

画すること。

18〇 給排気装置が停止した場合の対策を講じること^{3) 5)}。

給排気ダクトには室ごとに気密ダンパをつけ、ファン停止時には連動して閉鎖する機構を備えることが望ましい⁵⁾。

(給水、排水等)

19〇 病室内に手洗い設備を設けること^{2) 3)}。

感染対策の基本となる手洗いを効果的に実施できるよう、病室内には手洗い設備を設けること。

20〇 手洗い設備の水栓は、手の指を使わないで操作できるものが望ましい²⁾。

感染対策上の理由から、手洗い設備は自動水栓など手の指を使わない構造とすることが望ましい²⁾。

21〇 排水を適切に処理できる設備を有すること²⁾。

公共下水道が整備されている地域では、直接の放流を行っても支障はない。

(検査等)

22〇 結核患者が使用する検査室は陰圧とすること⁴⁾。

気管支内視鏡検査など、患者がマスクを外して検査を受ける検査室から、空気が外部にもれないようにすること。

検査室の使用前に、室内が陰圧状態であることを確認し、記録をつけること。

なお陰圧の確認方法の詳細については、解説編Cを参照のこと。

23〇 採痰ブースは空気もれない閉鎖空間とすること⁴⁾。

結核菌が多く排出される採痰ブースでは空気もれないようにすること。

●運用における留意点 (基本的推奨事項)

24〇 当該病室に結核患者を収容している間は、病室を陰圧状態に保つため、窓を開けないこと^{1) 2)}。また扉は出入り時以外閉めておくこと¹⁾。

病室からの飛沫核の拡散を最小限にするため、陰圧状態を保持するための運用上の工夫をすること。

25〇 結核患者を収容している期間中は、病室および特定区域の陰圧状態を毎日点検し、記録をつけること。

陰圧の確認は煙管または差圧計等によって行うこと。ただし差圧計はその位置によって計測値が変わることに注意すること。煙管の代用として、ペーパーパウダー等を用いて空気流の状況を確認する方法もある。差圧計によって陰圧の確認を行う場合、差圧計の動作確認および点検を定期的実施すること¹⁾。

患者を収容していない場合でも、病室の陰圧を定期的に（毎月）点検すること¹⁾。
なお陰圧の確認方法の詳細については、解説編Cを参照のこと。

26○ 診断治療の手技はできる限り当該病室内で行うこと¹⁾。

結核患者が病室（特定区域）外に滞在・通過する機会を少なくするため、必要な処置等はなるべく病室内にて行うようにする。

27○ 病室または特定区域内での長期間の隔離を強いられる患者の療養環境に配慮すること¹⁾。

病室内に電話・テレビ・ラジオ・インターネット等の設備を備えるなど、なるべく病室外に出ないようにするための、患者に対する行動の動機付けが有効である¹⁾。

28○ 病室または特定区域に医療スタッフ・家族等が出入りする際にはN95マスクを着用すること¹⁾。

病室もしくは特定区域内に職員や患者家族等が立ち入る場合には、N95マスクを着用して感染を防御すること。

29○ 結核患者が病室もしくは特定区域の外へ出る場合には、サージカルマスクを着用させること¹⁾。

病室内で実施できない検査などのために、結核患者が病室（特定区域）外へ出る場合には、サージカルマスクを着用させて感染性飛沫の飛散を防止すること。

30○ 特定区域外の部屋を使用する際には、結核患者と他の患者を同時に入室させないようにすること³⁾。

結核患者が、放射線検査など病室で実施できない検査・診療に関する諸室を使用する際は、利用時間帯を区分するなどして、結核患者と他の患者が接触する機会を少なくすること。またエレベータや廊下等においても、結核患者と一般の患者等との接触時間が短くなるよう、運用上の工夫をすること。

31○ HEPA フィルターの適切な保守管理を行うこと¹⁾。

フィルターの性能について定期的に点検し、記録をつけること¹⁾。

フィルターの維持管理作業は、専門知識を有する担当者が行うこととし、排気システム・再循環システムが稼働していない時に実施すること。また保守点検時の安全性を確

保するために、汚染空気が通過するフィルター収納部および収納部に接続するダクトには、「汚染空気」（または同様の警告）という標識をはっきりと表示すること¹⁾。

32〇 院内感染対策委員会による運用の評価を定期的実施すること¹⁾。

院内感染対策委員会を設置し、結核の院内感染対策についての指導・監督、運用状況の評価を定期的に行うこと。結核以外の感染症を取り扱う院内感染対策委員会が同時に結核を取り扱うことでも良いが、その場合には、結核の感染対策の責任者を決め、呼吸器を専門とする医師を加えることが望ましい⁴⁾。

●解説編

A. 病室の構成と特定区域の設定について

結核は、他の感染症疾患と比較して入院期間が長いこと、病室群および共用空間からなる「特定区域」を設定し、患者の排菌状態に応じて外出可能範囲が拡大するよう、段階的な空間構成とすることが望ましい。特定区域の面積や設備・しつらいについては、収容する結核患者の人数に応じて、各医療機関で検討すること。

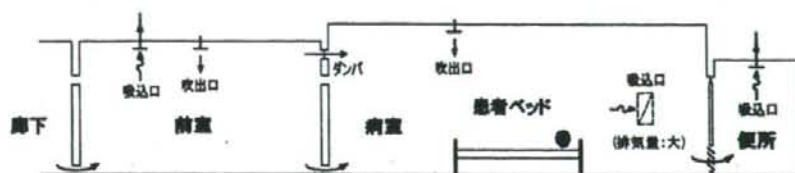
特定区域には、食堂や談話室など結核患者が他の患者と共用することが困難な生活関連諸室を設けることが望ましい。

結核専門の医療機関においては、入院治療が数年に亘る多剤耐性結核患者に対応できるよう、アメニティに配慮し生活領域を広げるような特定区域を設けることが望ましい。

B. 前室について

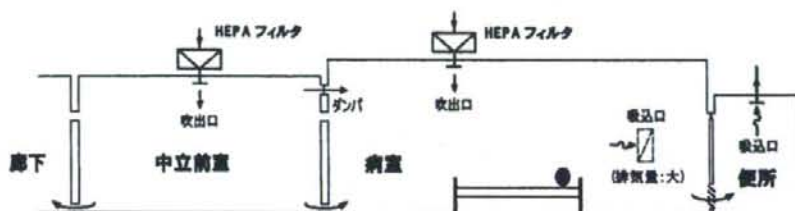
結核患者を収容する病室において、前室は必ず設けなければならないものではないが、病室への出入り時に扉を開放する際、廊下へ飛沫核が漏れる可能性を少なくする効果がある。特に白血病やエイズなどを合併し易感染状態にある患者については、病室の空気圧設定に特別な配慮が必要となるため、前室付き病室に収容するべきである。

前室付き病室における空気の流れについて示したのが図1である⁵⁾。aは空気感染性疾患の患者が入室したときの空気の流れ、bは空気感染性疾患を合併した易感染患者が入室し陰圧室とする場合の空気の流れ、cは空気感染性疾患を合併した易感染患者が入室し陽圧室とする場合の空気の流れをそれぞれ示す。bでは病室へ入るための個人用防御具を着用するのは前室内でよいが、cでは前室ではなく廊下で着用する必要がある。個人用防御具をどこで着用するのかによって、bとcとに分けられる。



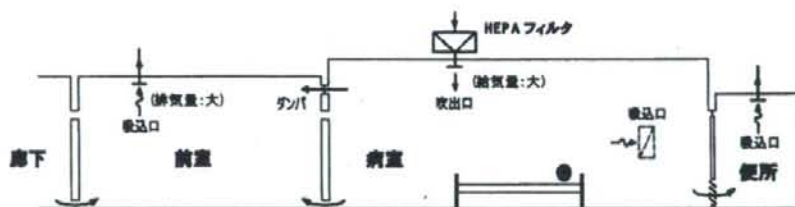
(a) 正常免疫

空気感染性疾患の患者が入室したときの空気の流れ



(b) 易感染患者（陰圧室）

空気感染性疾患を合併した易感染患者が入室した場合の空気の流れ



(c) 易感染患者（隔圧室）

空気感染性疾患を合併した易感染患者が入室した場合の空気の流れ

図1 前室付き病室における空気の流れ（文献5より）

C. 陰圧（空気流の方向）の確認方法について

結核患者を収容している期間中は、当該病室の陰圧制御の状態について、煙管または差圧計等により毎日確認する必要がある。また結核患者が検査室を使用する前には、当該室の陰圧状態を確認する必要がある。

煙管により計測する場合、病室ドアの下端近くにドアから約5センチ（2インチ）ほど離して煙管を保ち、ゴム球を静かに圧迫して少量の煙を放出させる（図2）。煙管はドアと平行に保ち、管から出る煙の速度が、空気流の速度を上回らないようゆっくりと煙を押し出す。病室が陰圧であれば煙はドアの下部から室内へと吸い込まれ、陰圧でなければ煙は病室の外側へ吹きやられるので、目視により煙の流れを確認することができ

る。なお煙管の代用として、ペビーパウダー等を用いて空気流の状況を確認する方法も有効である。

差圧計により計測する場合、ドア中央部では陰圧であるがドア下部では陽圧となるなど、計測値は計測する位置により異なるので、図2のように空気流に近い場所、すなわち病室のドア下部にて計測するようにする¹⁾。このような場所に差圧計を設置することが不可能な場合には、空気が流れる場所と差圧計の感圧部分がある場所とが同じ陰圧状態であることを確認する必要がある。

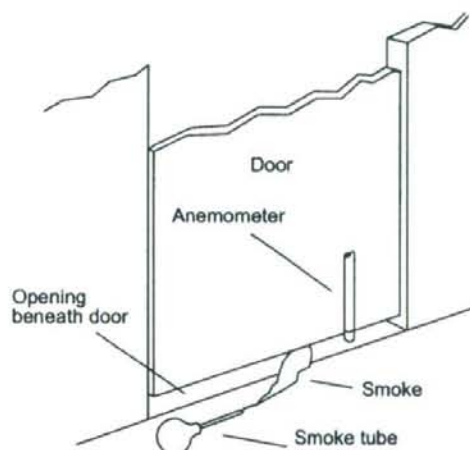


図2 陰圧状態を確認する際の煙管・差圧計の位置（文献1より）

●文献リスト

1. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), U. S. Department of Health and Human Services. Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Settings. 2005
2. 厚生労働省健康局結核感染症課長. 感染症指定医療機関の施設基準に関する手引きについて. H16. 3. 3 健感発第 0303001 号. 2004
3. 厚生労働省健康局長. 結核患者収容モデル事業実施要領の一部改正について. H16. 6. 8 健発第 0608005 号. 2004
4. 結核予防会結核研究所森亨編. 結核院内（施設内）感染予防の手引き. 2000
5. 日本医療福祉設備協会. 病院空調設備の設計・管理指針 (HEAS-02-2004). 2004
6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), U. S. Department of Health and Human Services. Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious

Agents in Healthcare Settings. 2007

7. AIA (American Institute of Architects). Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities. 2006

第2章 シミュレーションによる病室内気流の検討

1. 目的

数値流体力学 (CFD : Computational Fluid Dynamics) 的手法により、結核に対応した第2種感染症対応病室の要件を検討する。

2. シミュレーション内容

2.1. 方法

順天堂大学大学院感染制御科学 (平松啓一教授) 内の建築グループ (堀賢准教授、森本正一、伊藤昭、崎村雄一ら) の手法により、飛沫核分布を解析した。解析モデルは水廻り入口の位置を変更した2パターンとした。解析ケースは従前2種病室仕様を基準として吹出口および吸込口の位置および換気回数を変更した7パターンとした。病室は廊下に対して2パターンの陰圧とし、それぞれドアのアンダーカットから流入させた。ドアを開放した場合の飛沫核分布の推移について、踏み込み部の仕様2パターンと換気回数2パターンの計4パターンの検討を行った。水回りへのアプローチについて、4パターンの検討を行った。

2.2 解析モデル

解析モデルを図 2-1～2-11 に示す。

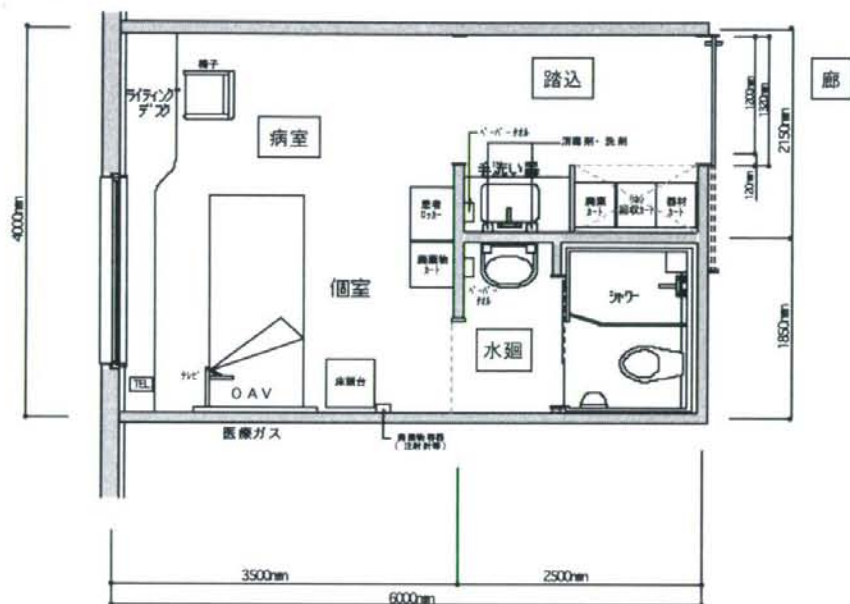


図 2-1 解析モデル 1 (水廻り入口が奥側)

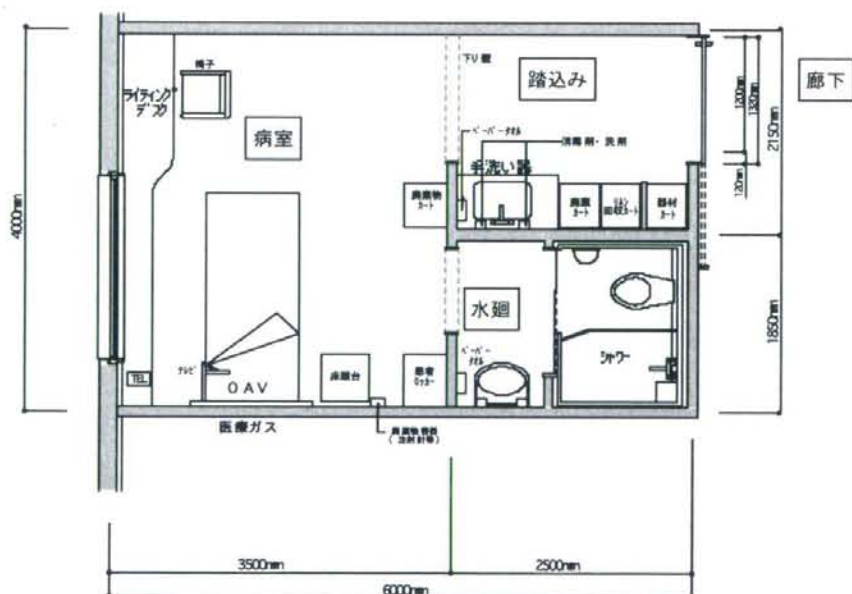


図 2-2 解析モデル 2 (水廻り入口が手前側)

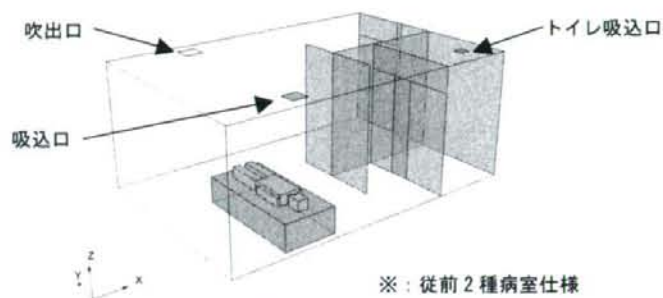


図 2-3 ケース 1 解析モデル (モデル 1)

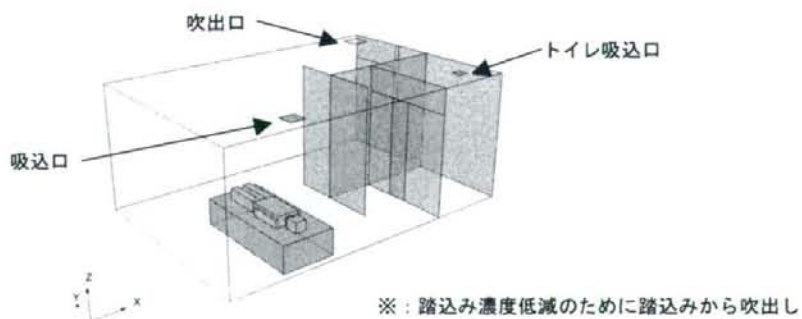


図 2-4 ケース 2 解析モデル (モデル 1)

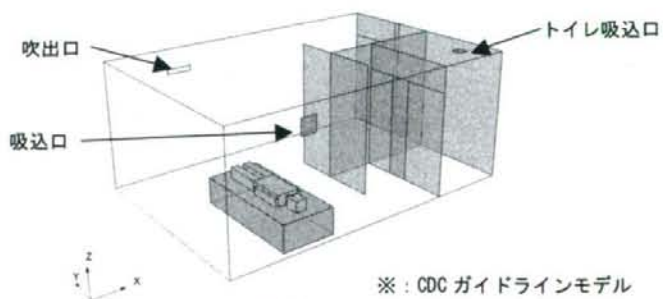


図 2-5 ケース 3 解析モデル (モデル 1)

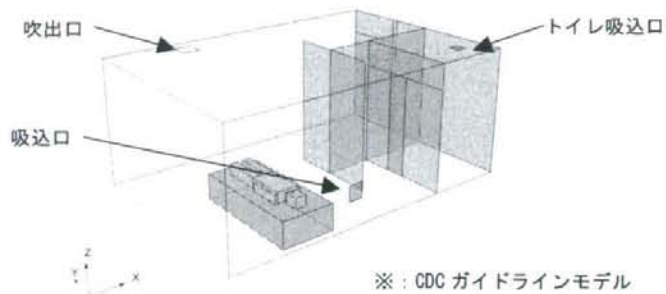


図 2-6 ケース 4 解析モデル (モデル 1)

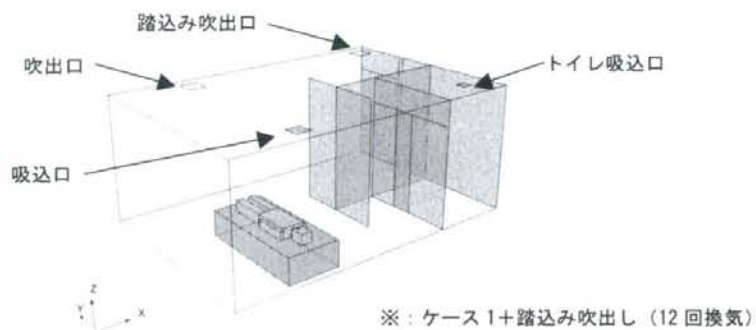


図 2-7 ケース 5 解析モデル (モデル 1)

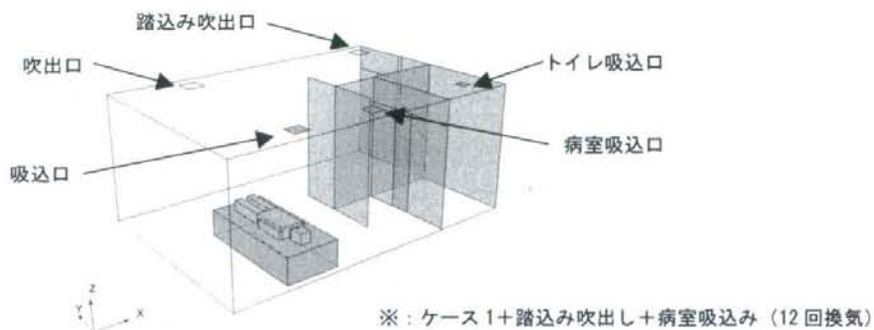


図 2-8 ケース 6 解析モデル (モデル 1)

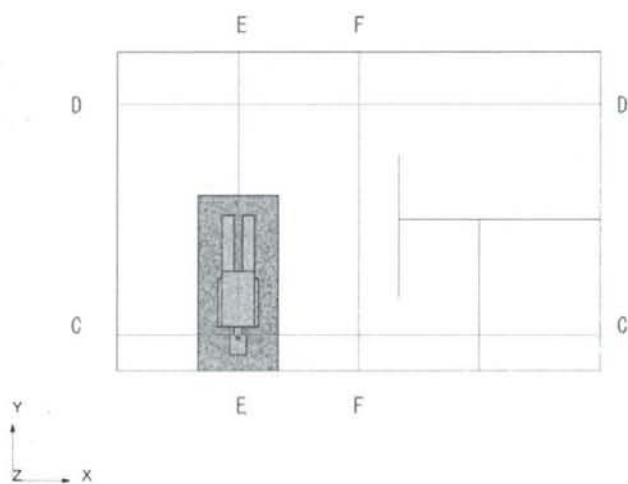
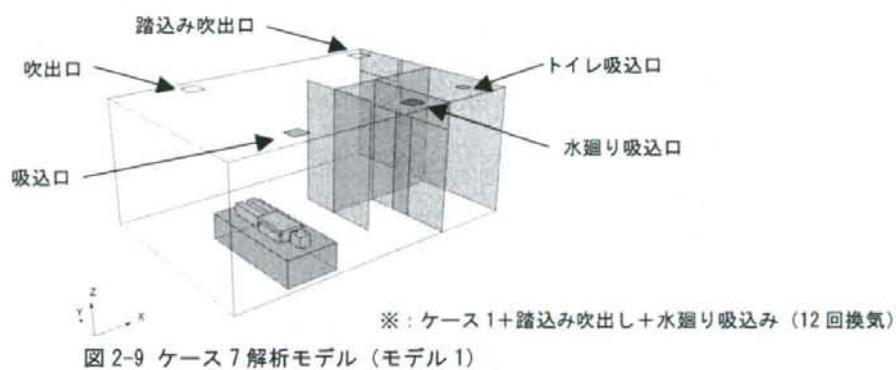


図 2-10 鉛直面出力断面

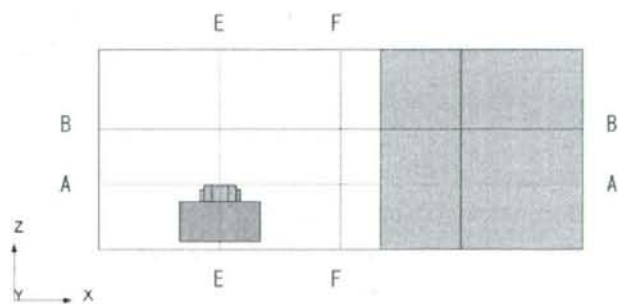


図 2-11 水平面出力断面

2.3. 解析条件

解析条件を表 2-1～2-3 に示す。

表 2-1 解析条件（ケース 1～4）

	サイズ [mm]	数量	温度 [°C]	風量 [m ³ /h]	全風量 [m ³ /h]
吹出口	350×350	1	22.4	160	160
吸込口	300×300	1	—	160	210
	200×200	1	—	50	
口（菌発生 ^{※1} ）	20×40	1	37	0.18	0.18

※1：菌の発生量は 60,000cfu/h

表 2-2 解析条件（ケース 5～7）

	サイズ [mm]	数量	温度 [°C]	風量 [m ³ /h]	全風量 [m ³ /h]
吹出口	350×350	1	22.4	160	370
	350×350	1	26	210	
吸込口	300×300	1	—	160	420
	300×300	1	—	210	
	200×200	1	—	50	
口（菌発生 ^{※1} ）	25×50	1	37	0.18	0.18

※1：菌の発生量は 60,000cfu/h

表 2-3 吹出口、吸込口の位置

	吹出口 1	吹出口 2	吸込口 1	吸込口 2
ケース 1	病室天井	—	病室天井	—
ケース 2	踏み込み天井	—	病室天井	—
ケース 3	病室壁	—	病室壁	—
ケース 4	病室天井	—	病室壁	—
ケース 5	病室天井	踏み込み天井	病室天井	—
ケース 6	病室天井	踏み込み天井	病室天井	水廻り天井
ケース 7	病室天井	踏み込み天井	病室天井	病室天井

注：すべてのケースでトイレ吸込口あり

2.4. 解析環境

- ・ メッシュ分割 : X 122×Y 82×Z 53 =530,212 メッシュ（廊下なし）
X 172×Y 102×Z 53 =929,832 メッシュ（廊下あり）
- ・ ハードウェア : SX-8（日本電気㈱）
- ・ ソフトウェア : STREAM ver3.12（㈱ソフトウェアクレイドル）
- ・ 乱流モデル : k-ε 型 2 方程式モデル

3. 解析結果

解析結果を表 3-1～3-6 および図 3-1～3-48 に示す。

表 3-1 病室飛沫核濃度解析結果（モデル 1）

単位：cfu/m³

換気回数	ケース名	陰圧 85m ³ /h ^{※1}		陰圧 50m ³ /h ^{※1}	
		ドアあり ^{※2}	ドアなし	ドアあり	ドアなし
6 回/h	ケース 1	240	180	110	73
	ケース 2	-	230	-	180
	ケース 3	250	210	98	140
	ケース 4	160	200	180	310
12 回/h	ケース 1	140	96	70	130
	ケース 2	-	160	-	91
	ケース 3	170	180	170	160
	ケース 4	80	150	150	56

※1：85m³/h は CDC ガイドラインの給排気量事例から、50m³/h はアンダーカット風速約 1m/s から選定

※2：踏込みと病室の境にドアを設置、ドアありはいわゆる前室に相当

表 3-2 踏込み飛沫核濃度解析結果（モデル 1）

単位：cfu/m³

換気回数	ケース名	陰圧 85m ³ /h		陰圧 50m ³ /h	
		ドアあり	ドアなし	ドアあり	ドアなし
6 回/h	ケース 1	0	160	0	36
	ケース 2	-	230	-	150
	ケース 3	0	180	0	86
	ケース 4	0	140	0	200
12 回/h	ケース 1	0	91	0	90
	ケース 2	-	94	-	47
	ケース 3	0	140	0	100
	ケース 4	0	150	0	47

表 3-3 飛沫核濃度解析結果（モデル1、ドアなし、陰圧 50m³/h）単位：cfu/m³

ケース名	病室飛沫核濃度		踏込み飛沫核濃度	
	下がり壁あり ^{※1}	下がり壁なし	下がり壁あり	下がり壁なし
ケース 1	77	73	32	36
ケース 2	170	180	130	150
ケース 6	50	36	2	2
ケース 7	78	47	2	1

※1：踏込みと病室の境に下がり壁を設置、下がり壁なしはドアなしと同じモデル

表 3-4 飛沫核濃度解析結果（ドアなし、下がり壁なし、陰圧 50m³/h）単位：cfu/m³

ケース名	病室飛沫核濃度		踏込み飛沫核濃度	
	モデル 1	モデル 2	モデル 1	モデル 2
ケース 1	73	150	36	120
ケース 5	-	42	-	4
ケース 6	36	51	2	4
ケース 7	47	53	1	3

表 3-5 飛沫核数解析結果（陰圧 50m³/h）

単位：cfu

廊下ドア開放後 経過時間	ケース名	踏込み飛沫核数		廊下飛沫核数	
		ドアあり	ドアなし	ドアあり	ドアなし
ドア開放前	ケース 1	0	1,600	0	0
	ケース 5 ^{※1}	0	51	0	0
5 秒後	ケース 1	13	1,600	0	6
	ケース 5	5	51	0	0
10 秒後	ケース 1	32	1,600	0	24
	ケース 5	13	50	0	0
15 秒後	ケース 1	47	1,600	0	52
	ケース 5	18	49	0	1
30 秒後	ケース 1	70	1,400	0	150
	ケース 5	23	49	0	2
45 秒後	ケース 1	110	1,300	0	240
	ケース 5	39	53	0	4
60 秒後	ケース 1	160	1,300	0	330
	ケース 5	64	56	0	7

※1：ドアありはドア開放前までケース 1 と同じ、ドア開放後に 6 回/h から 12 回/h に換気回数変更

表 3-6 飛沫核濃度解析結果（モデル 5、ドアなし、陰圧 50m³/h）単位：cfu/m³

水廻りの アプローチ	飛沫核濃度		
	病室	踏込み	水廻り
病室側開放	51	4	23
踏込み側開放	26	1	1
踏込み側ドア	36	3	2
踏込み側ドア+病室側パス	39	3	13

4. まとめ

CFD 解析により以下の知見が得られた。

- 1) 吹出口と吸込口の配置によって、同じ風量でも最大で病室は約 4 倍、踏込み部は約 6 倍の濃度差があった。
- 2) 陰圧の風量による飛沫核の漏洩防止効果は、CDC ガイドラインから推定した 85m³/h、アンダーカットの気流を約 1m/s とした 50m³/h、どちらもドアを閉鎖した病室からの飛沫核の漏洩は起こらず違いはなかった。
- 3) ドアを開放すると現在の 2 種病室の仕様では飛沫核が直ちに廊下へ漏洩した。踏込み部にドアを設置して前室とするか、踏込み部に 6 回/h 換気相当の吹出口を追加設置することで、飛沫核の廊下への漏洩が抑制された。
- 4) 水廻りへのアプローチが踏込み側の場合と病室側の場合で、飛沫核の分布の違いは小さかった。

結核対応病室として、現在の第 2 種感染症対応病室に以下の対策を 1 つ以上実施することが望ましいと考える。

- 1) 第 1 種病室（第一種感染症指定病床）と同様に踏込み部にドアを設置し、前室とする
- 2) 個室側の吹出口 1 箇所他に、踏込み部に 6 回/h 換気相当の吹出口を追加設置し、病室の換気回数を 12 回/h とする

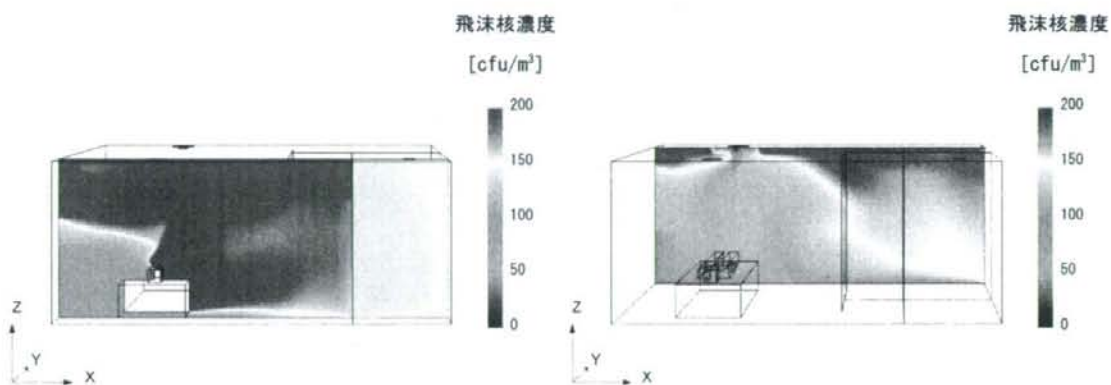


図 3-1 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 85m³/h)
XZ 鉛直面 (左 : C 断面, 右 : D 断面) [以下共通]

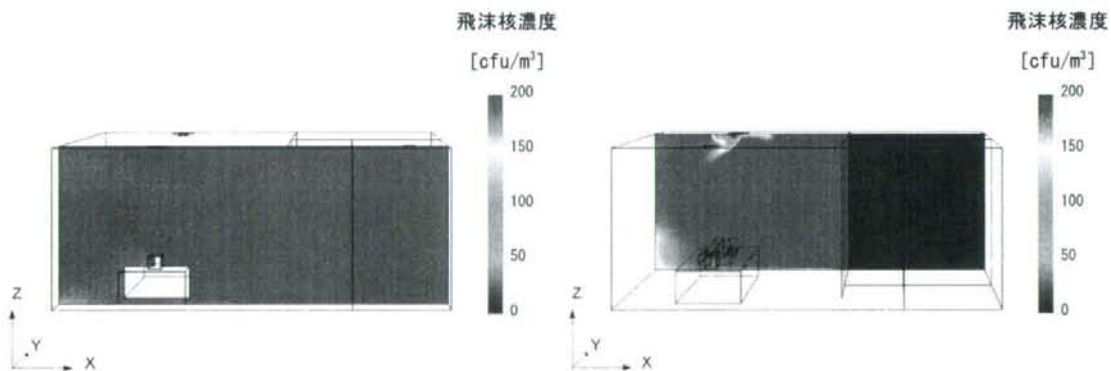


図 3-2 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 85m³/h, ドアあり)

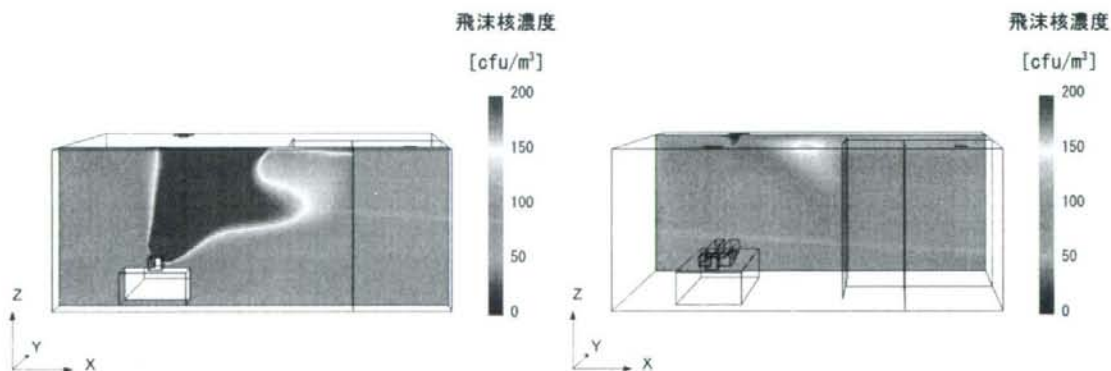


図 3-3 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 85m³/h)

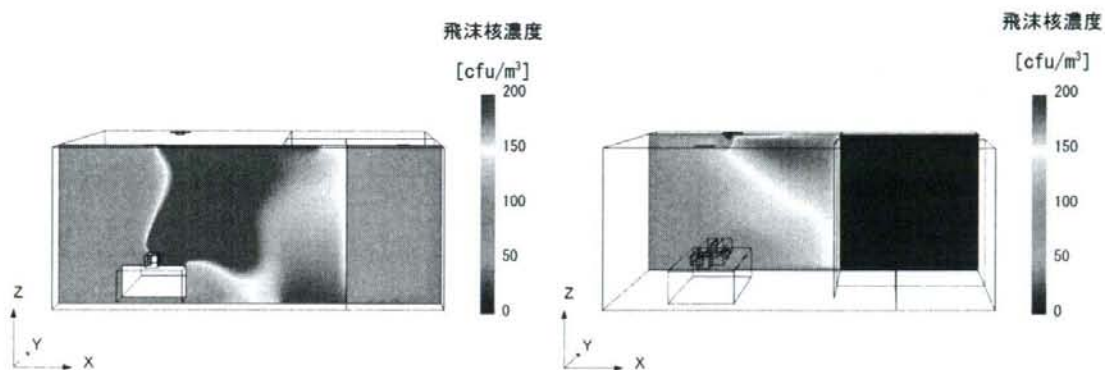


図 3-4 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 85m³/h, ドアあり)

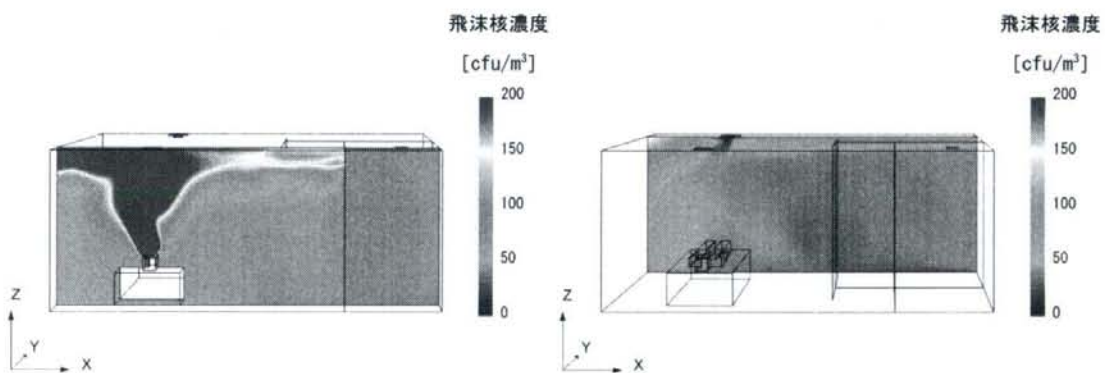


図 3-5 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 50m³/h)

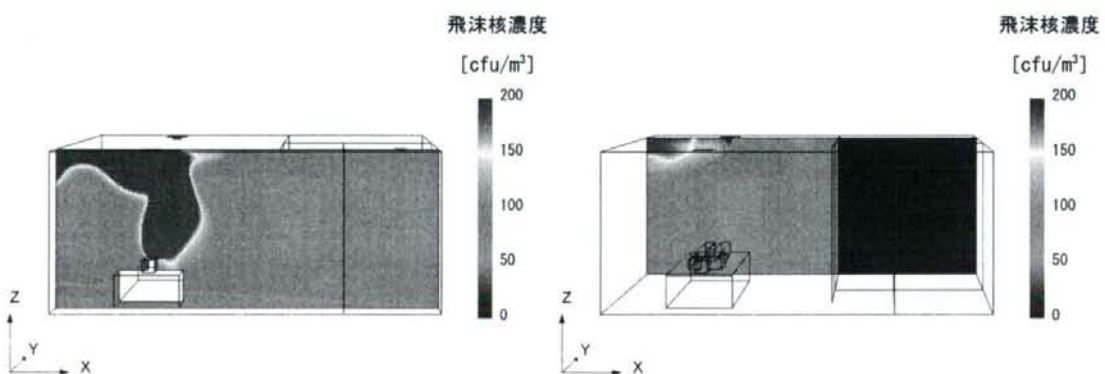


図 3-6 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 50m³/h, ドアあり)

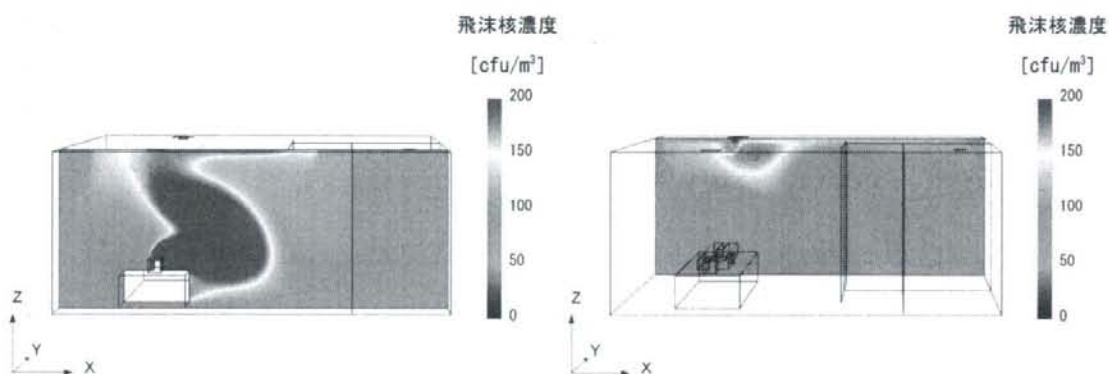


図 3-7 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 50m³/h)

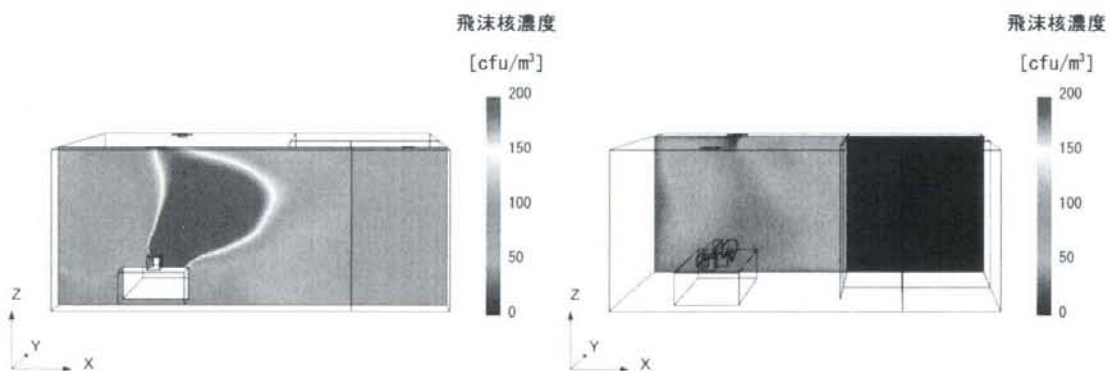


図 3-8 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 50m³/h, ドアあり)

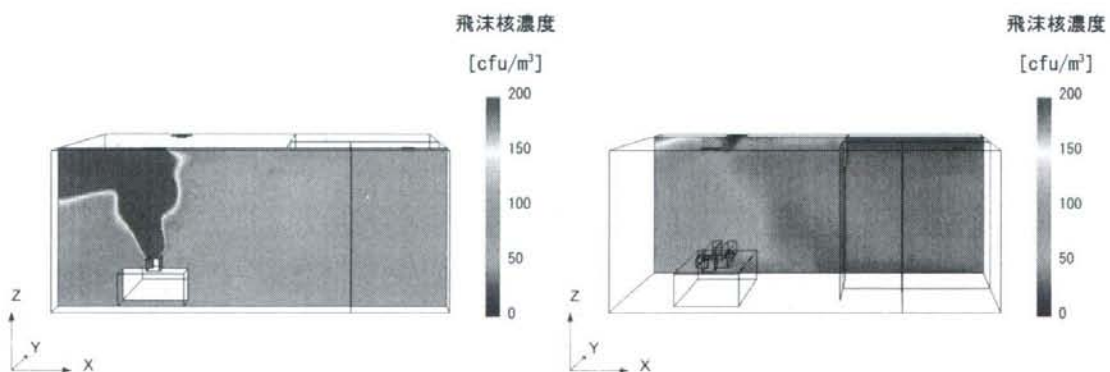


図 3-9 ケース 1 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 50m³/h, 下がり壁)

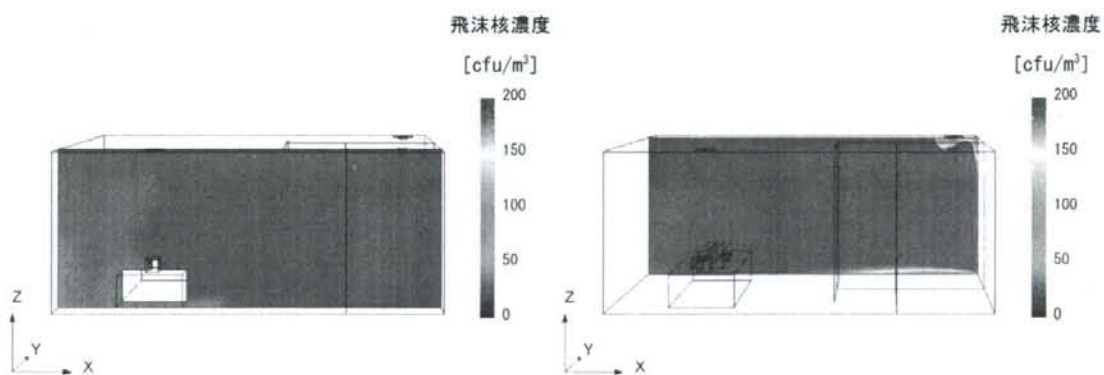


図 3-10 ケース 2 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 85m³/h)

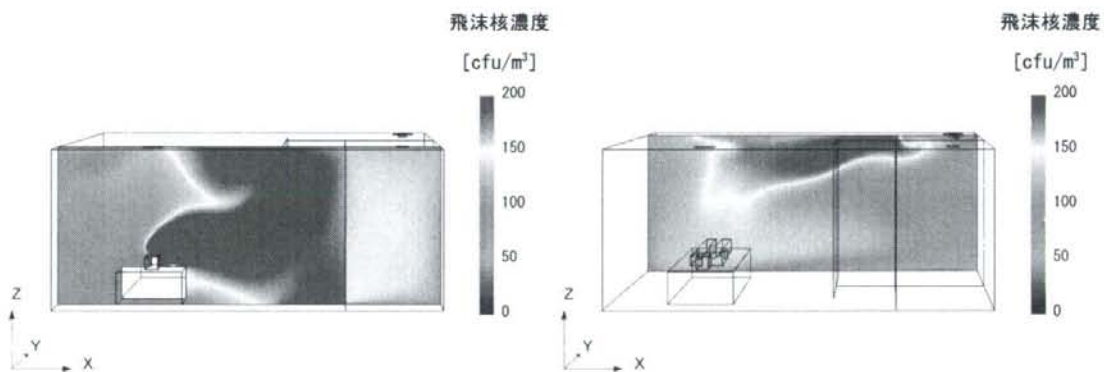


図 3-11 ケース 2 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 85m³/h)

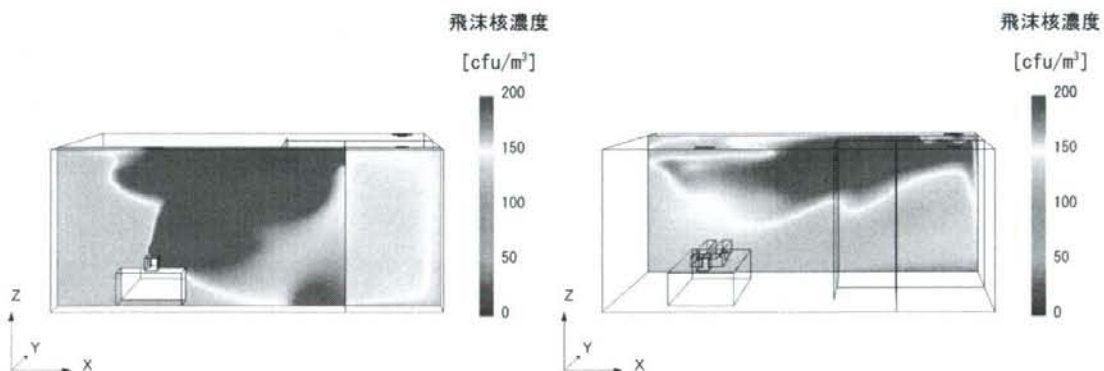


図 3-12 ケース 2 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 50m³/h)

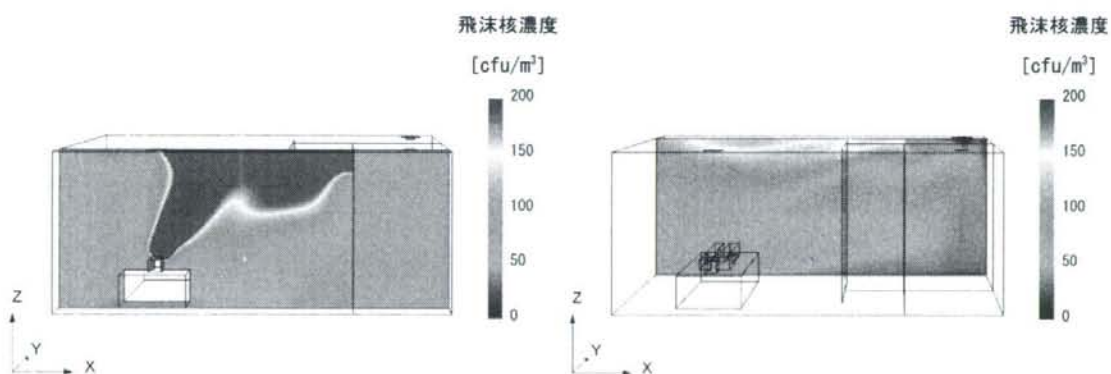


図 3-13 ケース 2 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 12 回/h, 陰圧 50m³/h)

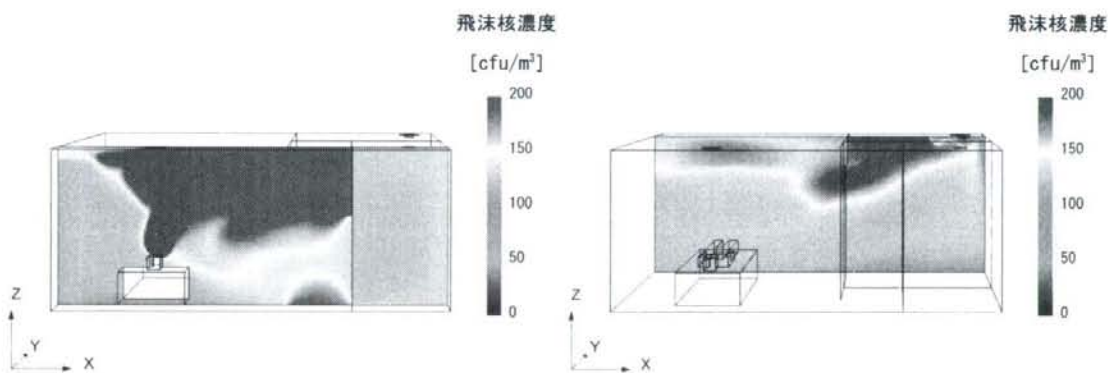


図 3-14 ケース 2 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 50m³/h, 下がり壁)

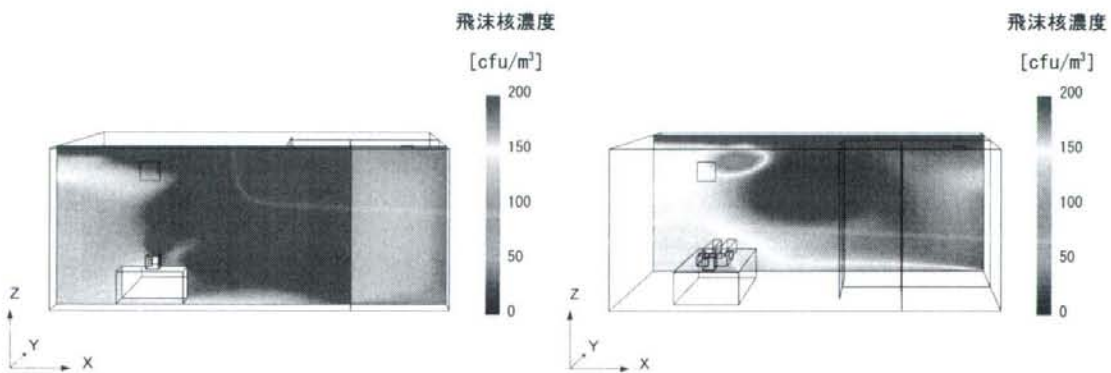


図 3-15 ケース 3 濃度分布 (モデル 1, 換気回数 : 6 回/h, 陰圧 85m³/h)