,800 [m³/h]	
粉塵濃度・面風速	0.133 [mg/m³]	0.208 [m/s]

(開口2.4 [m²]、気積27 [m³]、喫煙本数24 [本/h] ※6 の場合)

- ※4 必要排気風量 [m³/h] = 粉塵量 [mg/h] × 時間平均浮遊粉塵濃度 [mg/m³] より求める。
 ※5 必要排気風量 [m³/h] = 開口部面積 [m²] × 境界風速 [m/s] × 3,600 [s/h] より求める。
 ※6 日本たばこ産業株式会社がオフィス環境調査の結果より算出した喫煙間隔と喫煙時間の平均と標準偏差を用いて、乱数によるコンピューターシミュレーションにより作成した同時喫煙人数を推定するグラフを用いる。本報では同時喫煙人数が4人、約97 [%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合を想定する。

解析条件

廊下より喫煙室へ新鮮空気が自然流入し、喫煙室内に設置した換気扇により1,800[m³/h] (900[m³/h] × 2台) の排気を行い、喫煙室と非喫煙空間の境界面で平均0.2[m/s]以上の面風速を確保する。



(1) case1

図1 喫煙室モデルの概要

表2 喫煙室モデルの各種条件

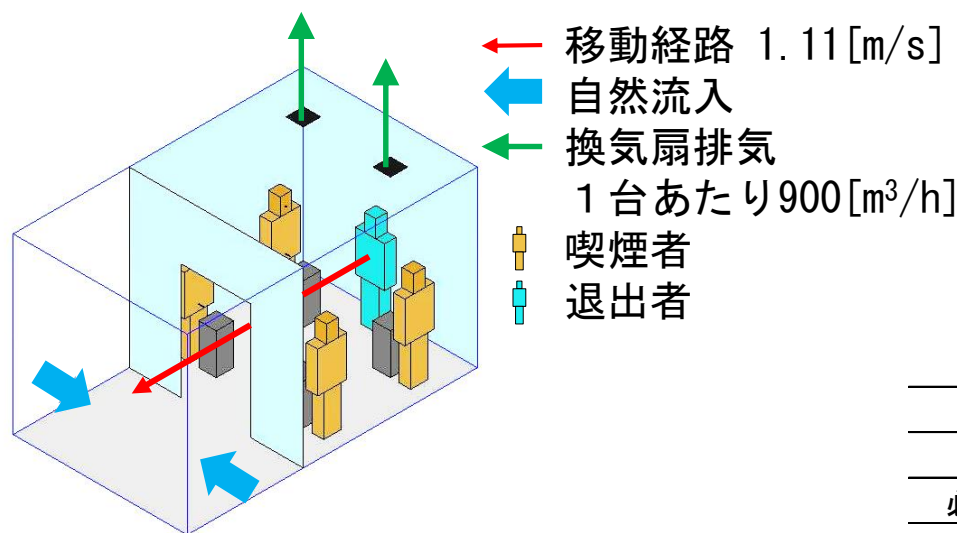
	時間平均浮遊粉塵濃度	境界風速
基準値	0.15 [mg/m ³] 以下	0.2 [m/s] 以上
必要排気風量	1,600 [m ³ /h] ※ ⁴	1,728 [m ³ /h] ※ ⁵
設計排気風量	1,800 [m ³ /h]	
粉塵濃度・面風速	0.133 [mg/m ³]	0.208 [m/s]

(開口2.4[m²]、気積27[m³]、喫煙本数24[本/h] ※⁶の場合)

- ※⁴ 必要排気風量 [m³/h] = 粉塵量 [mg/h] × 時間平均浮遊粉塵濃度 [mg/m³] より求める。
 ※⁵ 必要排気風量 [m³/h] = 開口部面積 [m²] × 境界風速 [m/s] × 3,600 [s/h] より求める。
 ※⁶ 日本たばこ産業株式会社がオフィス環境調査の結果より算出した喫煙間隔と喫煙時間の平均と標準偏差を用いて、乱数によるコンピューターシミュレーションにより作成した同時喫煙人数を推定するグラフを用いる。本報では同時喫煙人数が4人、約97[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合を想定する。

解析条件

廊下より喫煙室へ新鮮空気が自然流入し、喫煙室内に設置した換気扇により1,800[m³/h] (900[m³/h] × 2台)の排気を行い、喫煙室と非喫煙空間の境界面で**平均0.2[m/s]以上の面風速**を確保する。



(1) case1

図1 喫煙室モデルの概要

表2 喫煙室モデルの各種条件

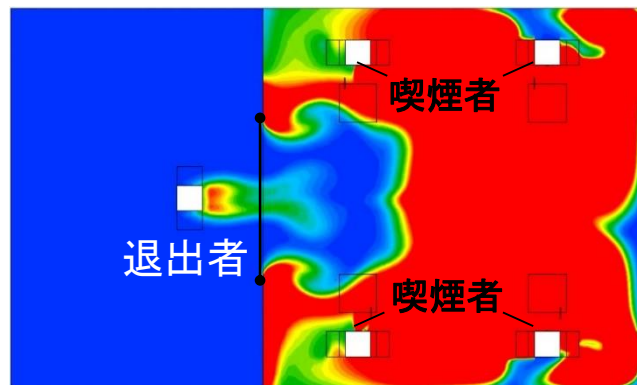
	時間平均浮遊粉塵濃度	境界風速
基準値	0.15 [mg/m ³] 以下	0.2 [m/s] 以上
必要排気風量	1,600 [m ³ /h] ※4	1,728 [m ³ /h] ※5
設計排気風量	1,800 [m ³ /h]	
粉塵濃度・面風速	0.133 [mg/m ³]	0.208 [m/s]

(開口2.4[m²]、気積27[m³]、喫煙本数24[本/h] ※6 の場合)

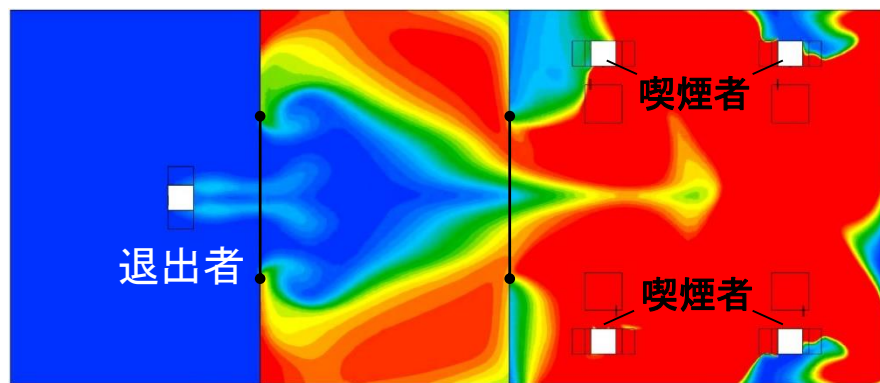
- ※4 必要排気風量 [m³/h] = 粉塵量 [mg/h] × 時間平均浮遊粉塵濃度 [mg/m³] より求める。
- ※5 必要排気風量 [m³/h] = 開口部面積 [m²] × 境界風速 [m/s] × 3,600 [s/h] より求める。
- ※6 日本たばこ産業株式会社がオフィス環境調査の結果より算出した喫煙間隔と喫煙時間の平均と標準偏差を用いて、乱数によるコンピューターシミュレーションにより作成した同時喫煙人数を推定するグラフを用いる。本報では同時喫煙人数が4人、約97[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合を想定する。

解析結果

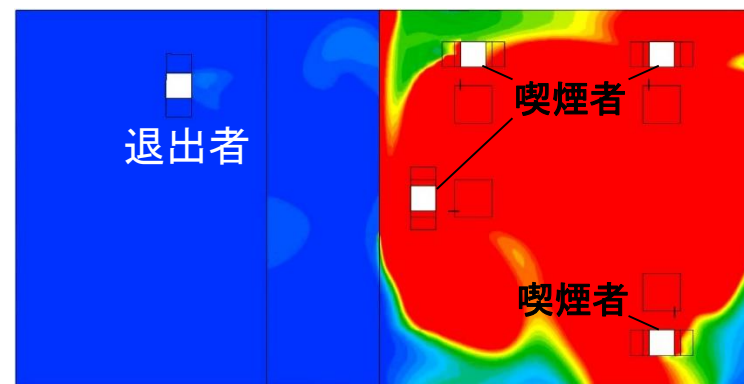
退出者が非喫煙空間へ退出する際の**退出に伴うタバコ煙の挙動**の比較を行う。



(1) case1



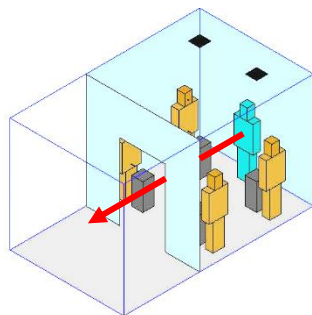
(2) case2



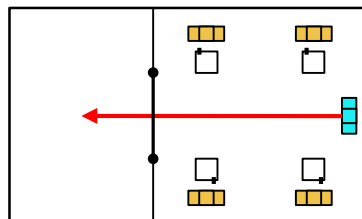
(3) case3

図 各case退出時における汚染質濃度分布

解析結果 case1 (前室なし)



喫煙者 退出者



流速 [m/s]

0.000

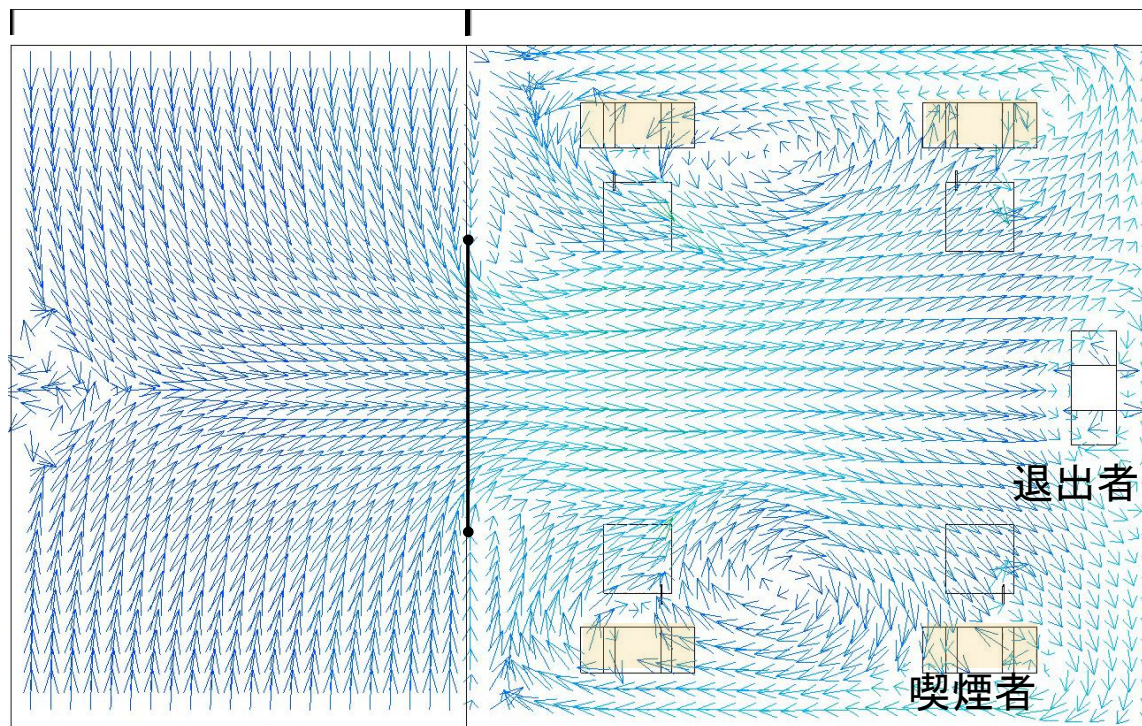
0.555

1.110



廊下

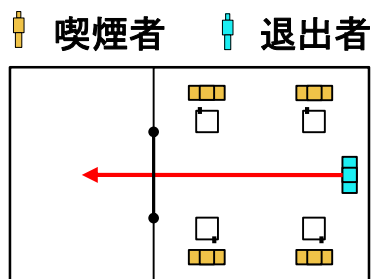
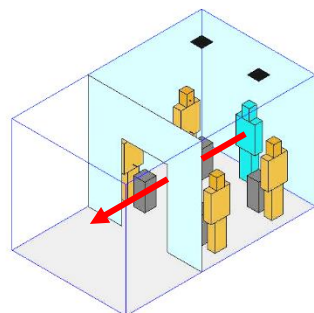
喫煙室



case1 気流速度分布 ($z=1.5$ [m] 水平断面)

解析結果 case1 (前室なし)

退出者により粒子状物質の恕限度である $0.15 [\text{mg}/\text{m}^3]$ を超える濃度のタバコ煙が流出する。



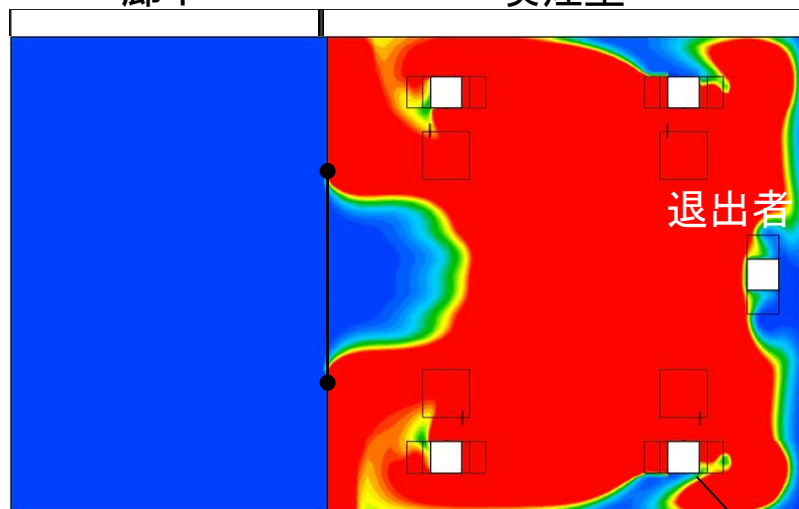
粒子状物質 $[\text{mg}/\text{m}^3]$

0.00 0.05 0.10 0.15



廊下

喫煙室



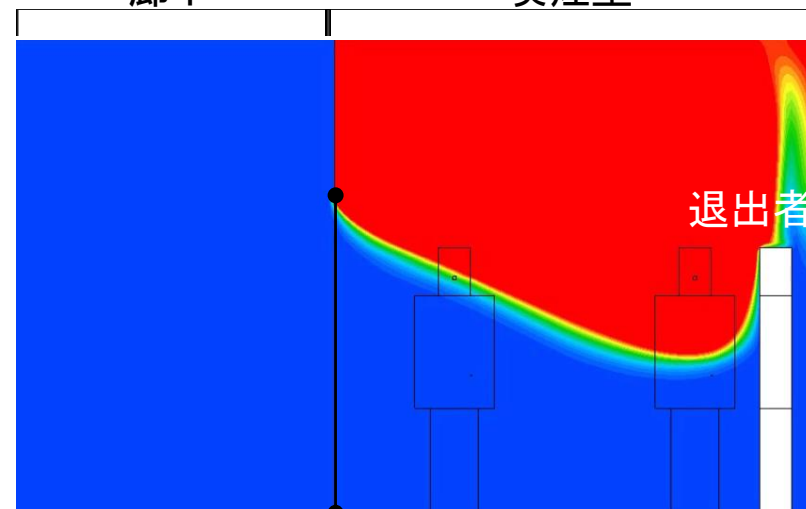
$z=1.5 [\text{m}]$ 水平断面

喫煙者

退出者

廊下

喫煙室



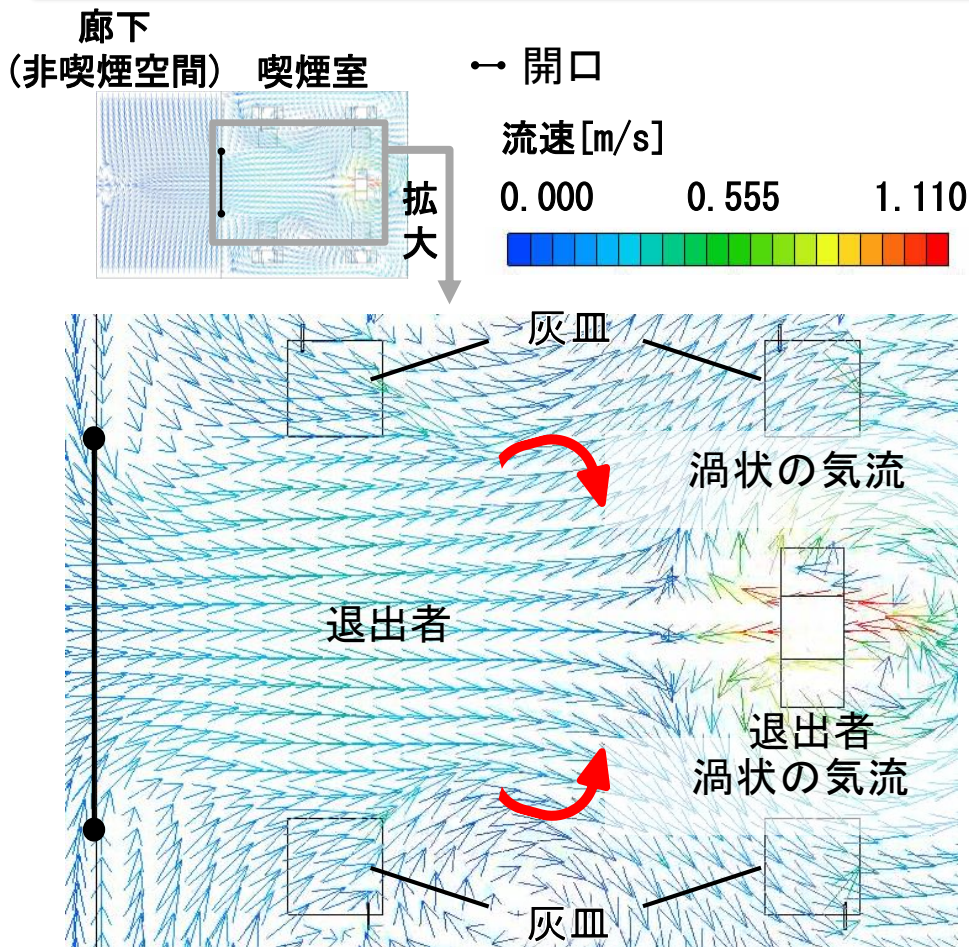
$y=1.5 [\text{m}]$ 鉛直断面

退出者

case1 汚染質濃度分布

解析結果 case1 (前室なし)

これは退出者が移動する際に身体後方に生成される**渦状の気流**にタバコ煙が吸い込まれ背部へ滞留するためである。



case 1 退出者移動時の周辺気流分布

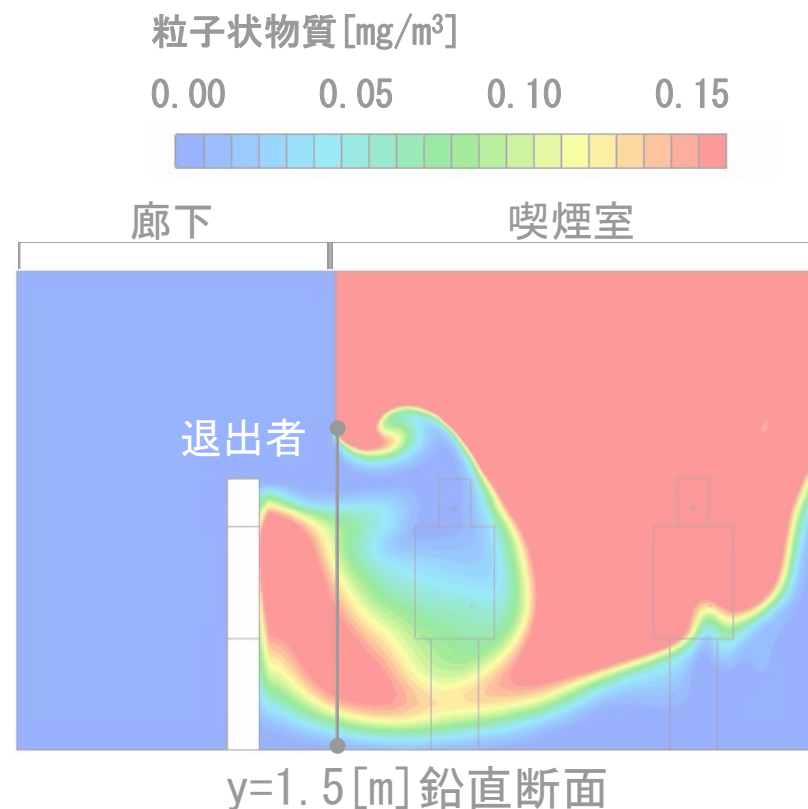
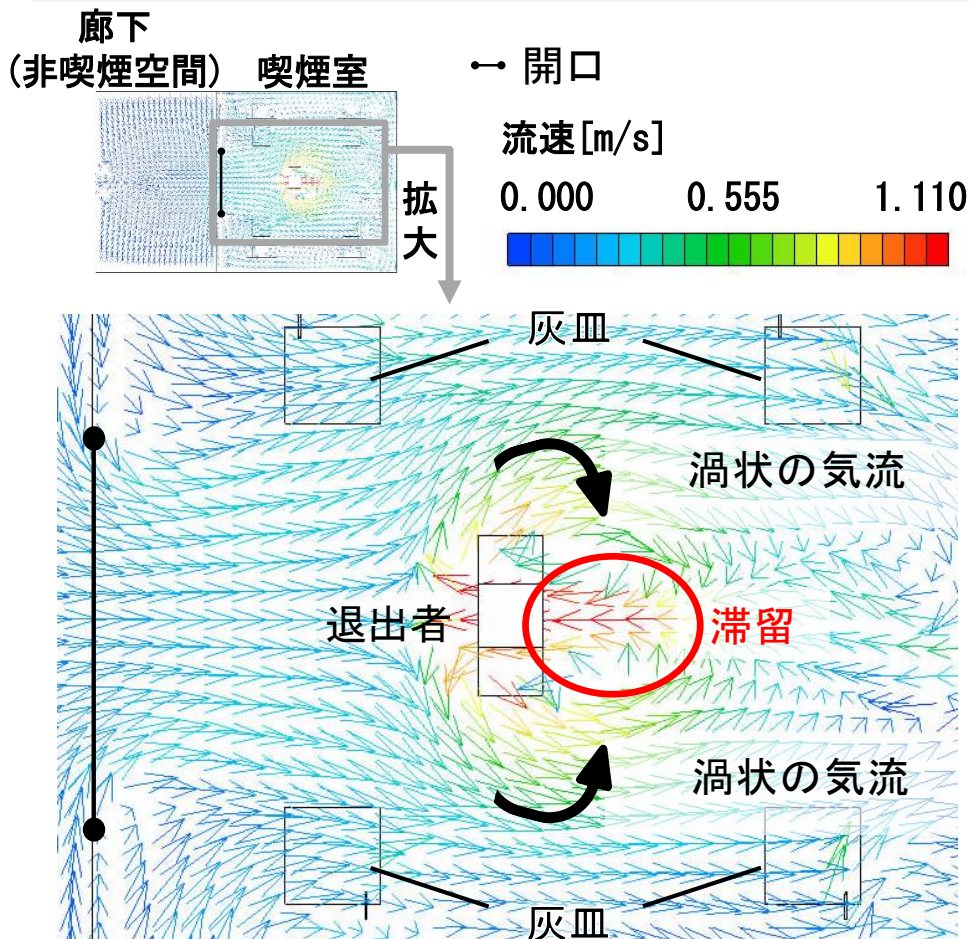


図 case1 汚染質濃度分布 (t=4.0 [s])

解析結果 case1 (前室なし)

これは退出者が移動する際に身体後方に生成される渦状の気流にタバコ煙が吸い込まれ**背部へ滞留**するためである。



case 1 退出者移動時の周辺気流分布

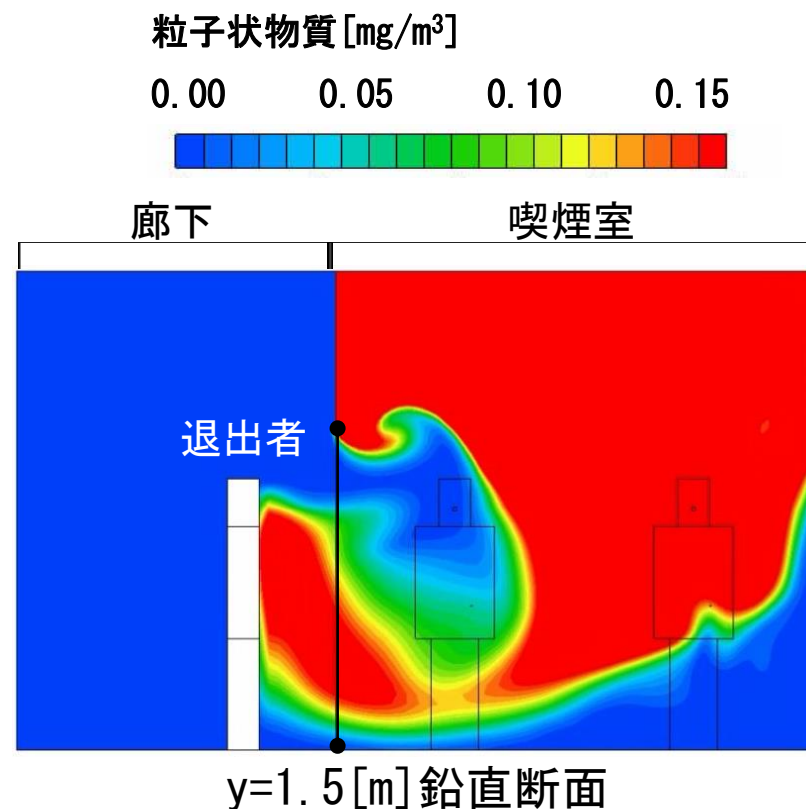
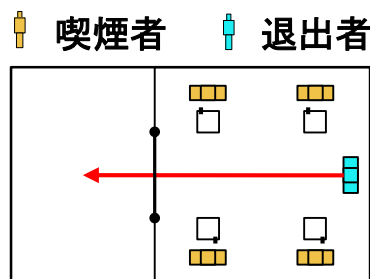
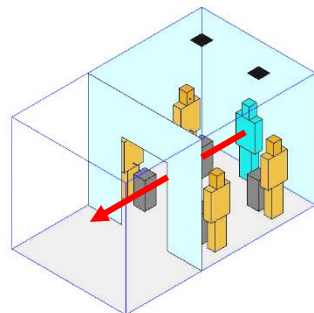


図 case1 汚染質濃度分布 (t=4.0[s])

解析結果 case1 (前室なし)

喫煙室と非喫煙空間が直結する場合、退出に伴い**恕限度を超える濃度のタバコ煙の流出**が生じる。



粒子状物質 [mg/m³]

0.00 0.05 0.10 0.15

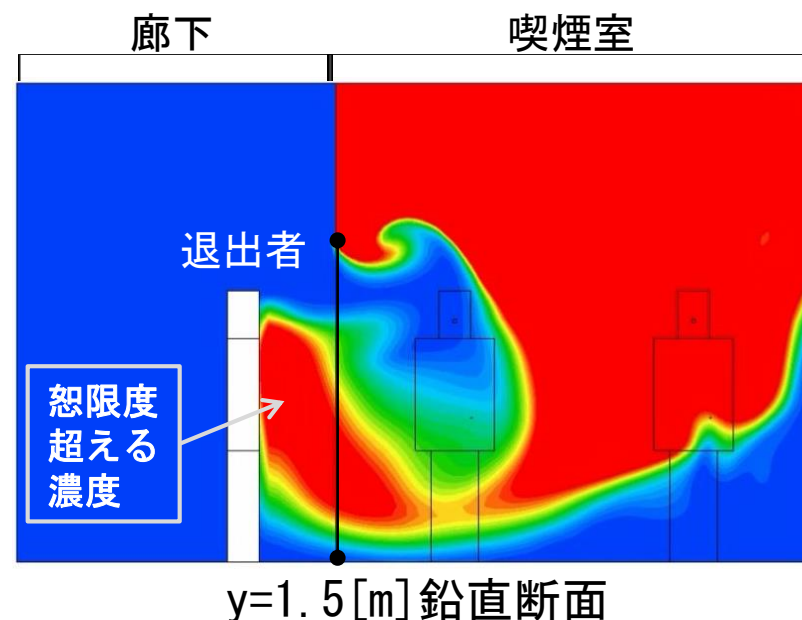
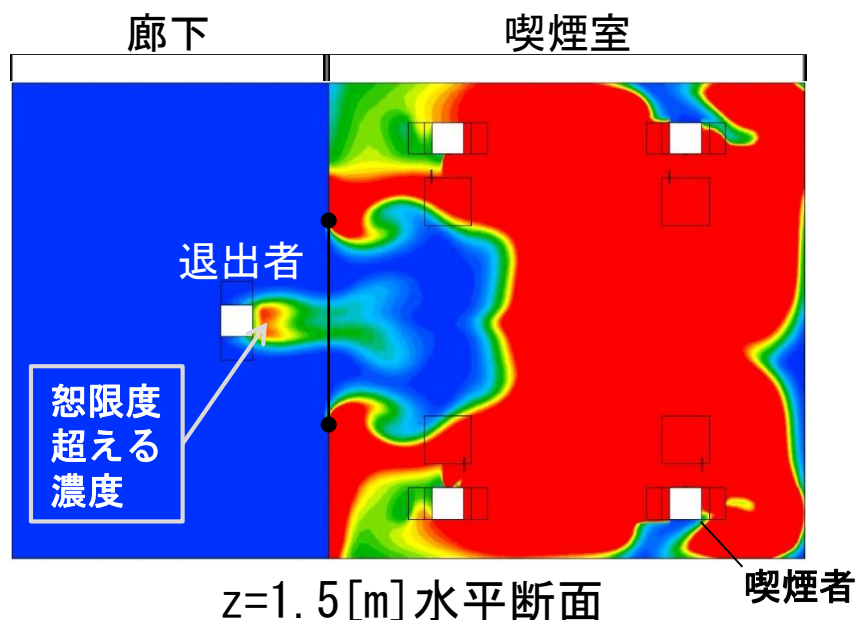
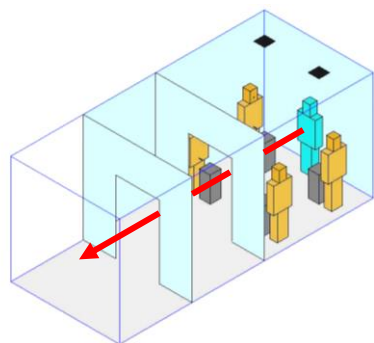
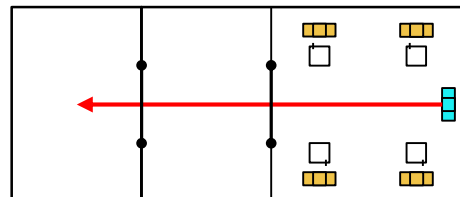


図 case1 汚染質濃度分布 (t=4.0[s])

解析結果 case2 (前室設置)



喫煙者 退出者



流速 [m/s]

0.000

0.555

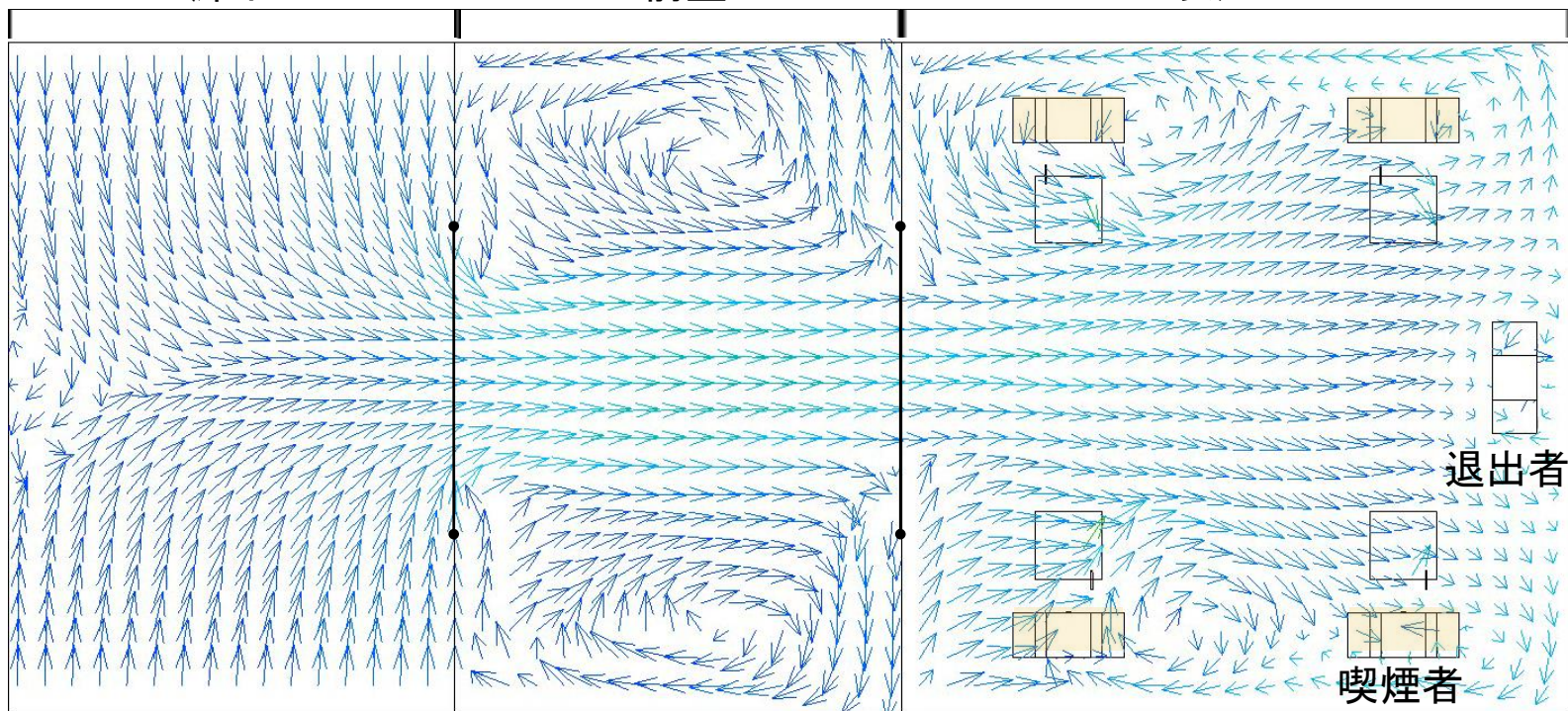
1.110



廊下

前室

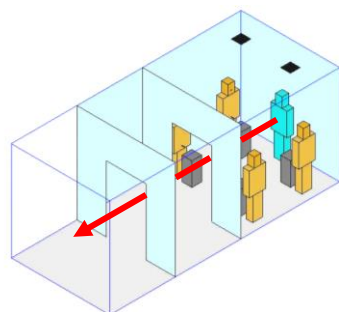
喫煙室



case2 気流速度分布 (z=1.5[m] 水平断面)

解析結果 case2 (前室設置)

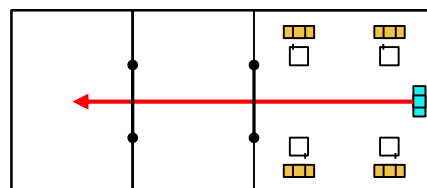
緩衝空間の設置及び退出者の移動距離の増加により、退出に伴い流出する粒子状物質の濃度は $0.075 [\text{mg}/\text{m}^3]$ 程度とほぼ半減し恕限度を下回る。



廊下

前室

喫煙者 退出者



喫煙室

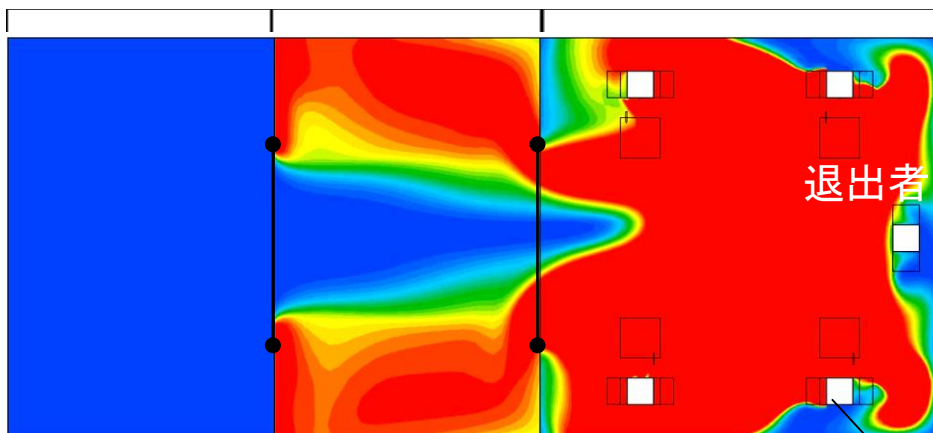
廊下

前室

喫煙室

粒子状物質 $[\text{mg}/\text{m}^3]$

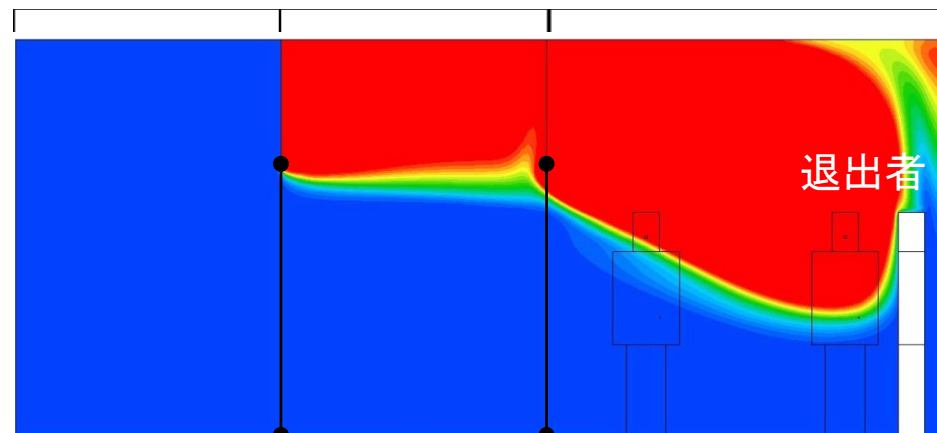
0.00 0.05 0.10 0.15



$z=1.5 [\text{m}]$ 水平断面

喫煙者

退出者



$y=1.5 [\text{m}]$ 鉛直断面

退出者

case2 汚染質濃度分布

解析結果 case2(前室設置)

また、退出者移動前の定常状態 ($t=0[s]$) で喫煙室から前室へタバコ煙の漏出が見られる。

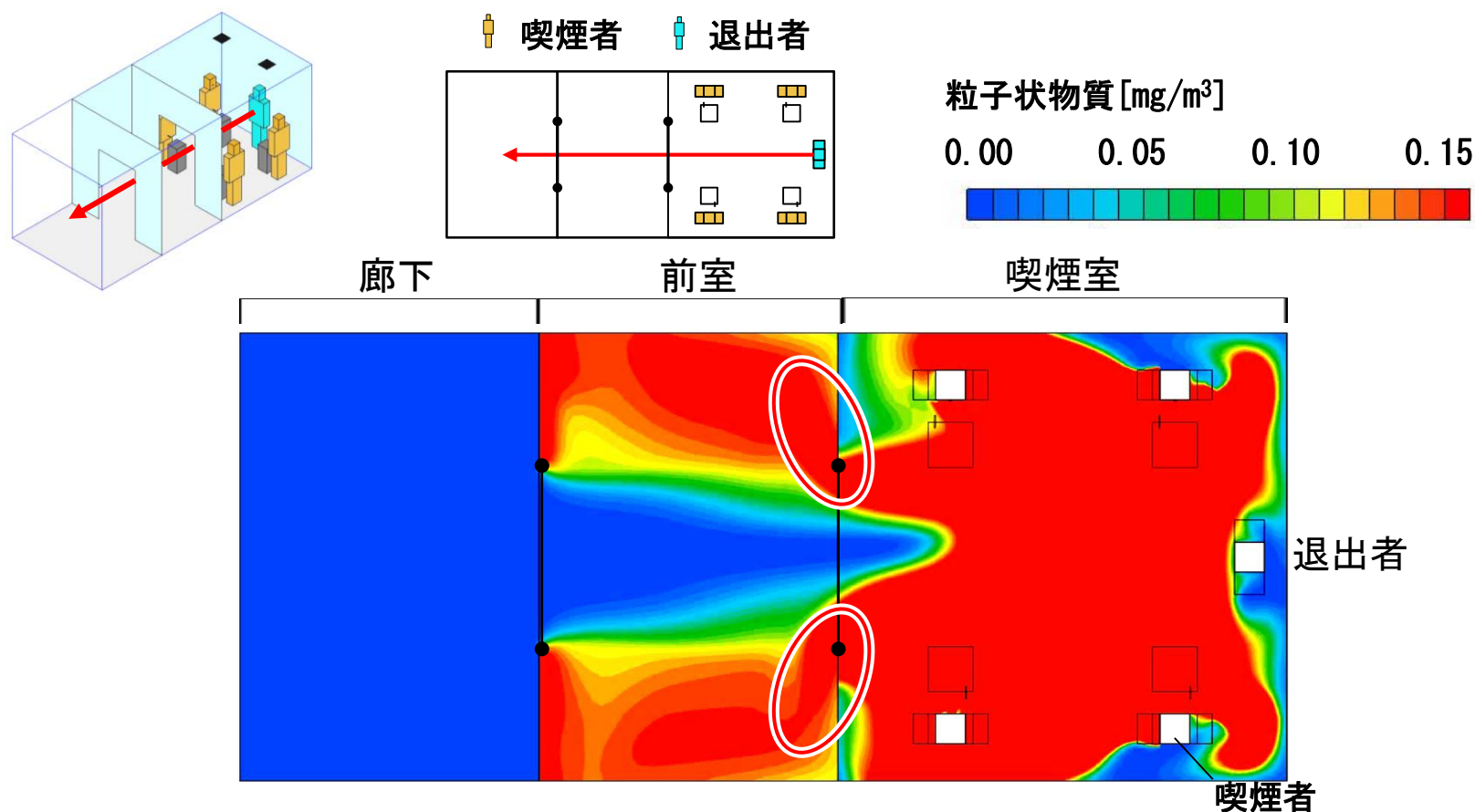


図 case2 定常状態の汚染質濃度分布 ($t=0[s]$)

解析結果 case2 (前室設置)

前室内の渦状の気流及び喫煙室の開口端の一部に逆流が生じる様子が見られる。

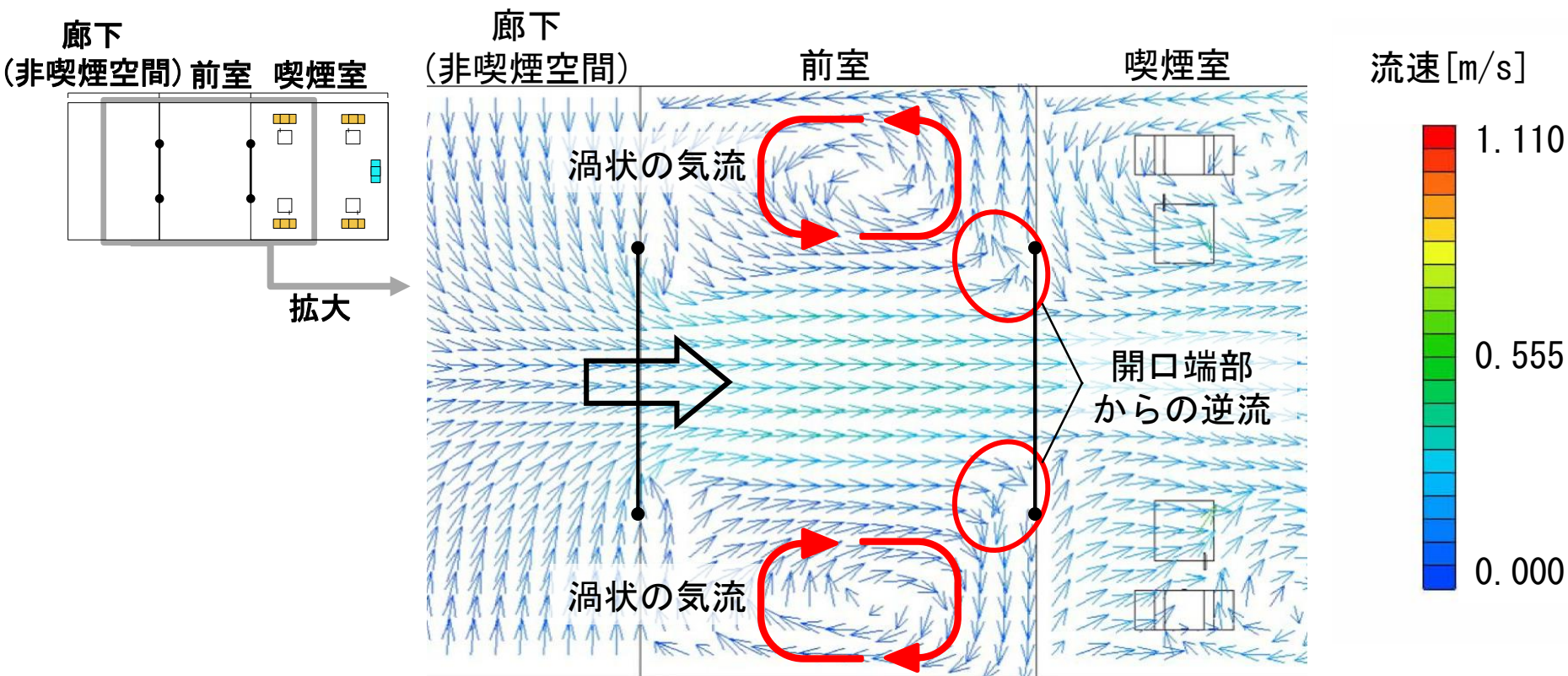


図 case2 退出者移動前の気流速度分布 ($z=1.8$ [m] 水平断面, $t=0.0$ [s])

解析結果 case2(前室設置)

喫煙室からの逆流は、非喫煙空間から**新鮮空気**が流入することによって前室内で発生する渦状の気流が、喫煙室内の空気を誘引することにより生じ、タバコ煙が前室へ漏出する原因となっている。

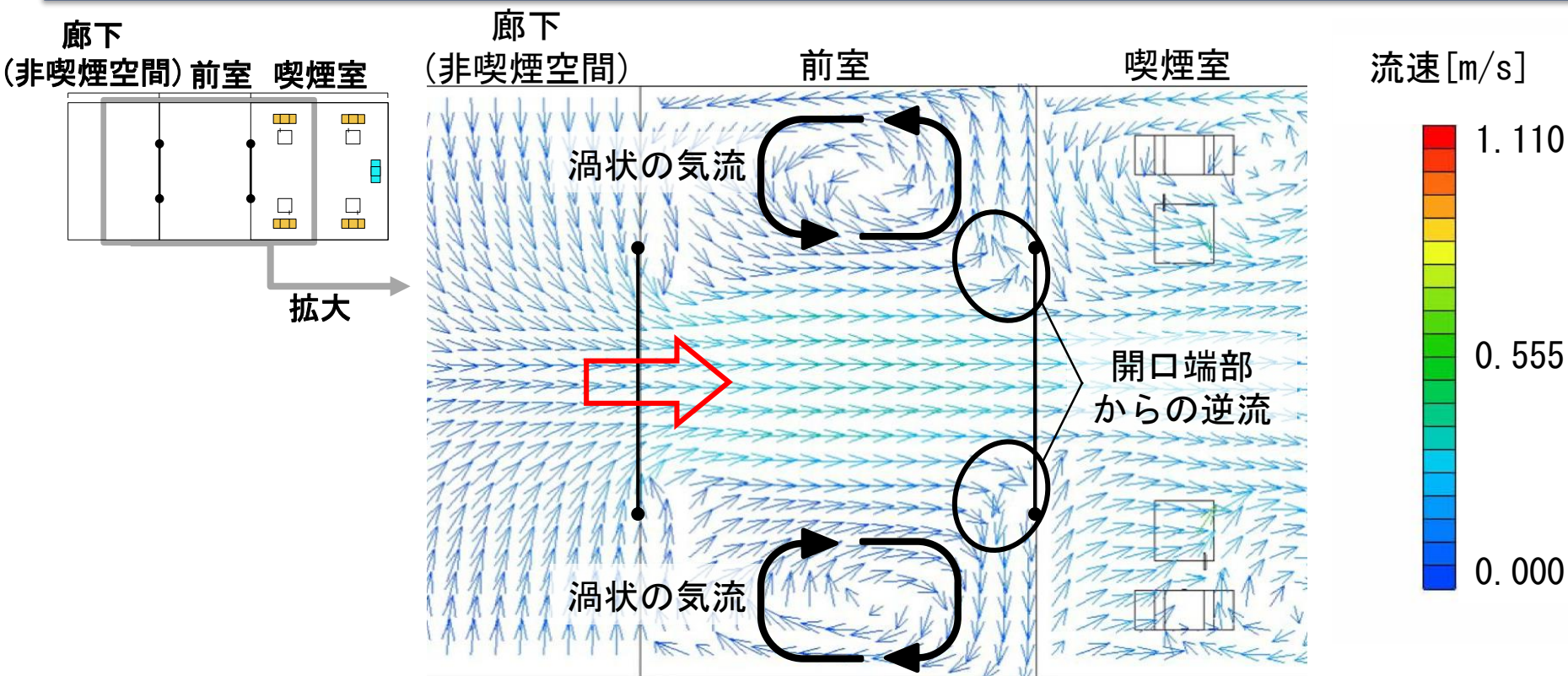


図 case2 退出者移動前の気流速度分布 ($z=1.8$ [m] 水平断面, $t=0.0$ [s])

解析結果 case2(前室設置)

喫煙室からの逆流は、非喫煙空間から新鮮空気が流入することによって前室内で発生する渦状の気流が、喫煙室内の空気を誘引することにより生じ、タバコ煙が前室へ漏出する原因となっている。

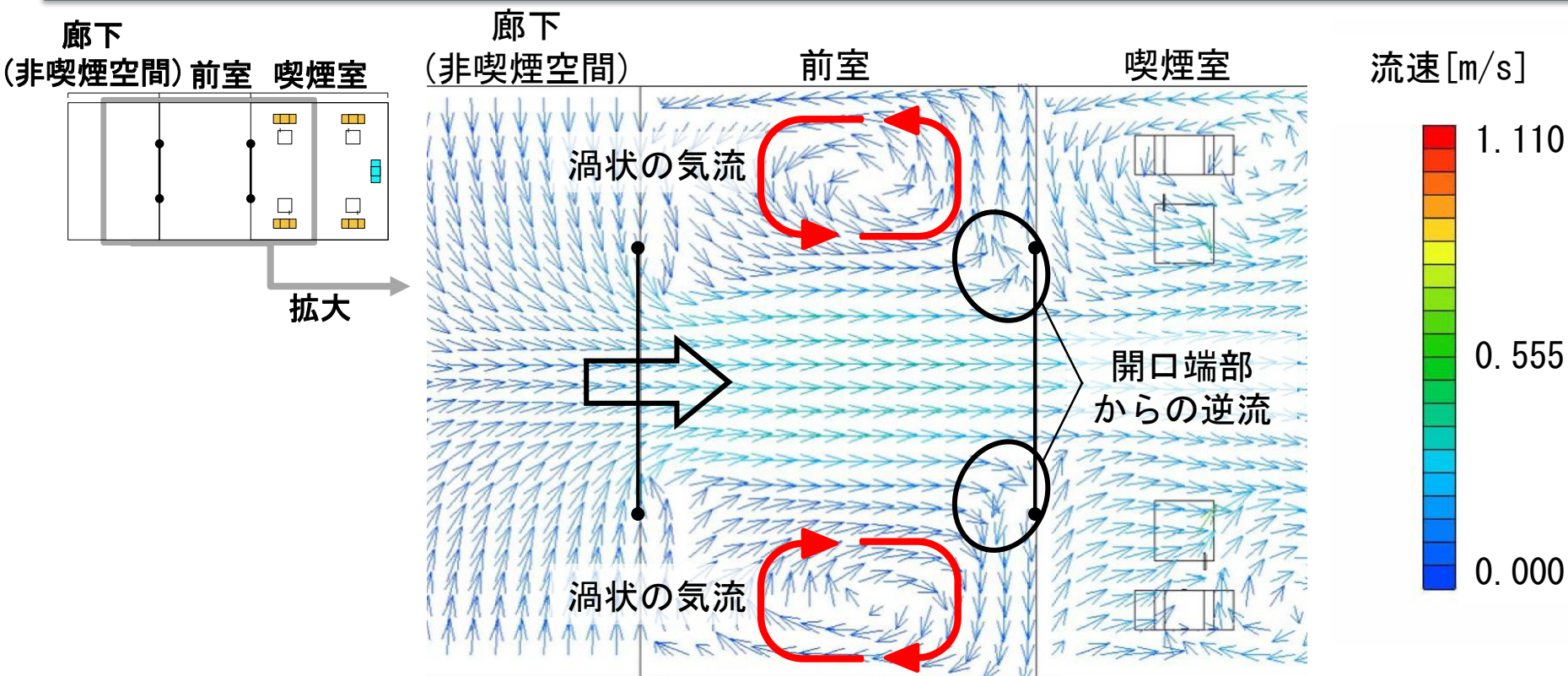


図 case2 退出者移動前の気流速度分布 (z=1.8[m] 水平断面, t=0.0[s])

解析結果 case2(前室設置)

喫煙室からの逆流は、非喫煙空間から新鮮空気が流入することによって前室内で発生する渦状の気流が、喫煙室内の空気を誘引することにより生じ、タバコ煙が**前室へ漏出する**原因となっている。

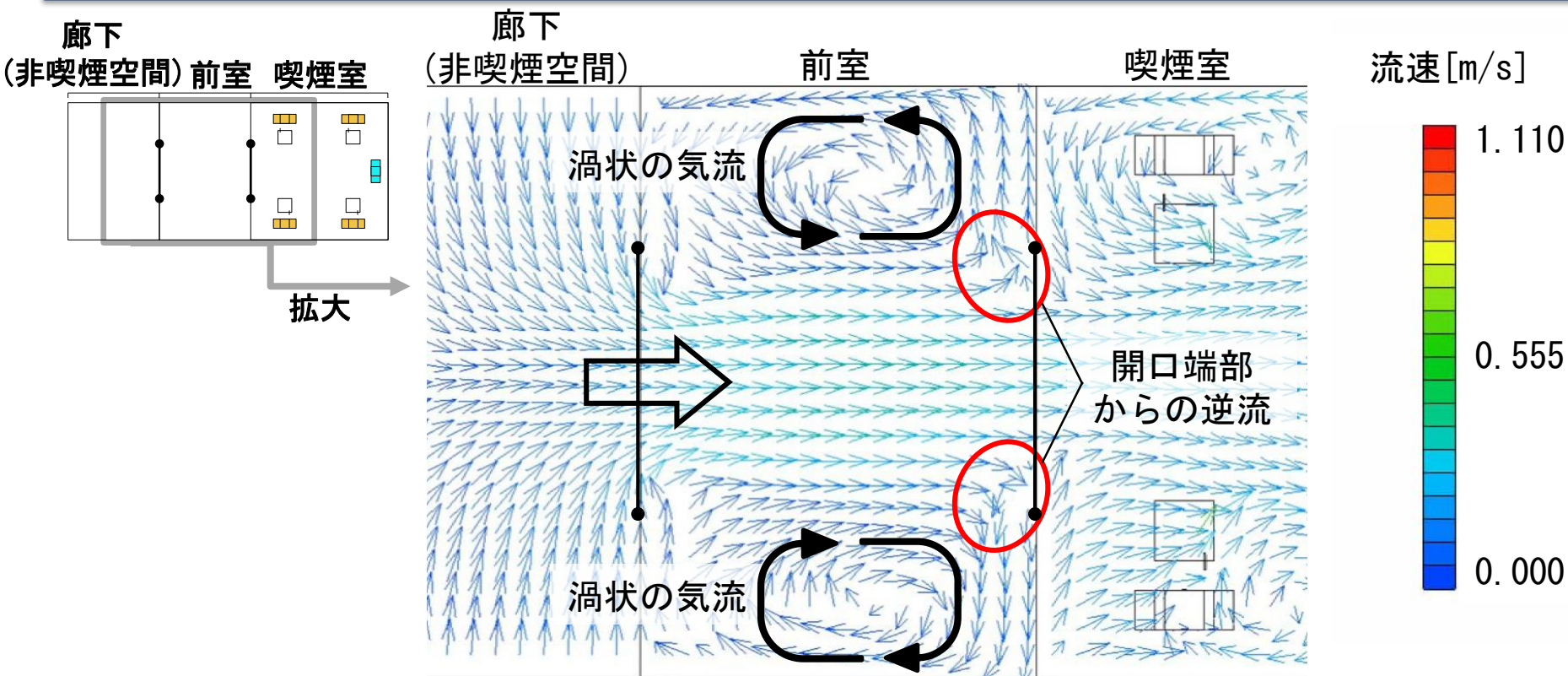


図 case2 退出者移動前の気流速度分布 ($z=1.8$ [m] 水平断面, $t=0.0$ [s])

解析結果 case2 (前室設置)

前室の設置により退出に伴い非喫煙空間へ流出するタバコ煙の濃度は**恕限度以下まで減少**するが、開口部の平均境界面風速 $0.2[\text{m/s}]$ 以上を満たす場合でも**開口端部からタバコ煙の漏出**が生じる可能性がある。

粒子状物質 $[\text{mg}/\text{m}^3]$

0.00 0.05 0.10 0.15



廊下

前室

喫煙室

廊下

前室

喫煙室

退出者

退出者

喫煙者

$z=1.5[\text{m}]$ 水平断面

$y=1.5[\text{m}]$ 鉛直断面

図 case2 汚染質濃度分布 ($t=5.8[\text{s}]$)

解析結果 case2(前室設置)

既存の開口部境界面風速の基準値の設定及び、測定方法※⁷に改善の余地があると考えられる。

※⁷ 喫煙室と非喫煙室の境界部分の上・中・下部において気流の風速を1分間ずつ3回測定し経時的な変化を把握する。

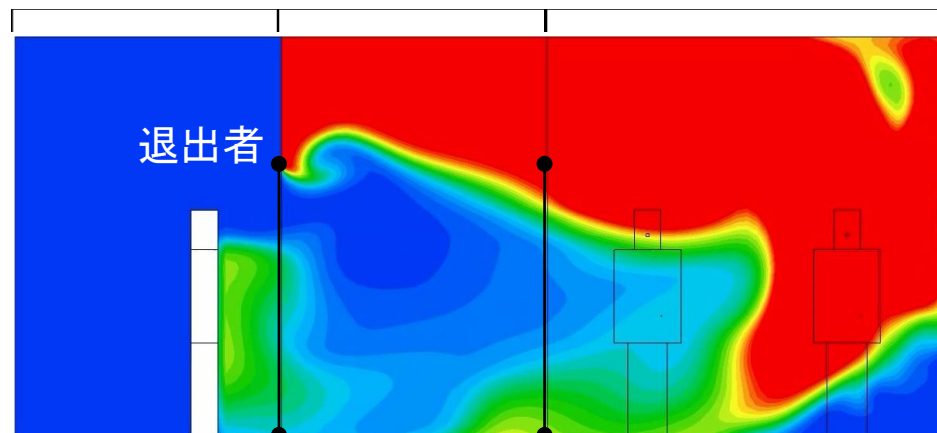
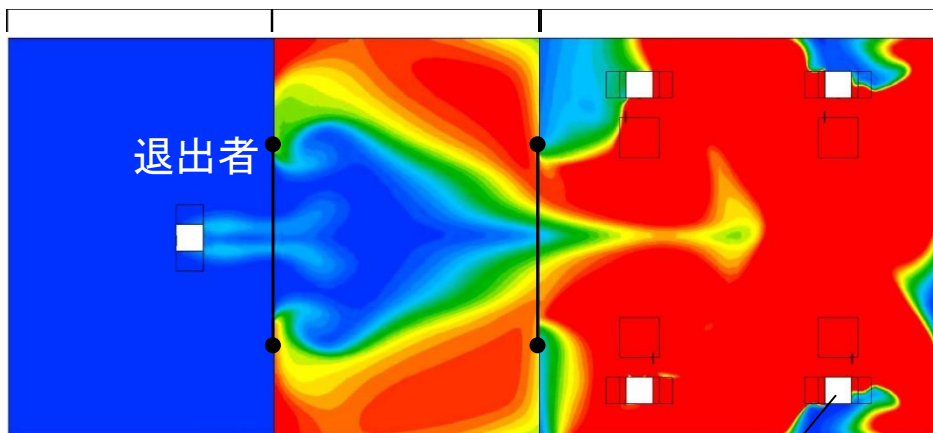
粒子状物質[mg/m^3]

0.00 0.05 0.10 0.15



廊下 前室 喫煙室

廊下 前室 喫煙室

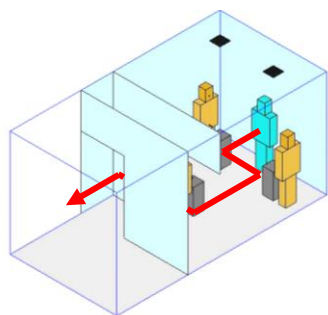


z=1.5[m] 水平断面
喫煙者

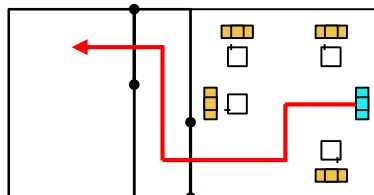
y=1.5[m] 鉛直断面

図 case2 汚染質濃度分布 ($t=5.8[\text{s}]$)

解析結果 case3 (前室設置、開口対角)



喫煙者 退出者

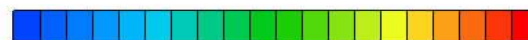


流速 [m/s]

0.000

0.555

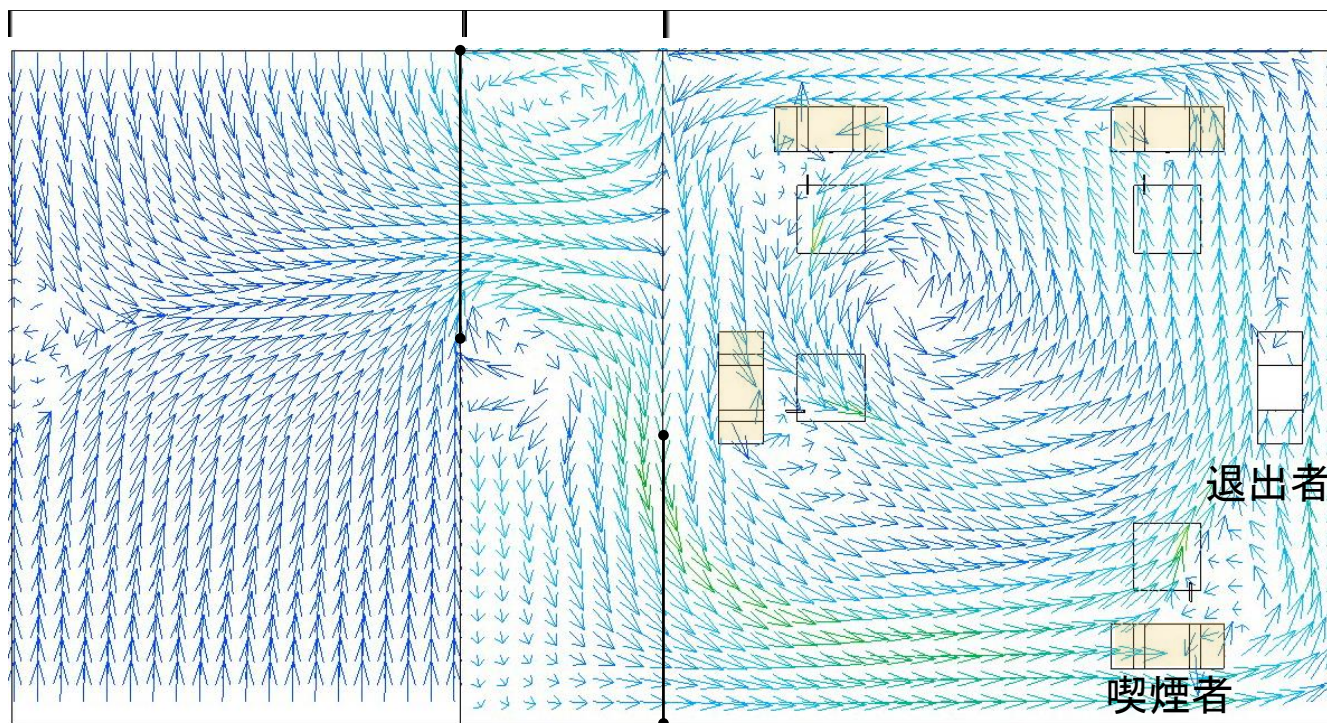
1.110



廊下

前室

喫煙室



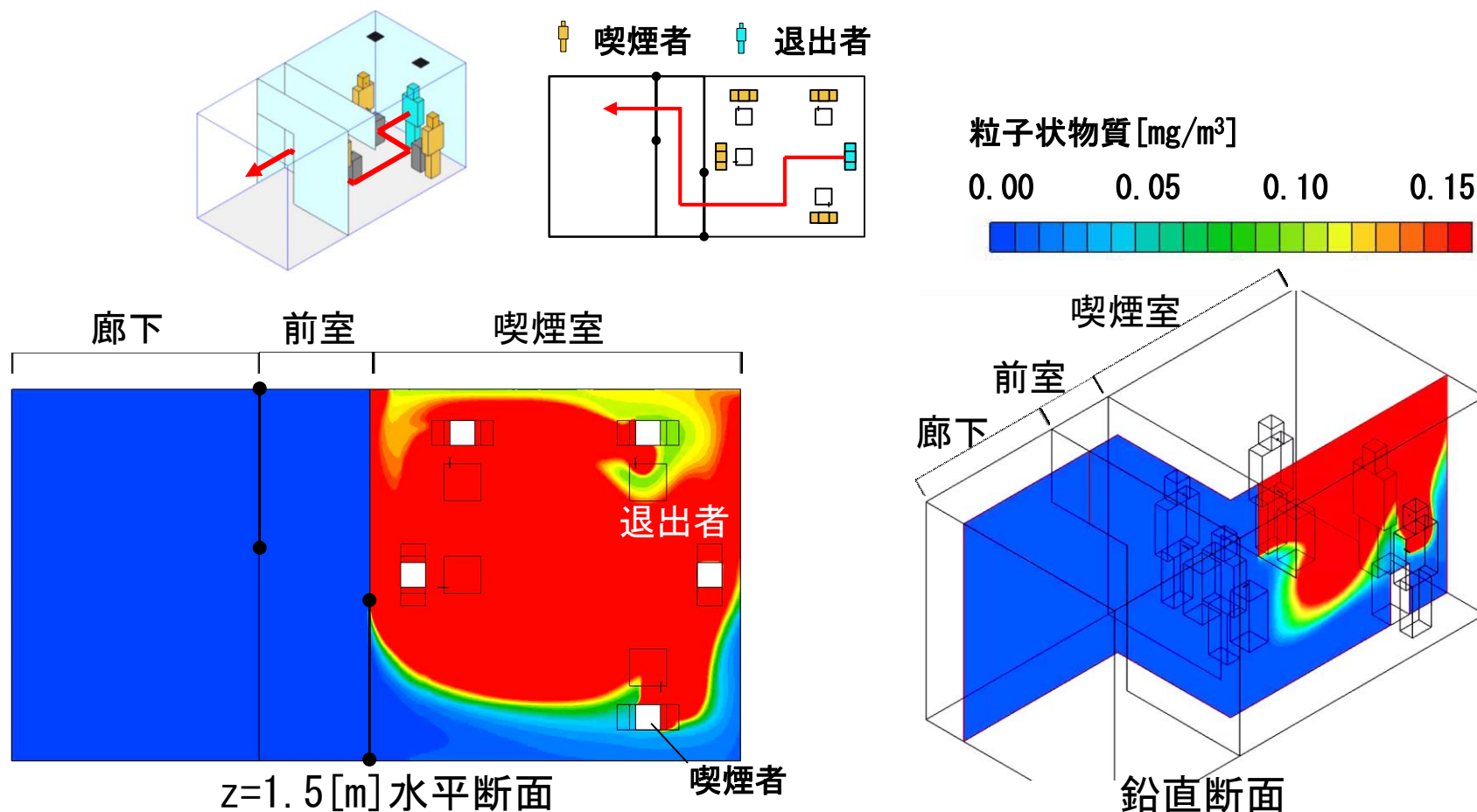
退出者

喫煙者

case3 気流速度分布 (z=1.5[m] 水平断面)

解析結果 case3 (前室設置、開口対角)

case1、case2と比較して流出する粒子状物質の濃度は $0.04[\text{mg}/\text{m}^3]$ と大幅に減少する。



case3 汚染質濃度分布

解析結果 case3 (前室設置、開口対角)

緩衝空間の設置により移動距離が増加したことに加え、開口が対角にあり退出者が方向転換することで、人体周辺のタバコ煙の拡散が促進されたと考えられる。

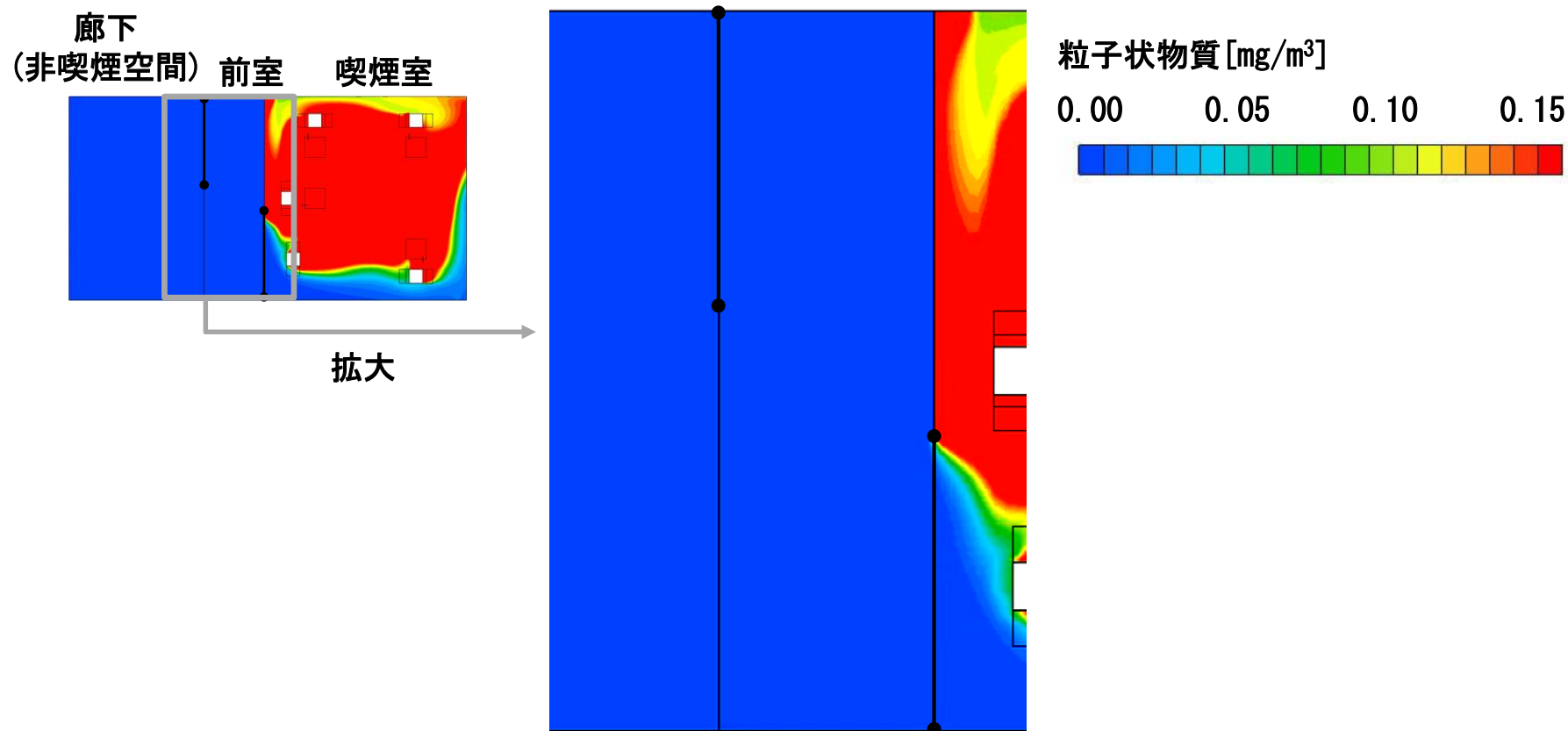
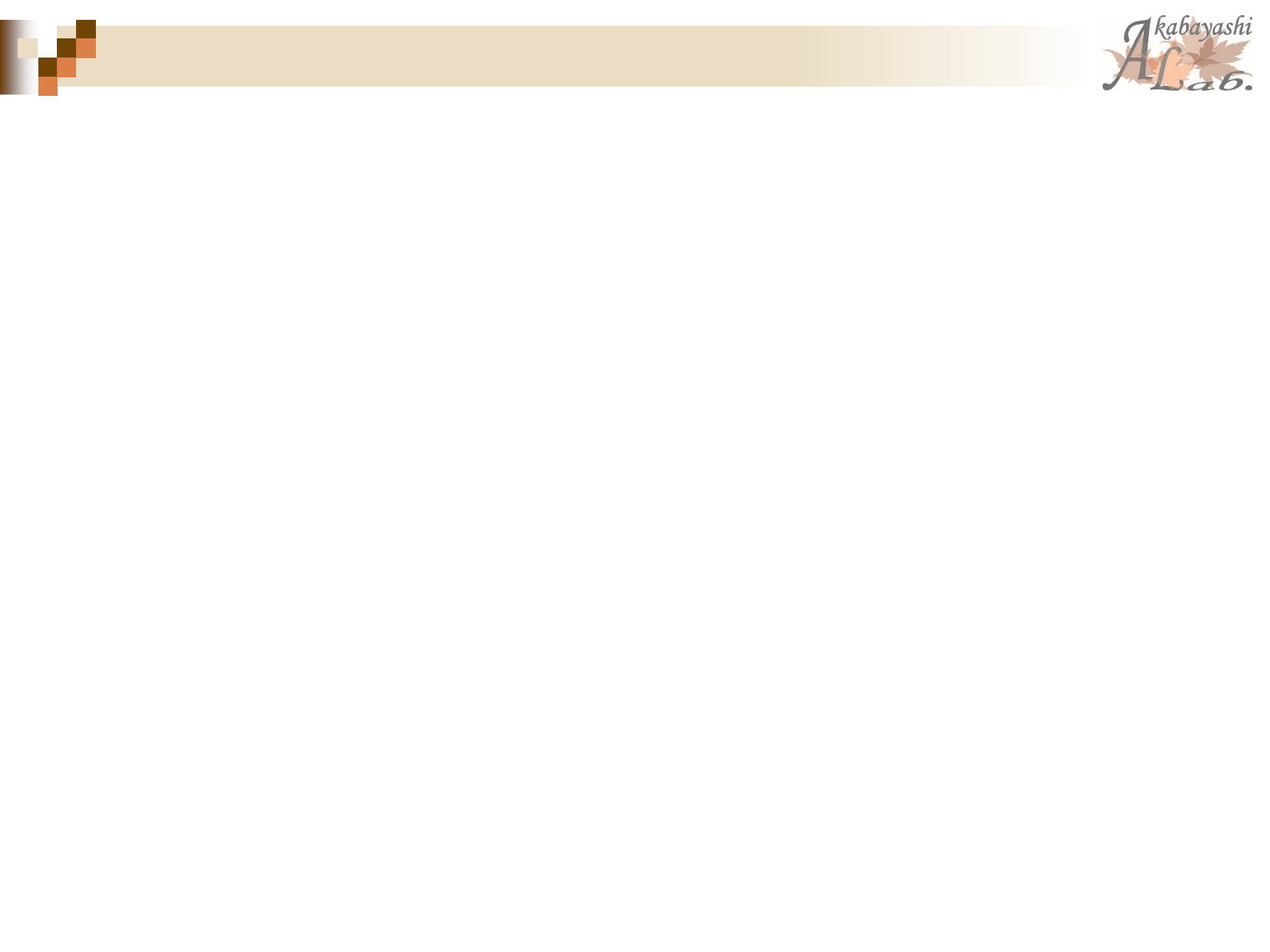


図 case3 退出者周辺水平断面 (1回目方向転換時)

- ①喫煙室から直接非喫煙空間へ退出する場合、退出者の背部にタバコ煙が滞留し粒子状物質の恕限度である $0.15[\text{mg}/\text{m}^3]$ を上回る濃度で非喫煙空間へ流出する。
- ②喫煙室と非喫煙空間の間に前室を設置した場合、緩衝空間の設置及び退出者の移動距離の増加により非喫煙空間へ退出する際のタバコ煙の流出量が減少する。
- ③前室を設置しその開口を対角に配置した場合、緩衝空間の設置及び退出者の移動距離の増加に加え方向転換することにより、非喫煙空間へ退出する際のタバコ煙の流出量が大幅に減少する。今回の条件において、喫煙室におけるタバコ煙の流出対策として最も有効であると考えられる。



喫煙室面積

喫煙室面積[m²] = 最小空間 3.3[m²] + 単位空間 1.65[m²] x (同時喫煙人数 - 1)

→ 同時喫煙人数を4人として、 $3.3 + 1.65 \times (4 - 1) = \underline{8.25[\text{m}^2]}$

排気風量

- ・開口部の境界風速0.2[m/s]以上

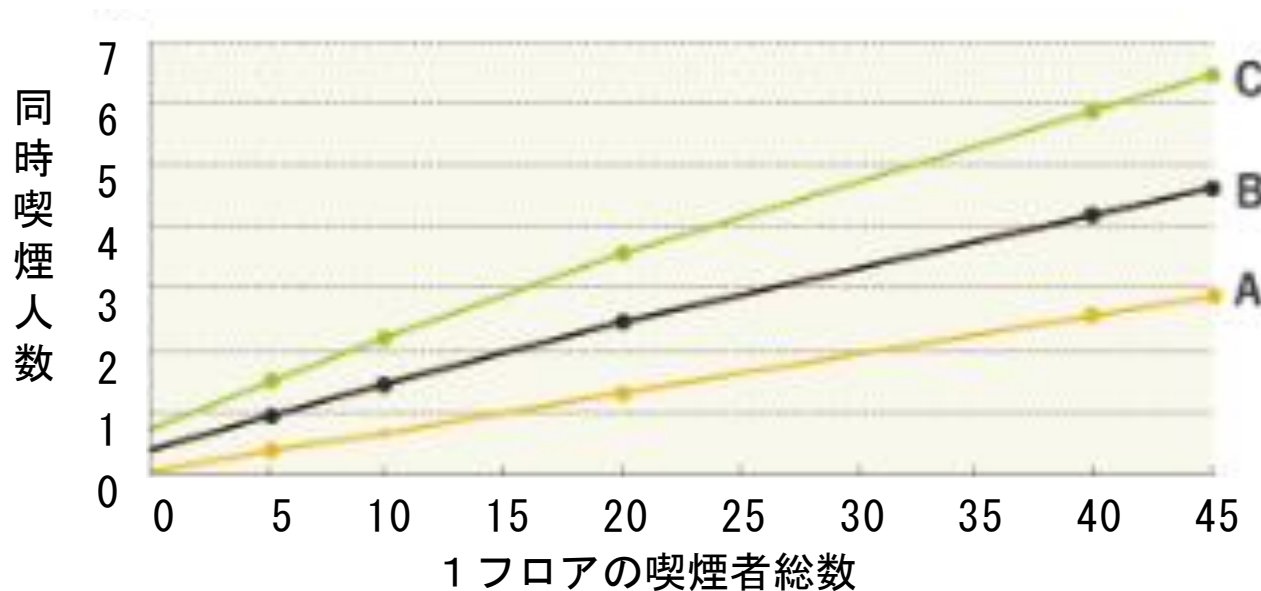
排気風量[m³/h] = 開口部面積[m²] x 境界風速[m/s] x 3600[s/h]

→ 開口部を2[m]x1.2[m]として、 $2.4 \times 0.2 \times 3600 = \underline{1728[\text{m}^3/\text{h}]}$

- ・浮遊粉塵濃度0.15[mg/m³]以下

排気風量[m³/h] = 粉塵発生量[mg/h] ÷ 時間平均浮遊粉塵濃度[mg/m³]

→ 喫煙本数を1時間あたり24本として、 $240 \div 0.15 = \underline{1600[\text{m}^3/\text{h}]}$



Aは約50[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合
Bは約84[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合
Cは約97[%]の確率で同時集中率が設定人数内に収まる場合

粒子状物質 10[mg/本] →呼出煙 4 [mg/本]

副流煙 6 [mg/本] (村松らの実験値より推定)

出典) 木村ら「喫煙による室内空気汚染とその対策」 労働科学 1990年

村松茂登彦「紙巻きたばこの自然燃焼における移動現象に関する研究」専売中研報 1981年

一酸化炭素 呼出煙 13.7[mg/本]

副流煙 36.6[mg/本]

出典) 村松茂登彦「紙巻きたばこの自然燃焼における移動現象に関する研究」専売中研報 1981年

タバコ煙濃度分布の算出

粒子状物質	呼出煙	4 [mg/本]
	副流煙	6 [mg/本]

一酸化炭素	呼出煙	13.7 [mg/本]
	副流煙	36.6 [mg/本]

喫煙時間
およそ230秒

$$(\text{粒子状物質濃度 [mg/m}^3\text{]}) = (\text{CN01} * 4 + \text{CN02} * 6) / 230$$

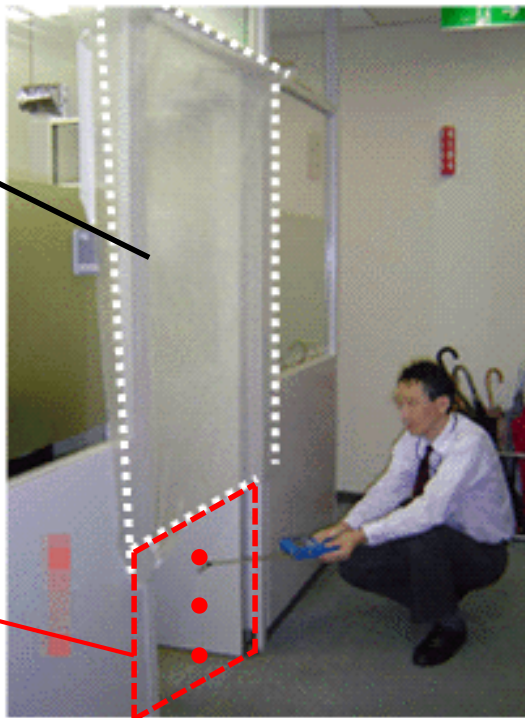
[mg/m³]→[ppm]
換算式

$$\begin{aligned} (\text{一酸化炭素濃度 [ppm]}) = & (\text{CN01} * 13.7 + \text{CN02} * 36.6) / 230 \\ & * 22.4/28 * (273+\text{TEMP})/273 * (1013+\text{PRES})/1013 \end{aligned}$$

CN01…呼出煙 CN02…副流煙 TEMP…気温 PRES…気圧

のれんにより開口部面積を減らして境界風速を補強している。

開口部



測定方法：非喫煙場所から喫煙室等への気流の風速の測定点は、非喫煙場所と喫煙室等の主たる開口面について、上部、中央部、下部の3点を設定する。1分間ずつ3回測定し経時的な変化を把握する。

- 直接数値シミュレーション
(Direct Numerical Simulation: DNS)

一切モデル化を行わずに微小な渦もすべて計算する手法です
非常に細かいメッシュが要求されるため、計算負荷が大きくなります

- 現実の流れ場



- DNS のメッシュ

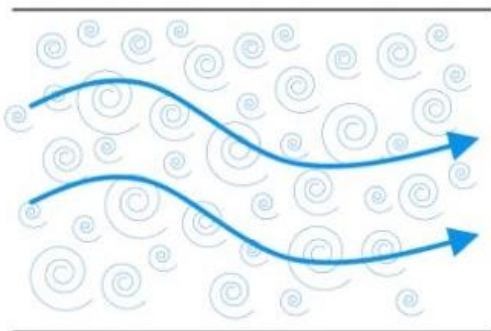


すべての渦を解像できる細かさのメッシュが必要

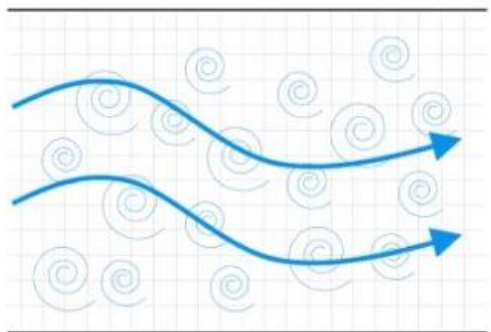
● ラージエディシミュレーション (Large Eddy Simulation: LES)

メッシュサイズに対して大きな渦は直接解き、小さな渦はモデルによって表現する手法です（空間平均モデル）

■ 現実の流れ場

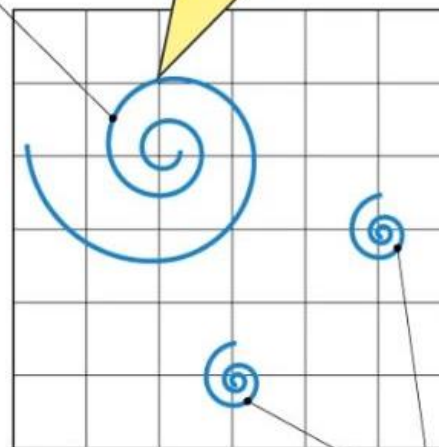


■ LES の流れ場



グリッドスケール (GS)
モデル化せずに解く

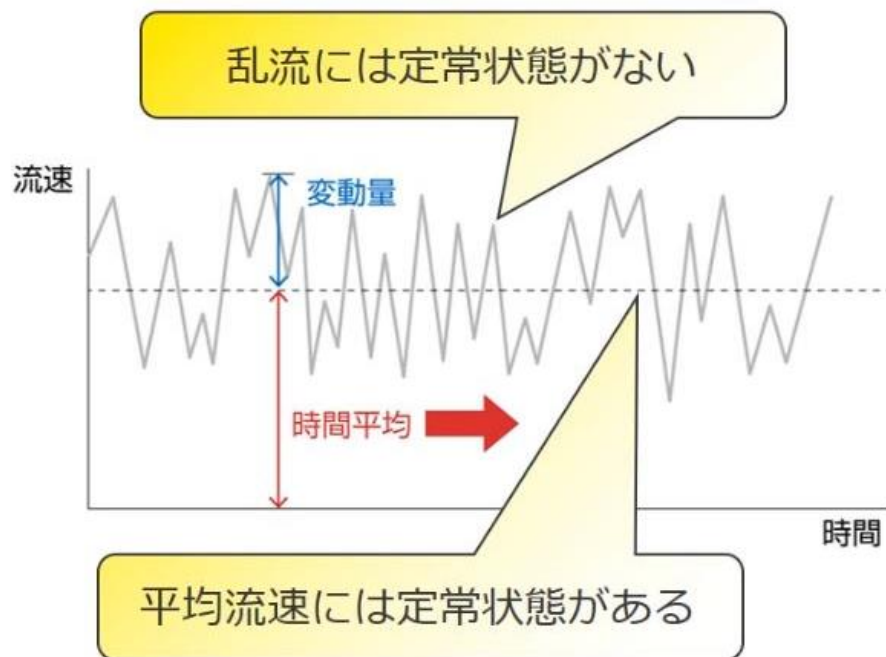
メッシュサイズに応じて変化



サブグリッドスケール (SGS)
モデル化して解く

- **レイノルズ平均モデル**
(Reynolds Averaged Navier-Stokes: RANS)
乱流の平均場を求める手法です (時間平均モデル)

- 流速の時間変化



- 現実の流れ



- RANS で
求められる流れ



