



住居の換気に関する検証報告書

2021年12月 松戸市健康福祉政策課

検証実施日：2021年11月1日

検証場所：千葉大学 予防医学センター ケミレスタウン実証実験施設

検証・アドバイス：橋本安全衛生コンサルタントオフィス 所長 橋本 晴男 氏
千葉大学予防医学センター 特任助教 武藤 剛 氏
千葉大学予防医学センター 准教授 鈴木 規道 氏

(注) 本資料中の換気量は、実測に基づいて算出した概略値です

検証の目的

- 第5波では、多くの方が自宅での療養生活を余儀なくされ、デルタ株の影響もあり、**家庭内の感染リスクが高まりました**。
- また、行動制限の緩和に伴い、特に年末年始には、**友人や親戚などとの住居内での飲食、歓談の機会が増加するなど、家庭内で感染リスクが高まる場面が増えることが想定されます**。

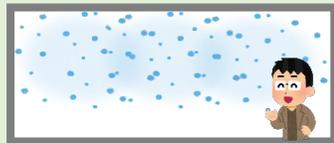


上記の状況を踏まえ、次の感染拡大に備えて、家庭内感染のリスクを低減するため、**住居における換気方法を検証し、効果的な換気モデルを市民の皆様へ周知します**。

なぜ換気が必要？

- 感染経路の一つ、**エアロゾル感染**（空気中を漂う微粒子）
- エアロゾルは咳や会話、普通の呼吸でも排出され、遠くまで、長時間空気中を漂います。
- 換気が不十分な部屋では、室内に徐々にエアロゾルが蓄積され、そのお部屋での滞在時間が長くなると、**感染者から離れた場所でも感染リスクが高くなります**。
- エアロゾルは微粒子のため、新型コロナウイルスが増えやすい肺胞まで到達しやすく、大きな飛沫より感染しやすいという報告もあります。

密閉空間ではエアロゾル滞留



換気が十分なら滞留しない



エアロゾルは、当初天井の方へ広がり、その後、徐々に下りてきて部屋全体に広がる

「換気が不十分な空間」
+ 「活発な活動」や「長時間滞在」
➔ **感染リスクは格段に高くなります**

寒い冬のイベント・集まり、ホームパーティーなどは、会話が弾んだり、長い時間活発な活動をする可能性があるため、換気が不十分だと感染リスクが高くなります。



**換気をしてエアロゾルを
室外に排出する必要があります**

注意

換気に加え、マスク、大声を控える、消毒、密の回避等の対策も必要です！

検証した換気方法

検証 1

窓開け の効果

(平屋)

検証 2

窓向き送風機 の効果

(平屋)

検証 3

レンジフード の効果
(+窓・ドア開け)

(平屋)

検証 4

窓向き送風機 の効果
(+窓・ドア開け)

(平屋)

検証 5

空気清浄機 の効果

(2階の一室)

調査対象の千葉大学ケミレスタウンモデルハウス



ケミレスタウン全景

調査対象の部屋の概要（平屋）

	用途 (仮定)	縦(m)	横(m)	高さ(m)	広さ(畳)	階	窓方向
LDK	親族で懇親会	4.4	4.6	2.6	12	1	2
A室	感染者療養用 個室	3.3	2.85	2.6	6	1	1
B室	感染者療養用 個室	3.3	2.85	2.6	6	1	1



検証方法（検証1～4）

密閉した室内に二酸化炭素を放出し、十分攪拌ののち、換気を開始した。



- その後、所定時間後に室内で4～5点で二酸化炭素濃度を測定し、その平均値を室内CO₂濃度とした。
- 換気量は室内CO₂濃度の減り方で求めた。
- 室内の自然換気量 - 0.6回/hr とした
- A,B室：15 m³/h、LDK：32 m³/h
- 換気効果（量） = 実測値 - 自然換気量

調査対象の部屋の概要（2階の一室）

	用途 (仮定)	縦(m)	横(m)	高さ(m)	広さ(畳)	階	窓方向
Z室	感染者療養用 個室	4.3	2.9	2.6	6	2	2

検証方法（検証5）

密閉した室内に粉じんを放出し、十分攪拌ののち、空気清浄機を稼働させた。

- その後、所定時間後に室内で4点で粉じん量を測定し、その平均値を室内粉じん量とした。
- 換気量は粉じん量の減り方で求めた。
- 室内の自然換気量
 - 0.6回/hr とした = 約 20 m³/h
- 換気効果（量） = 実測値 - 自然換気量



普通窓（腰高窓）
（A, B室）



幅0.3m,高さ1.2 m

普通窓（すべり出し窓）
（LDK）



幅0.23m,高さ1.3 m

掃出し窓
（LDK）



幅0.3m,高さ2.15 m

窓の開け幅

検証No.	窓開け方向	普通窓	掃出し窓	換気量 (m ³ /h)
1	1	○	—	50
2	1	—	○	150 *1
3	2, L字	○	○	300 *2

- 普通窓を30cm開 : **50 m³/h** 相当の効果あり
- 掃出し窓を30cm開 : **150 m³/h** (効果が大)
 - 面積は普通窓の約2倍だが、**更に効果が1.5倍UP**
 - **窓の上下、それぞれで換気されるため (上下2か所の窓開けに近い)**
 - *1 : $150 = (50+50) \times 1.5$
- 2方向の窓開けは、さらに効果大 : **300 m³/h**
 - 各窓の換気能力の、**更に1.5倍効果UP**
 - **空気の流れ (吸気・排気) が明確になるため**
 - *2 : $300 = (50+150) \times 1.5$

普通窓 (A室)

窓の下半分に向け送風



幅0.3m,高さ1.2 m

窓の開け幅

検証No.	窓開け方向 普通窓 ドア閉	サーキュレーター		換気量 (m ³ /h)
		モード	相当送風量 (m ³ /h)	
1	1	止	0	50
4	1	静	50	100 (=50+50)
推定	1	中	150	200 (推定)
5	1	強	250	300 (=50+250)

窓・ドアの内側から室外に送風できる能力 (推定値)
 実際のサーキュレーターの設計風量よりかなり小さい
 ※サーキュレーター付近でショートカットが起きていると予想

- サークュレーターを使用
- **窓に向けての送風は有効** (窓の下側から室外に出た分が上側から入ってきて循環)
- その換気量は、「元々の窓の換気量 + 送風機の送風能力」でおおよそ予測できる
 - 例) モード強の場合の推定値 : 300 = 50 + 250

LDK (レンジフード・掃出し窓)



幅0.3m,高さ2.15 m
窓の開け幅

検証No.	開口部			レンジフード	換気量 (m ³ /h)
	普通窓	掃出し窓	LDK入口ドア *1		
1	○			—	50
2		○		—	150
推定			○	—	100 (推定値)
推定				ON	350
6	○			ON	400 (=50+350)
7		○		ON	500 (=150+350)
8		○	○	ON	725 (=375+350)

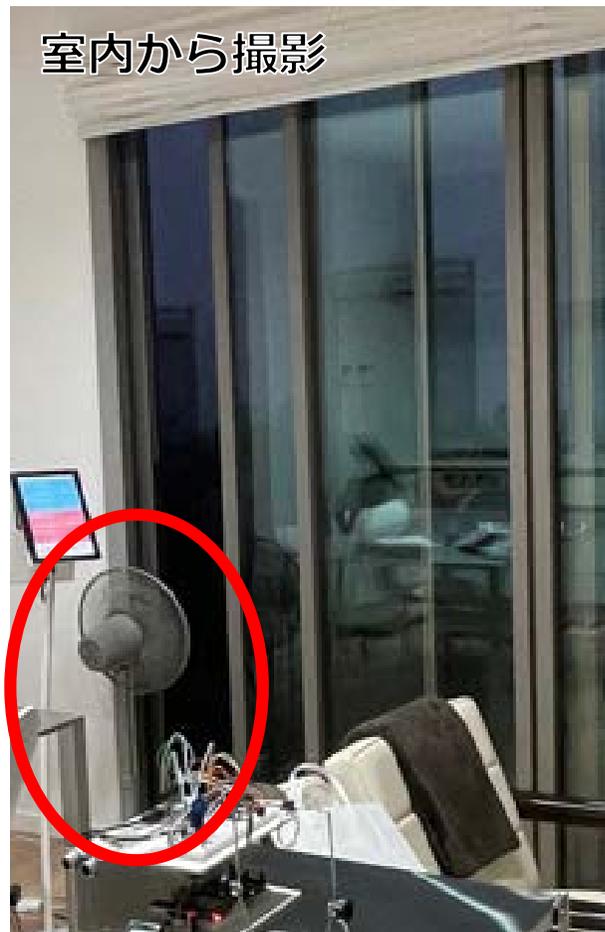
- レンジフードに窓（ドア）開けを加えると、それに応じ換気量が増える
- その換気量は、「元々の窓の換気量 + レンジフードの排気量」でおおよそ予測できる
 - 例) 上記ケース8

$$\{ (150+100) \times 1.5 \} + 350 = \{ 375 \} + 350 = 725 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

*1 : 幅1.0m,高さ2.1m、ドアの先の屋外に通じる窓1~2個は常時開けておく

掃出し窓 (LDK)

室内から撮影



屋外から撮影



窓の下半分に向け送風

外向き送風能力はサーキュレーター (強) と同じと仮定 (強 : 250m³/h)

幅0.3m,高さ2.15 m

窓の開け幅

検証No.	開口部			窓向き送風	換気量 (m ³ /h)
	普通窓	掃出し窓	LDK入口ドア		
2		○		—	150
推定			○	—	100 (推定値)
推定		○		ON	400 (=150+250)
9	○	○	○	ON	675 (=425+250)

- **窓向き送風に窓（ドア）開けを加えると、それに応じ換気量が加算され増える**
- その換気量は、「元々の窓の換気量 + 送風機の送風能力」でおおよそ予測できる
 - 例) 上記ケース9

$$\{ (100+150) \times 1.5 + 50 \} + 250 = \{ 425 \} + 250 = 675 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

開け幅：窓30cm、ドア全開

- 室内換気量は、次を単純に加算することでおおよそ推定できる。
 - 窓開けの換気量（1方向，多方向）
 - レンジフード/窓向き送風機の換気量
- 表は、実測に基づいて算出した概略値

換気方法（開口部）	方向	換気量 (m ³ /h)
普通窓	1方向	50
掃出し窓	1方向	150
ドア（LDK入口等）	1方向	100
普通窓 + 普通窓	2方向	150
普通窓 + 掃出し窓	2方向	300
掃出し窓 + 掃出し窓	2方向	450
普通窓 + ドア	2方向	250
掃出し窓 + ドア	2方向	400
普通窓 + 掃出し窓 + ドア	3方向	450
窓向き送風機（静50m ³ /h）		50
窓向き送風機（中150m ³ /h）		150
窓向き送風機（強250m ³ /h）		250
レンジフード		350

スモークマシンで煙を起こし、空気清浄機稼働
一定時間経過後の室内の粉じん量を測定



- メーカーが示す循環空気量（例：350m³/h）に相当する換気効果が確認できた
- 空気清浄機は、一般換気の補強用に使用できることが確認された
 - HEPAフィルター、または相当フィルターがついたもの
 - 広い部屋で使用する場合は部屋全体の空気の循環が良いことが前提

ケース1：LDK（12畳などの部屋）での懇親会

◆ 目的

- 感染者がいる場合に備えて、リビング内でのエアロゾル感染を防ぐ

◆ 前提条件

- 家族と親戚が集まり懇親会を行う
- 大人6人、子ども2人（呼吸量とすると、大人7人相当）
- 活動度：k=3（図参照）
- 室内CO₂濃度：1000ppm以下とする

◆ このために必要な換気量（換気シミュレーションより）

- 630 m³/h
 - LDKの自然換気量（0.6回/hr = 30m³/h）を除くと
必要な換気量は 600 m³/h

活動状態の区分	k	活動の例（室内での活動）
標準時	1	一般的な事務作業（着席）
ごく軽度の動き	2	頻繁な電話対応，発言の多い会議，ゆるいストレッチ，ランニングマシン（遅い歩行，3～4 km/h）
軽度の動き	3	軽作業，ラジオ体操，ストレッチ，ランニングマシン（速めの歩行，6 km/h），
運動など（軽い～激しい）	5	筋トレ，ランニングマシン（ジョギング，9 km/h），スポーツ一般，筋肉労働

◆ 必要な換気量を満たす換気プラン（一例）

[前提] LDK入口ドアを開ける（常時、大きく）

- ドアの先の屋外に通じる窓1～2個は常時開けておく

[前提] 窓開けは30cm程度とする（常時）

方法	内 容	予測換気量 (m ³ /h)
1	<u>レンジフード</u> を常時運転 加えて、窓またはLDKドアを計2か所以上開ける	600～750
2	<u>窓向きにサーキュレーター/扇風機</u> を常時“強”運転 加えて、他の窓またはLDKドアを計2か所以上開ける	550～700
3	<u>空気清浄機*</u> を常時“強”運転（風量 約 350 m ³ /h） 加えて、窓またはLDKドアを計2か所以上開ける * HEPAフィルターまたは相当フィルターを装備	650～800

- ある窓開けと機械換気を組み合わせた時の全体の換気量は、**6ページの表に記載されている換気量の足し算で算出**できます。上記はその組み合わせの一例です。
- 各住居では、任意の窓開け・換気について6ページの表から足し合わせた全体の換気量が「600m³/h」を超えるようにしてください。
- 在室者数が増えたりするなど条件が変わる場合は600m³/h以上の換気が必要になる場合があります。

ケース2：療養（隔離）部屋（4.5～10畳などの部屋）

◆ 目的

- 世話をする人（非感染者）が個室に立ち入る時のエアロゾル感染を防ぐ

◆ 前提条件

- 感染者：大人1人
- 活動度： $k=1$ （標準時、安静）
- 室内CO₂濃度：610ppm以下とする
 - 過去のクラスター多数の感染状況から、2～3時間/日程度の接触（安静時）なら感染の可能性が十分小さいと考えられる濃度
- 世話をする人は、マスク着用・できるだけ短時間の滞在・近距離での会話を避ける

◆ このために必要な換気量（換気シミュレーションより）

- 90 m³/h
- 標準必要換気量（30m³/h、気中CO₂濃度1000ppmとなる量）の3倍
 - 個室の自然換気量（0.6回/hr=15m³/h）を除くと、
必要な換気量は 75 m³/h

◆ 必要な換気量を満たす換気プラン（一例）

[前提] 個室入口ドアは閉める（常時、空気漏れ防止）

– 入室時のみ開けてよい

方法	内 容	予測換気量 (m^3/h)
1	<u>窓を開ける</u> （常時、以下のいずれか） <ul style="list-style-type: none">• 普通窓1か所（幅～50cm）• 掃出し窓1か所（幅～20cm）• 2か所（幅～20cm）	80～100
2	<u>空気清浄機*</u> を常時“静”～“中”運転（風量70～200 m^3/h ） 窓開け：1時間に1回、数分程度（幅～30cm） * HEPAフィルターまたは相当フィルターを装備	70～200

◆ 千葉大モデルハウスを用いた換気調査により、次が明らかになった

- 窓開けによる換気量（窓の種類別、概略値）
- 複数の窓開けの効果が高い
- 送風機（サーキュレーター/扇風機）による窓外向きの送風は有効
- レンジフードによる換気は有効
- 機械換気と窓開けの複合時の総換気量は、各換気量の和で概算できる

◆ 住居内各部屋における必要な換気方法が推定できた

1. LDKでの懇親時（大人7人想定）

- **複合的対策が必要：「機械換気（常時） + 窓/ドア開け（常時）」**
 - 「レンジフード、室内/外向送風機、または空気清浄機」運転
 - さらに、「窓または入口ドア等を2か所以上開」

2. 療養（隔離）用個室

- **窓を常時開**：窓の種類により開け幅など異なる
- 空気清浄機：“静”～“中”（70～200m³/h）で常時運転
- 入口ドアは常時閉

住居での換気のポイント【概要】

- 住居でも、家庭内にウイルスが持ち込まれる可能性があるため、換気を行い感染リスクを下げるのが望ましい。
- 特に、友人や親戚等、**普段同居していない方と時間を共にする場合（ケース1）**、**感染者が自宅で療養（隔離）する部屋（ケース2）**では、**換気の徹底を忘れないようにしましょう！**

ケース1 リビングでの友人・親戚等との懇親会

- **基本は、窓（ドア）を開ける**
⇒ 2方向以上、常時、開け幅は～30cm程度
- 窓（ドア）開けにプラスして、
 - ・レンジフードを運転
 - ・窓から外向きに送風
 - ・空気清浄機を運転

いずれかまたは複数を行う

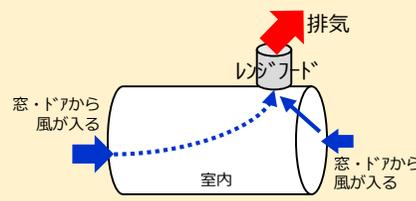
- ◆ より高さのある窓を開けると効果UP
- ◆ 2方向開けると、窓毎の換気量の合計に加え、さらに1.5倍の効果UP

寒くて窓を開けにくい・・・

- 懇親会などの賑やかな雰囲気集まりでは、**寒くても窓開けは重要**です！
- エアコン・過ごしている場所から**遠い窓**と、**部屋の入口のドア***を開けるようにしましょう
* ドアの先の屋外に通じる窓は1～2か所開ける

レンジフード運転時の注意点

- レンジフードの**近くにある窓やドアは開けない**
➔ 近くの窓などから入った空気の排気で能力を使ってしまい、室内の空気の流れが弱くなる
- レンジフードは、LDKタイプであれば有効
➔ リビングとキッチンが離れている場合は活用が難しいこともある



ケース2 感染者の療養部屋

- **部屋の入口ドアは閉める**（室内の空気をださないため）
- 窓を常時あける ⇒ 窓の大きさによって開け幅は異なる
- 窓が開けられない場合は空気清浄機を常時運転

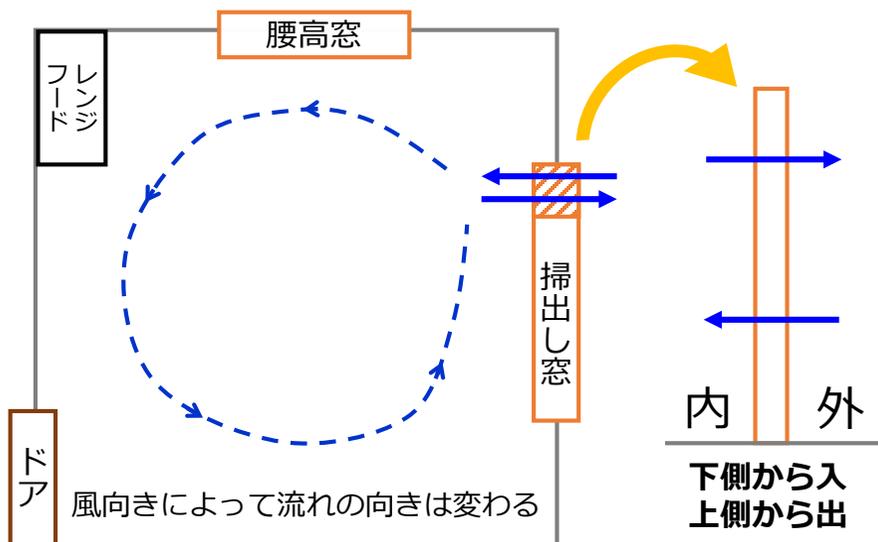
注意

換気に加え、
マスク、大声を控える、
消毒、密の回避等
の対策も必要です！

住居での換気のポイント【風の流れ①】

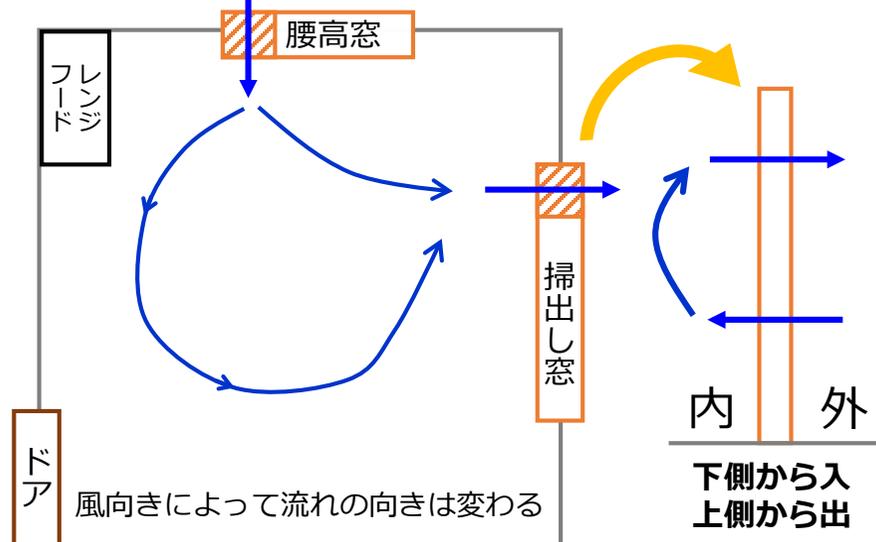
① 窓開け（1方向・掃出し窓）

1つの窓での空気の出入りがある



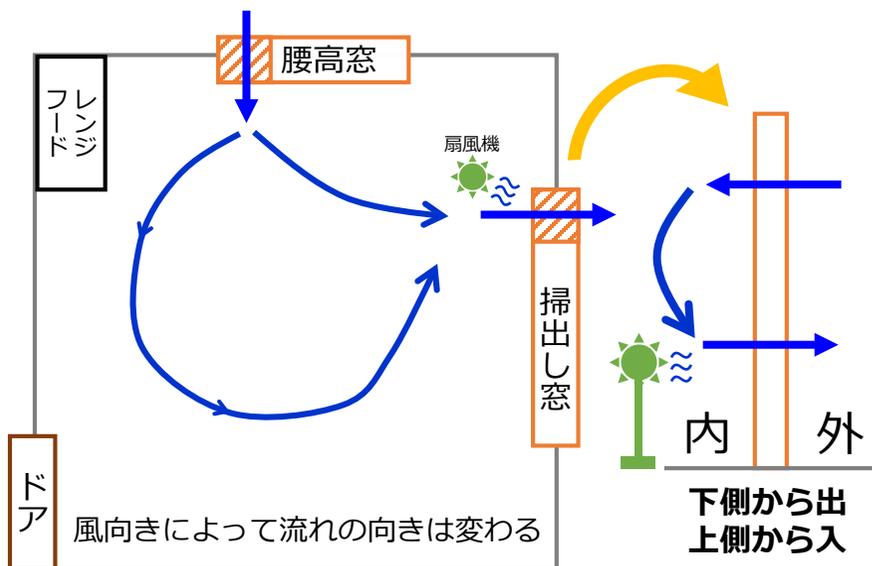
② 窓開け（2方向）

2方向の風の流れと1つの窓での出入りがある



③ 窓開け（2方向） + 窓向き送風

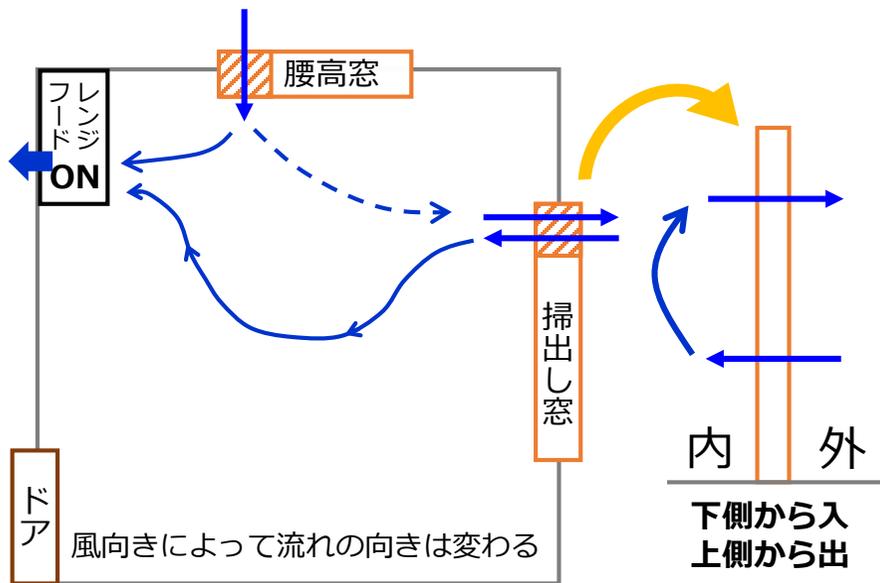
2方向の風の流れ（大）
と1つの窓での出入り
がある



住居での換気のポイント【風の流れ②】

④ 窓開け（2方向）+ レンジフード

2方向の風の流れ、1つの窓での出入り
レンジフードへの流れがある



⑤ 窓開け（3方向）

3方向の風の流れ、1つの窓での出入りがある

