住宅用電化厨房における排気方式に関する研究

人の動きによる擾乱がレンジフードの排気捕集率に与える影響

倉持　瑛次

指導教員　赤林　伸一　教授

研究目的

住宅用厨房のレンジフードは、調理により発生する水蒸気・臭気などの汚染質を速やかに屋外に排出し、室内への拡散を防ぎ、室内環境を良好に保つ為に設置されている。

動画　レンジフード稼働時のレンジ周りの気流性状

研究目的

住宅用厨房のレンジフードは、調理により発生する水蒸気・臭気などの汚染質を速やかに屋外に排出し、室内への拡散を防ぎ、室内環境を良好に保つ為に設置されている。

住宅用厨房に普及している電磁調理器（IHレンジ）にはガスレンジの様な高温の火源がないため、レンジ周りに生じる上昇気流速度が遅く、調理に伴う人の動きや給気等の影響を相対的に受けやすいと考えられる。

研究目的

本研究では、実大の住宅厨房モデルを対象に人の動きに伴う上昇気流に対する擾乱(以下：人体擾乱)をパネル※１やマネキン※２を用いて模擬し、レンジフードの直接捕集率※３を測定することで、人の動きによる擾乱がレンジフードの捕集性能に及ぼす影響を検討することを目的とする。

※１　パネルを用いて擾乱を発生させる場合、パネルは、500[mm](幅)×1,000[mm](高さ)でパネル上端を床上1,500[mm]に設置したものをパネルA、500[mm](幅)×500[mm](高さ)でパネル上端を床上1,500[mm]、床上1,000[mm]に設置したものをそれぞれパネルB-1、パネルB-2とする。パネルを往復させる場合、パネルの端と調理台の距離は400[mm]と200[mm]とする。

※２　マネキンは上半身とし、肩幅500[mm]、肩の高さを床上1,500[mm]に設置し、正面を調理台に直角にしたものをマネキン1-1、正面を調理台に平行にしたものをマネキン1-2とする。マネキンを往復させる場合、マネキン1-1では肩と調理台の距離を400[mm]と200[mm]とし、マネキン1-2では胸と調理台の距離を200[mm]とする。

※３　鍋から発生させた汚染質のうち、居住空間へ流出せずに排気装置から直接排出される汚染質の割合を直接捕集率とする。

研究概要

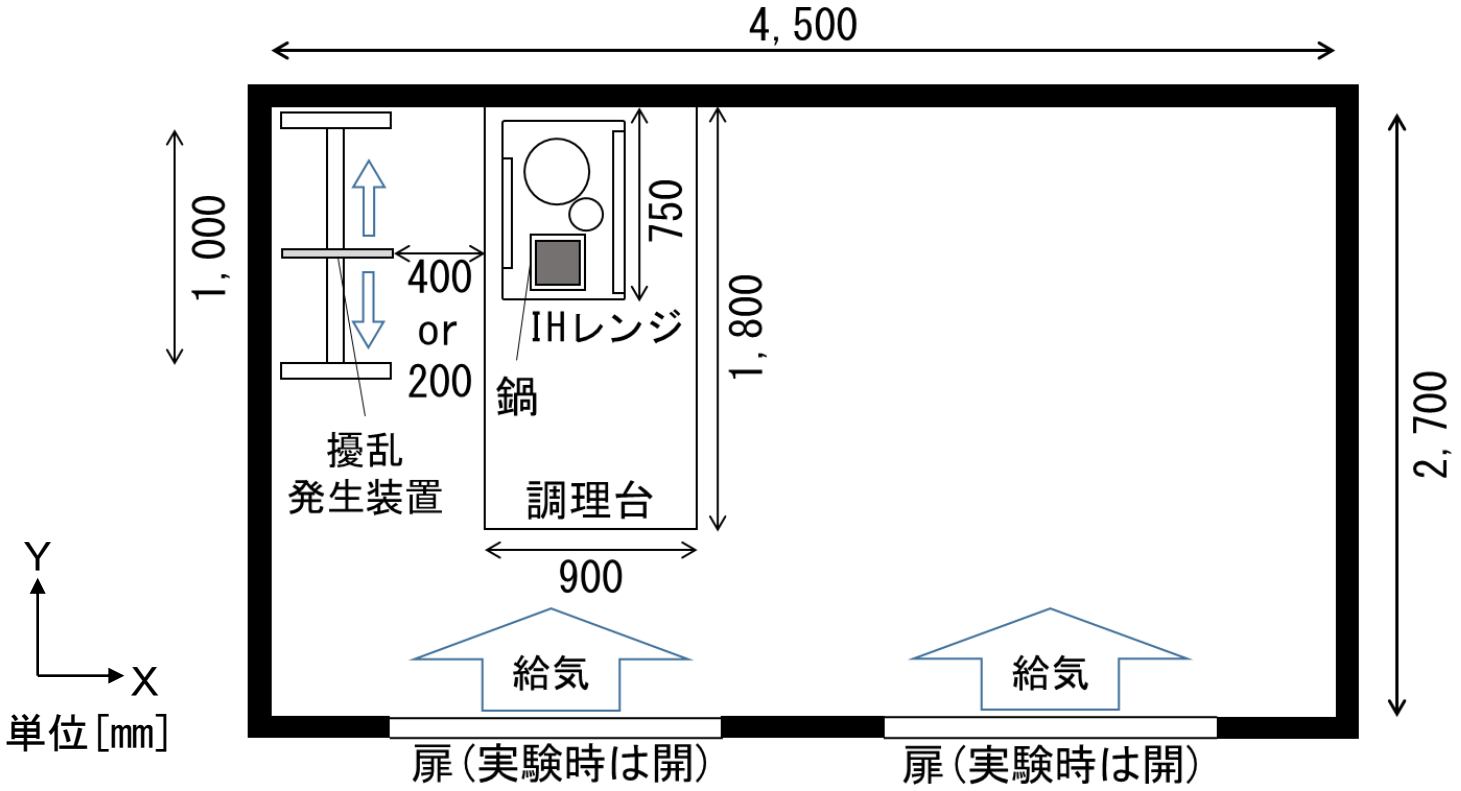


図１　実験対象平面

研究概要

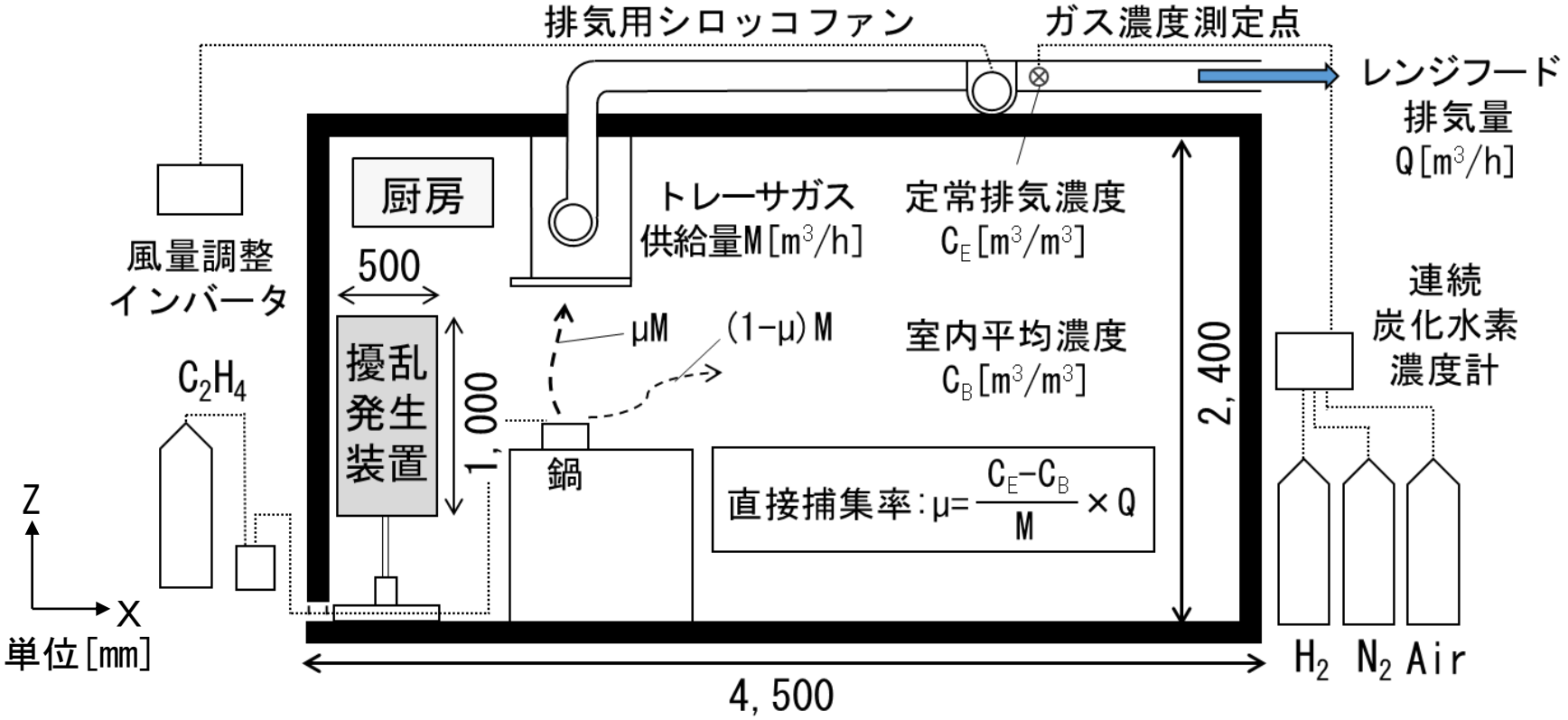

排気用シロッコファン
ガス濃度測定点
レンジフード
排気量
Q[m³/h]
厨房
トレーサガス
供給量M[m³/h]
定常排気濃度
C_E[m³/m³]
風量調整
インバータ
500
連続
炭化水素
濃度計
μM
(1−μ)M
室内平均濃度
C_B[m³/m³]
C_2H_4
擾乱
発生
装置
1,000
2,400
鍋
直接捕集率:μ=$\frac{C_E-C_B}{M}\times Q$
Z
X
単位[mm]
H_2 N_2 Air
4,500

図２　測定装置

研究概要

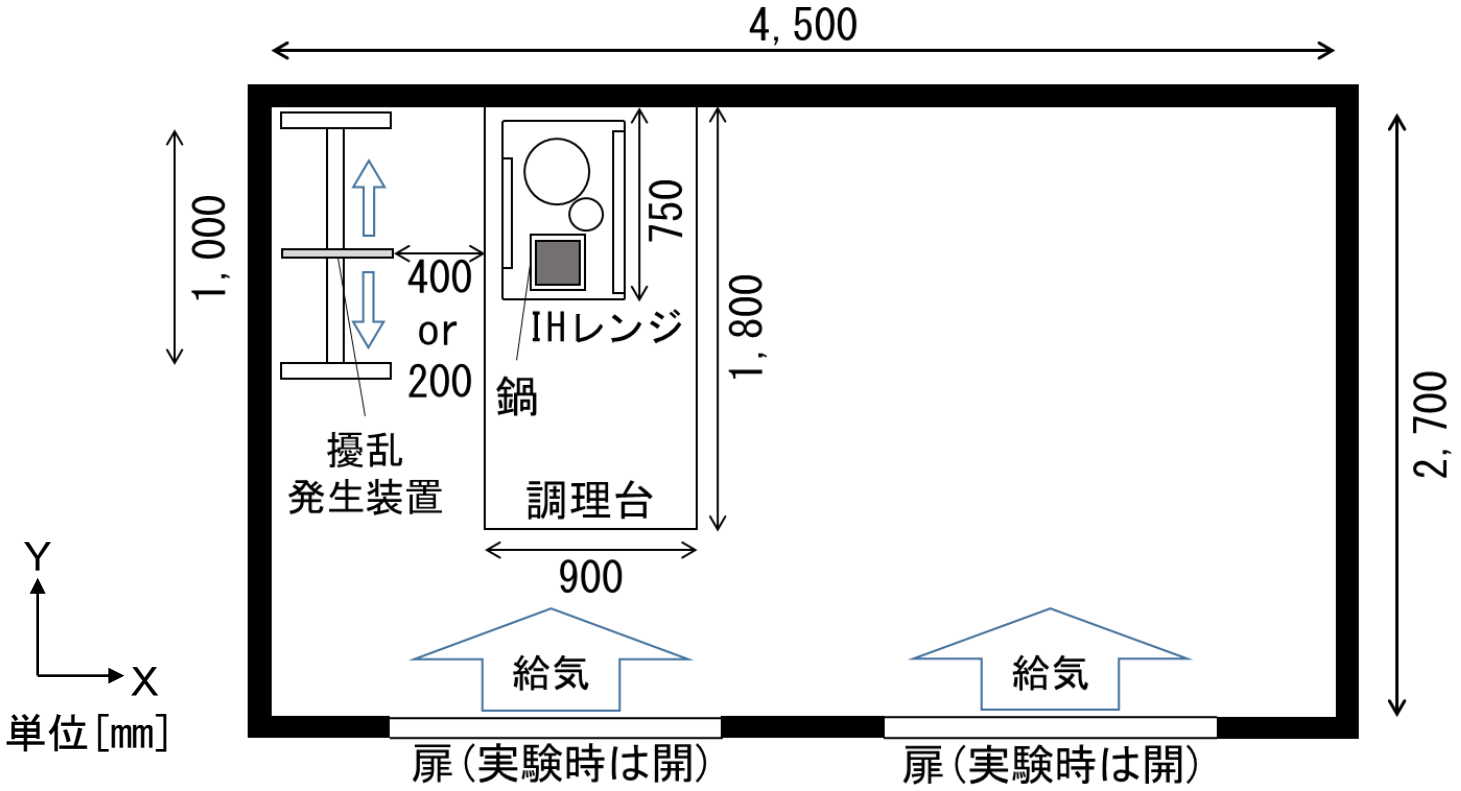


図１　実験対象平面

対象は住宅用厨房を模擬した実験室※４とする。

※４　厨房はペニンシュラ型とし、IHレンジ上部には整流板を有するフラット型レンジフードを設置する。調理時にはIHヒーター１口で鍋を加熱し、鍋の水が沸騰した状態を保つ。

研究概要

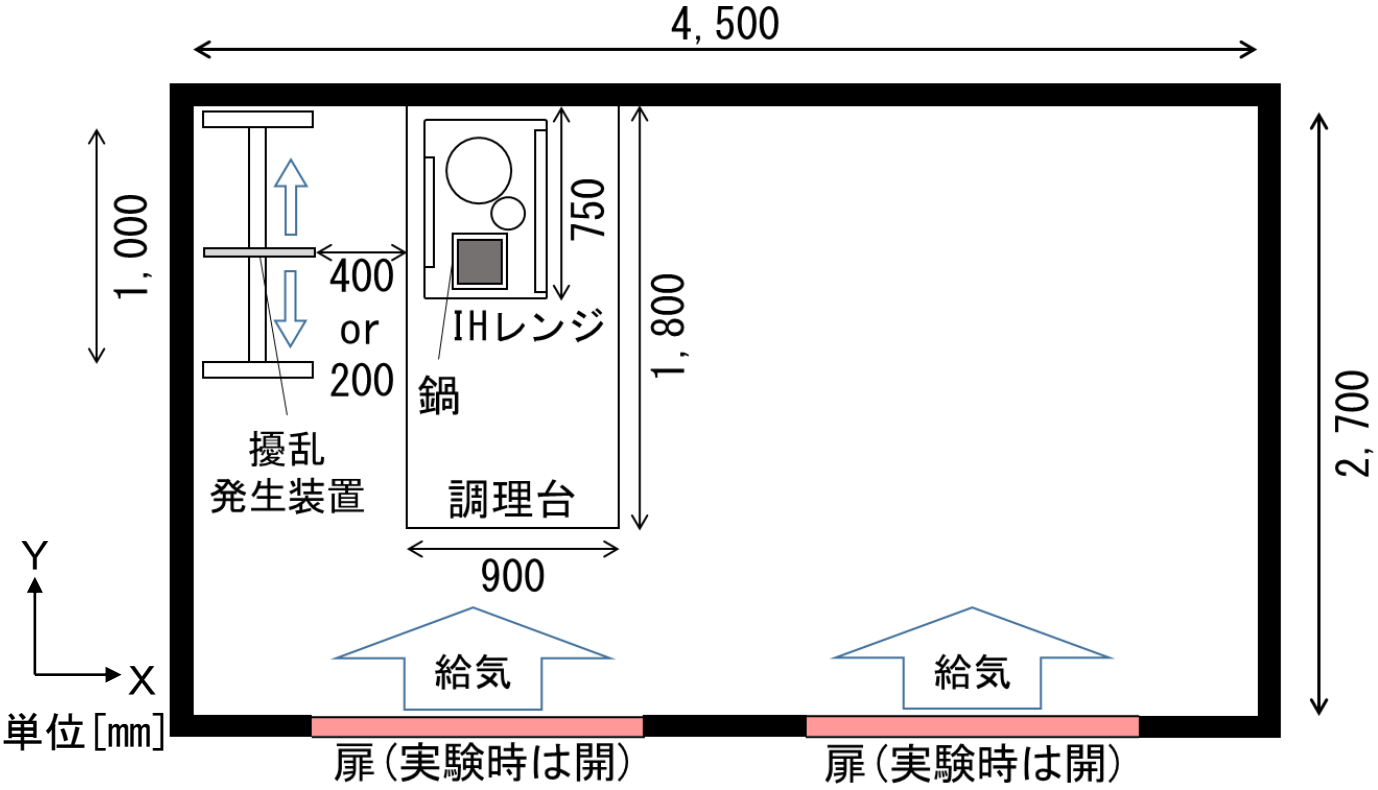


図１　実験対象平面

写真　実験室

給気による擾乱の影響を極力無くすため、給気は実験室の開放した扉から行う。人体擾乱は厨房のIHレンジ近傍でパネルとマネキンを動かして再現する。

研究概要

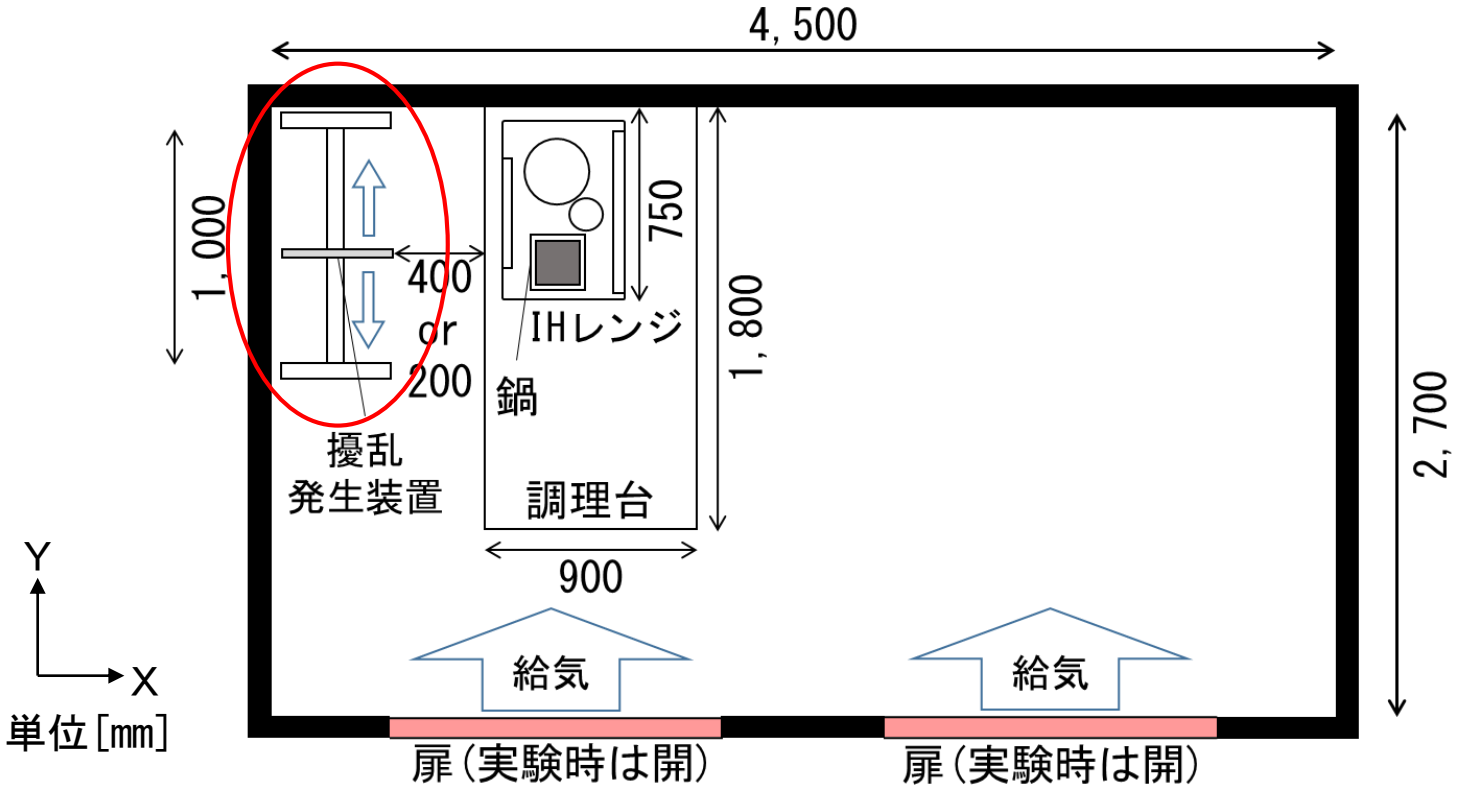


図１　実験対象平面

給気による擾乱の影響を極力無くすため、給気は実験室の開放した扉から行う。人体擾乱は厨房のIHレンジ近傍でパネルとマネキンを動かして再現する。

研究概要

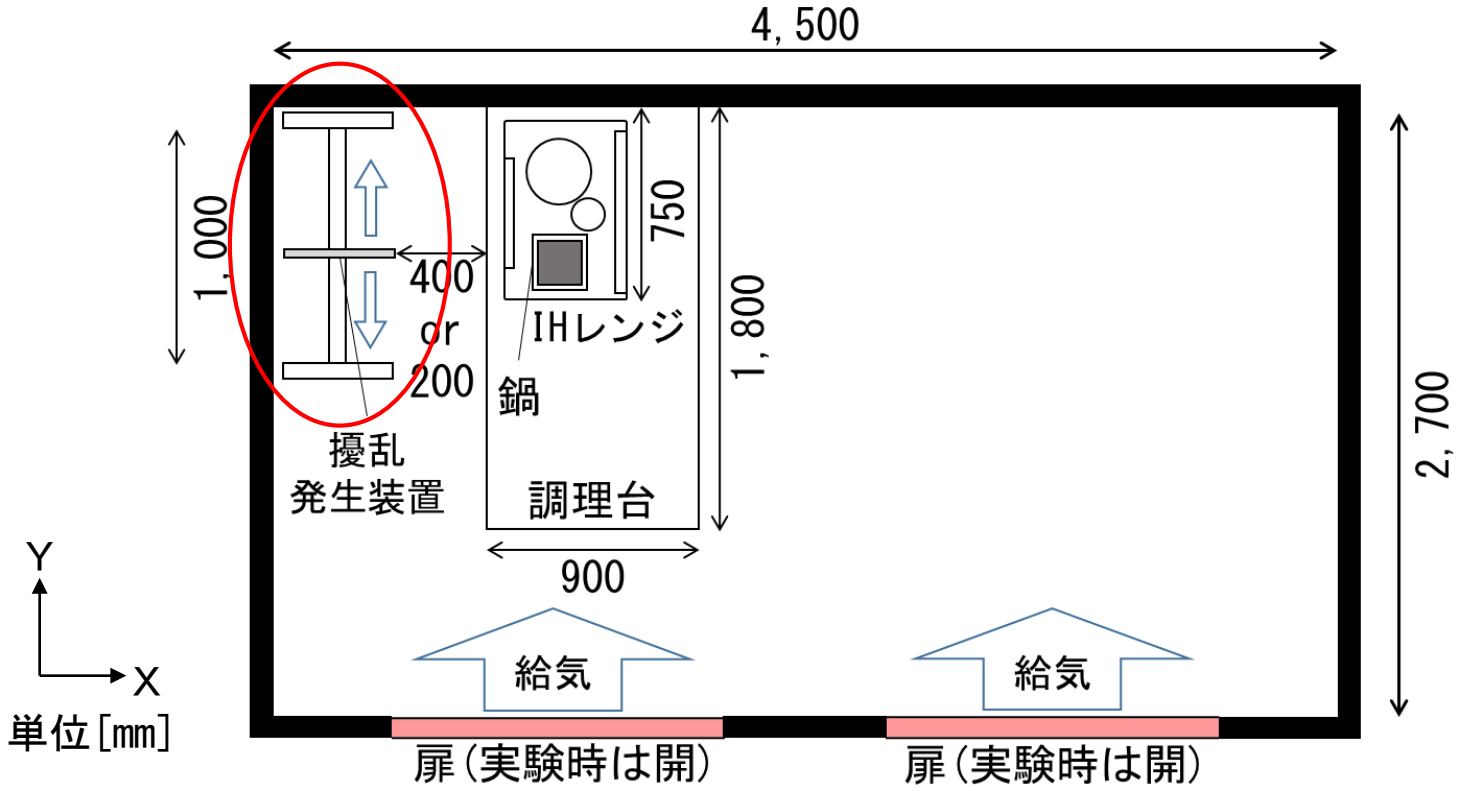


図１　実験対象平面

パネルとマネキンは、北欧で定められた業務用厨房内のレンジフードの捕集性能試験の技術基準であるNordtest method VVS088[文1)]を参考に、1,000[mm]の直線のレールを４秒で一往復させる。

文１）Nordtest method VVS088：Building Large Scale Kitchen Range Hoods-Hood Efficiency and Pressure Drop, 1990.9

研究概要

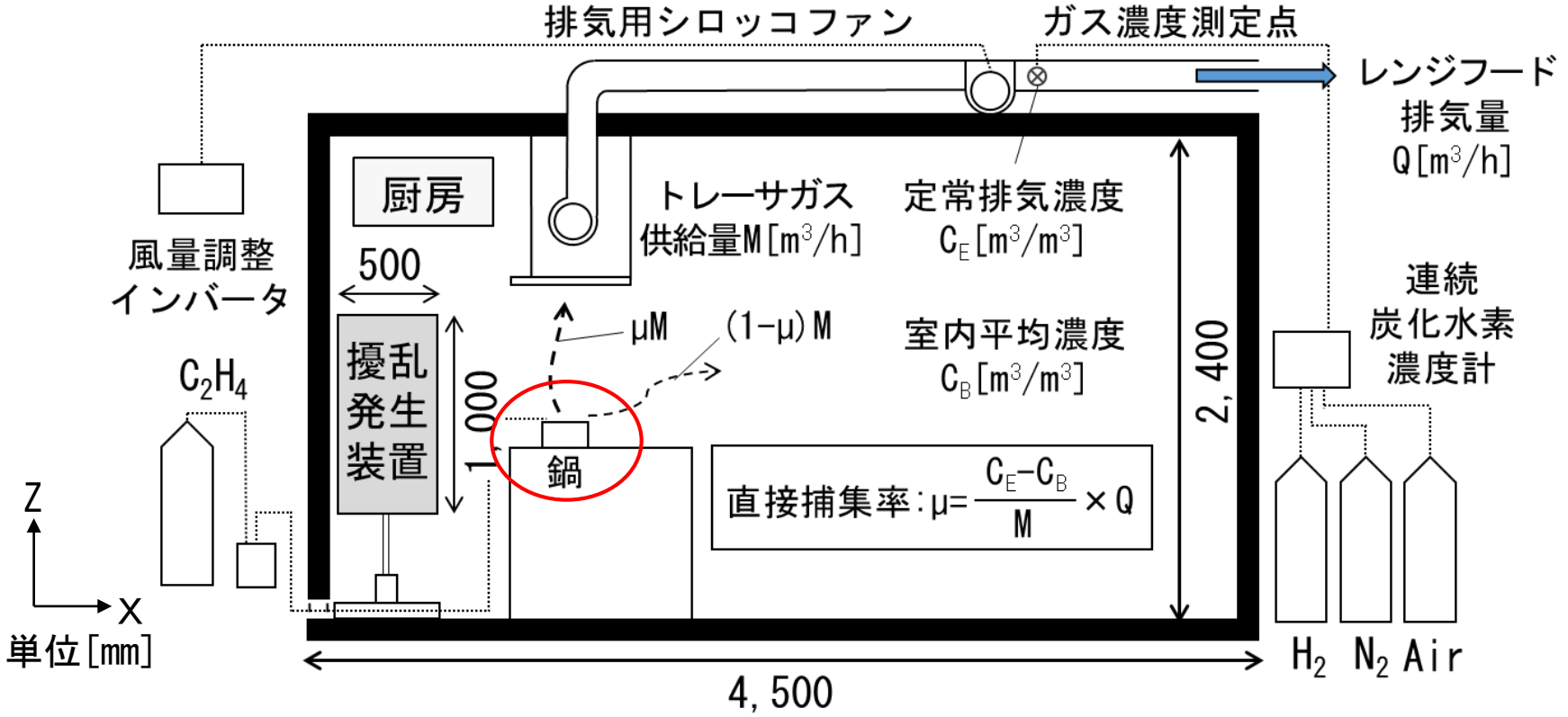


図２　測定装置

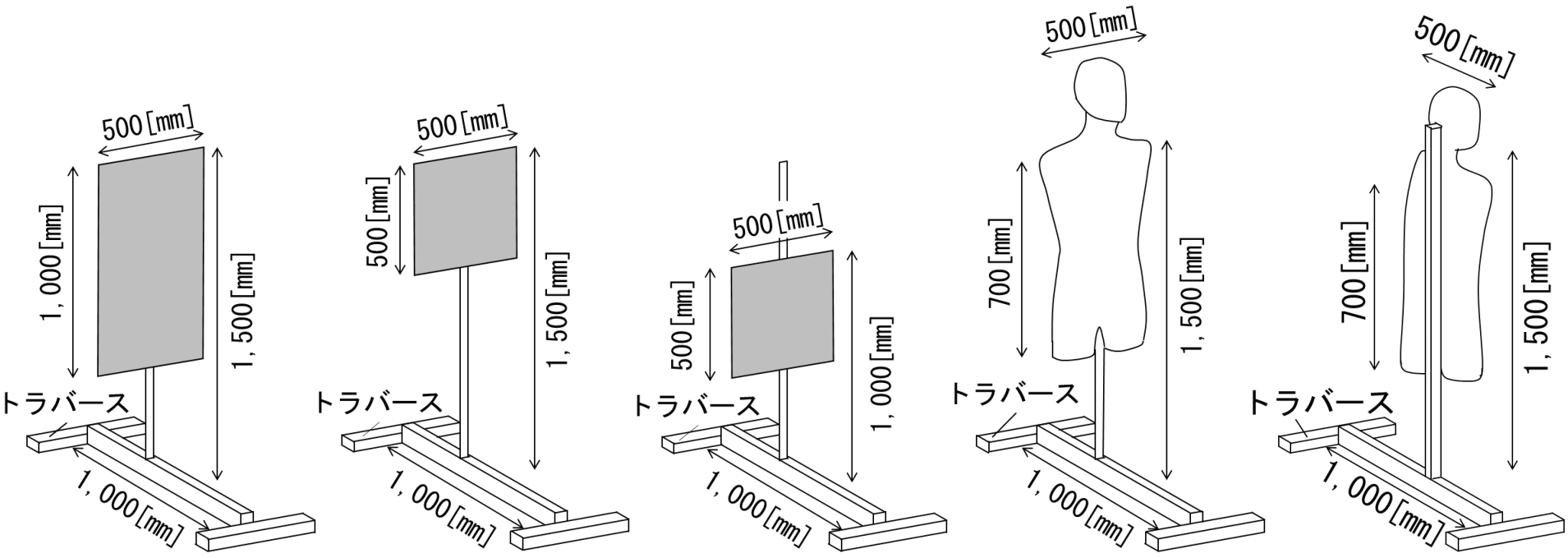
実験中は鍋内からエチレンを一定量発生させ、調理時に発生する臭気等の汚染質のトレーサとする。

研究概要

表１　実験条件

実験case		レンジフード排気量[m^3/h]	給気方式	人体擾乱	調理台からの距離[mm]
case1	case1-1	150[m^3/h]	扉から給気（扉の大きさ1,400[mm]×2,400[mm]）	無	－
	case1-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case1-3				200
	case1-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case1-5				200
	case1-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case1-7				200
	case1-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case1-9				200
	case1-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	
case2	case2-1	300[m^3/h]		無	－
	case2-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case2-3				200
	case2-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case2-5				200
	case2-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case2-7				200
	case2-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case2-9				200
	case2-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	

研究概要



(a) パネルA　(b) パネルB-1　(c) パネルB-2　(d) マネキン1-1　(e) マネキン1-2

図３　実験で使用する擾乱発生装置の概要

研究概要

表１　実験条件

実験case		レンジフード排気量[m^3/h]	給気方式	人体擾乱	調理台からの距離[mm]
case1	case1-1	150[m^3/h]	扉から給気（扉の大きさ1,400[mm]×2,400[mm]）	無	－
	case1-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case1-3				200
	case1-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case1-5				200
	case1-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case1-7				200
	case1-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case1-9				200
	case1-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	
case2	case2-1	300[m^3/h]		無	－
	case2-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case2-3				200
	case2-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case2-5				200
	case2-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case2-7				200
	case2-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case2-9				200
	case2-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	

レンジフード排気量が150[m^3/h]の場合をcase1、300[m^3/h]の場合をcase2とする。

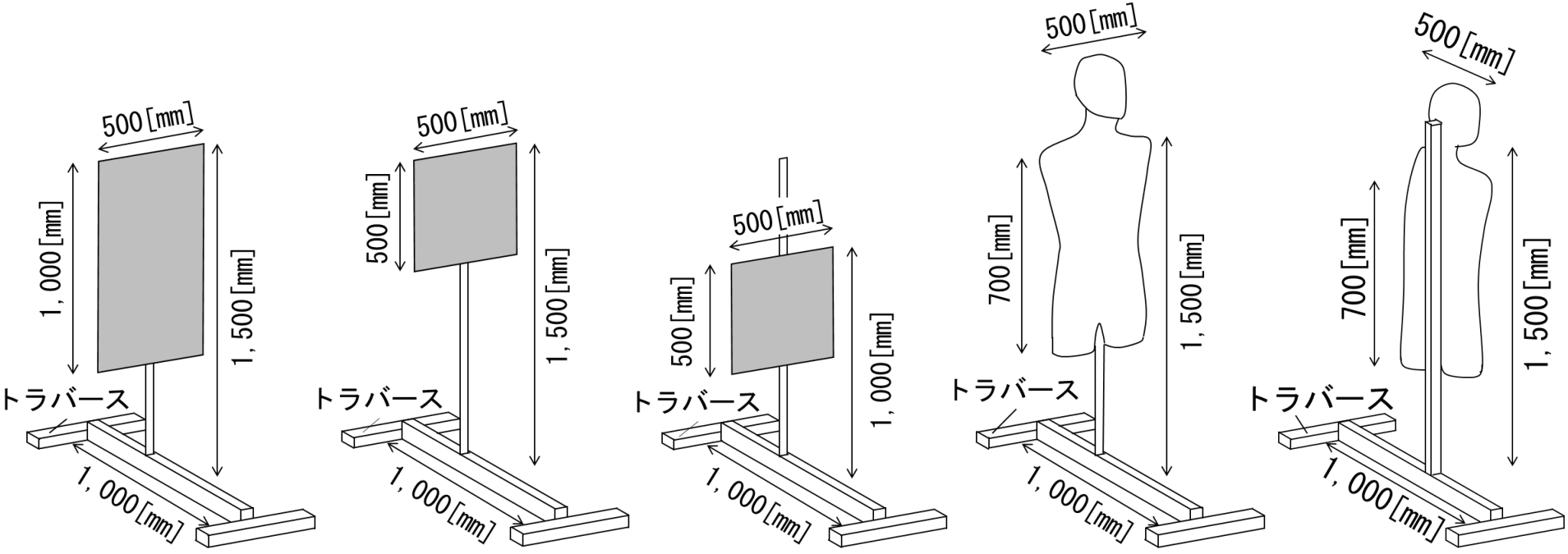
研究概要

表１　実験条件

実験case		レンジフード排気量[m^3/h]	給気方式	人体擾乱	調理台からの距離[mm]
case1	case1-1	150[m^3/h]	扉から給気（扉の大きさ1,400[mm]×2,400[mm]）	無	－
	case1-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case1-3				200
	case1-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case1-5				200
	case1-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case1-7				200
	case1-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case1-9				200
	case1-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	
case2	case2-1	300[m^3/h]		無	－
	case2-2			パネルAの往復（500[mm]×1,000[mm]）	400
	case2-3				200
	case2-4			パネルB-1の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,500[mm]）	400
	case2-5				200
	case2-6			パネルB-2の往復（500[mm]×500[mm]、床上1,000[mm]）	400
	case2-7				200
	case2-8			マネキン1-1の往復（調理台に直角）	400
	case2-9				200
	case2-10			マネキン1-2の往復（調理台に平行）	

レンジフード排気量が150[m^3/h]の場合をcase1、300[m^3/h]の場合をcase2とする。

研究概要



(a) パネルA　(b) パネルB-1　(c) パネルB-2　(d) マネキン1-1　(e) マネキン1-2

図３　実験で使用する擾乱発生装置の概要

本研究では、レンジ周りの擾乱を変化させた場合の直接捕集率測定を行う。

研究概要

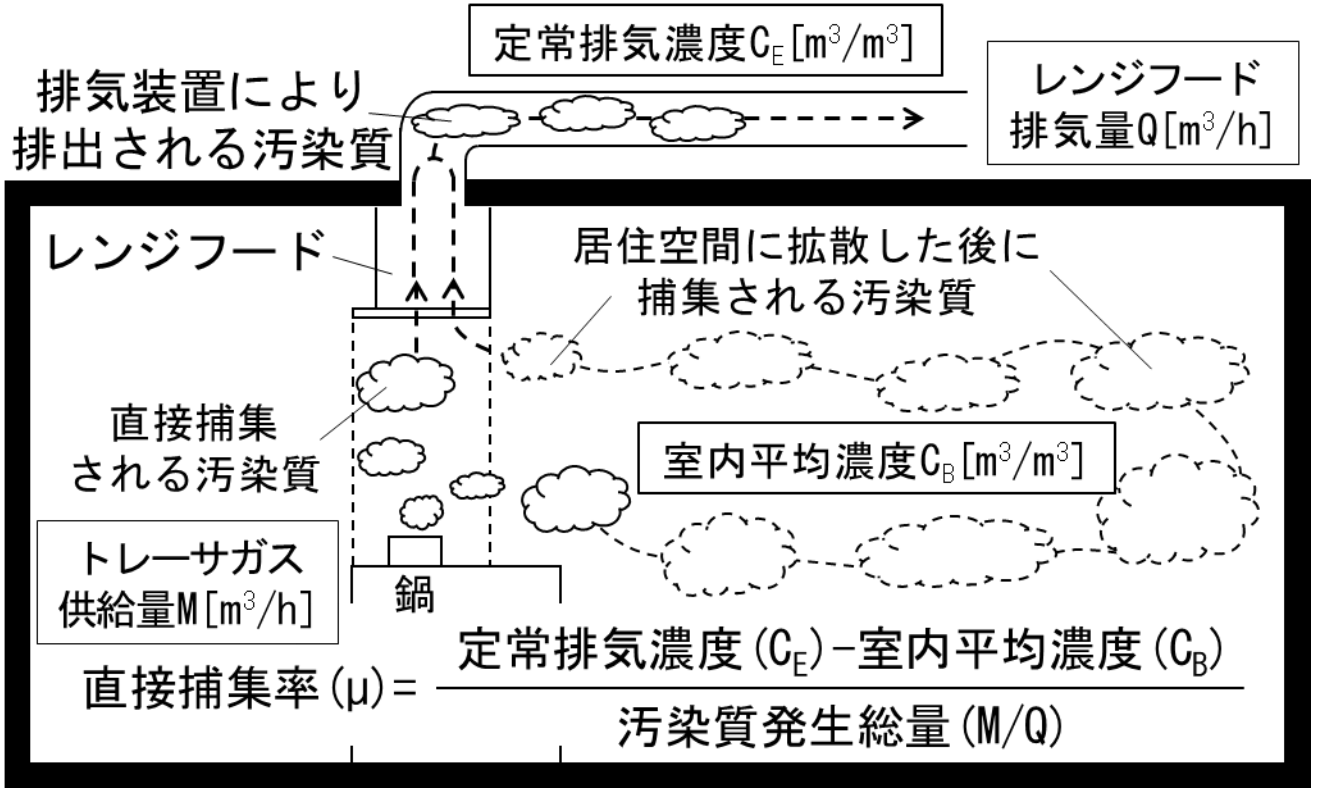


図４　直接捕集率の概念

研究概要

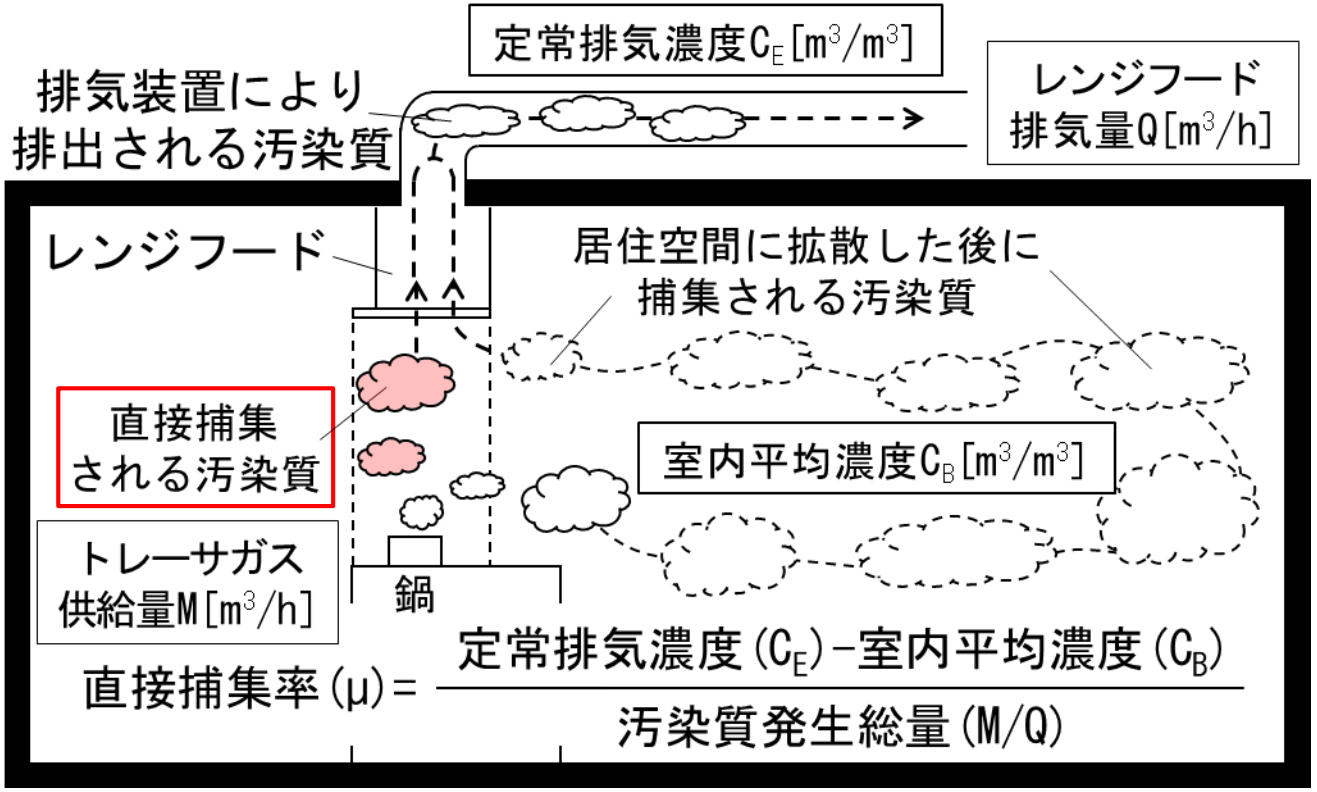


図４　直接捕集率の概念

閉鎖された空間では、鍋で発生した汚染質は拡散しないで直接レンジフードに捕集されるものと、居住空間に一旦拡散した後にフードから排気されるものに分かれる。

研究概要

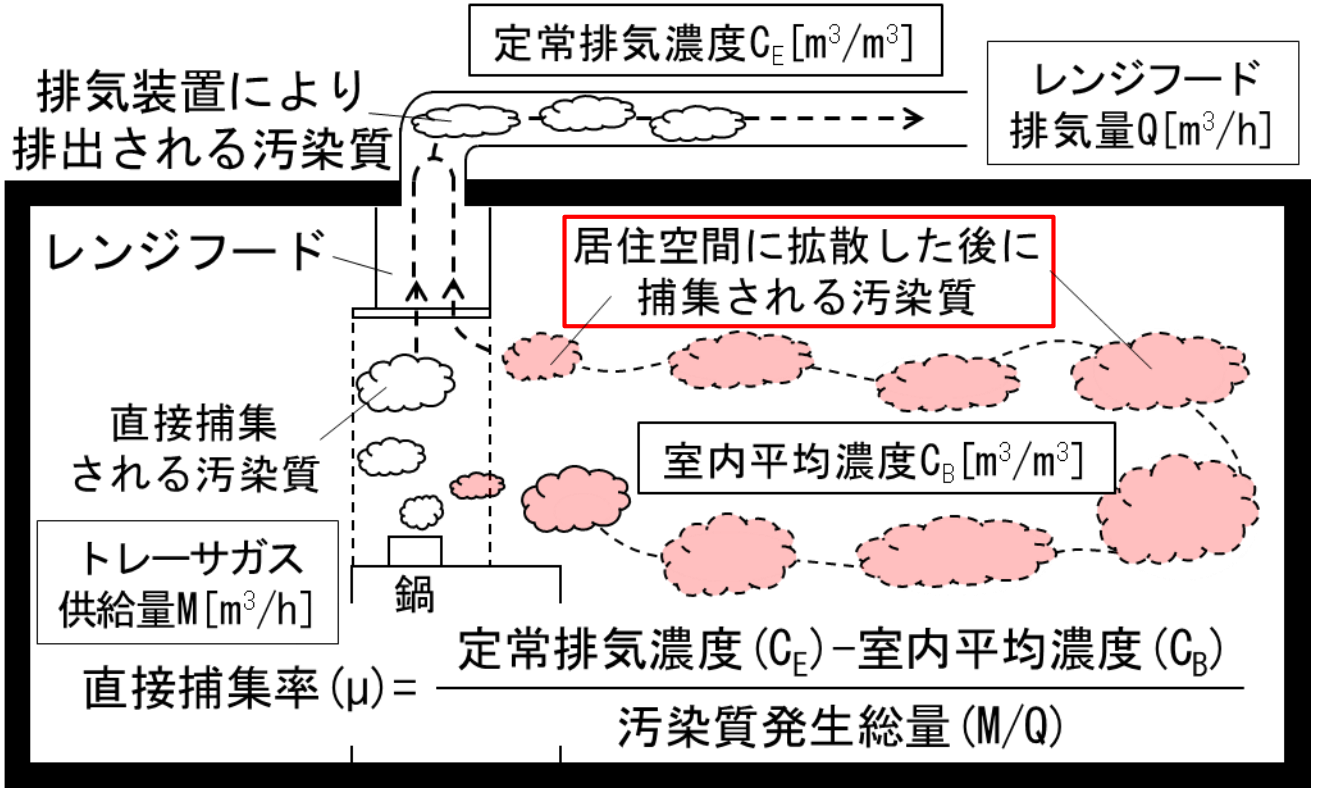


図４　直接捕集率の概念

閉鎖された空間では、鍋で発生した汚染質は拡散しないで直接レンジフードに捕集されるものと、居住空間に一旦拡散した後にフードから排気されるものに分かれる。

研究概要

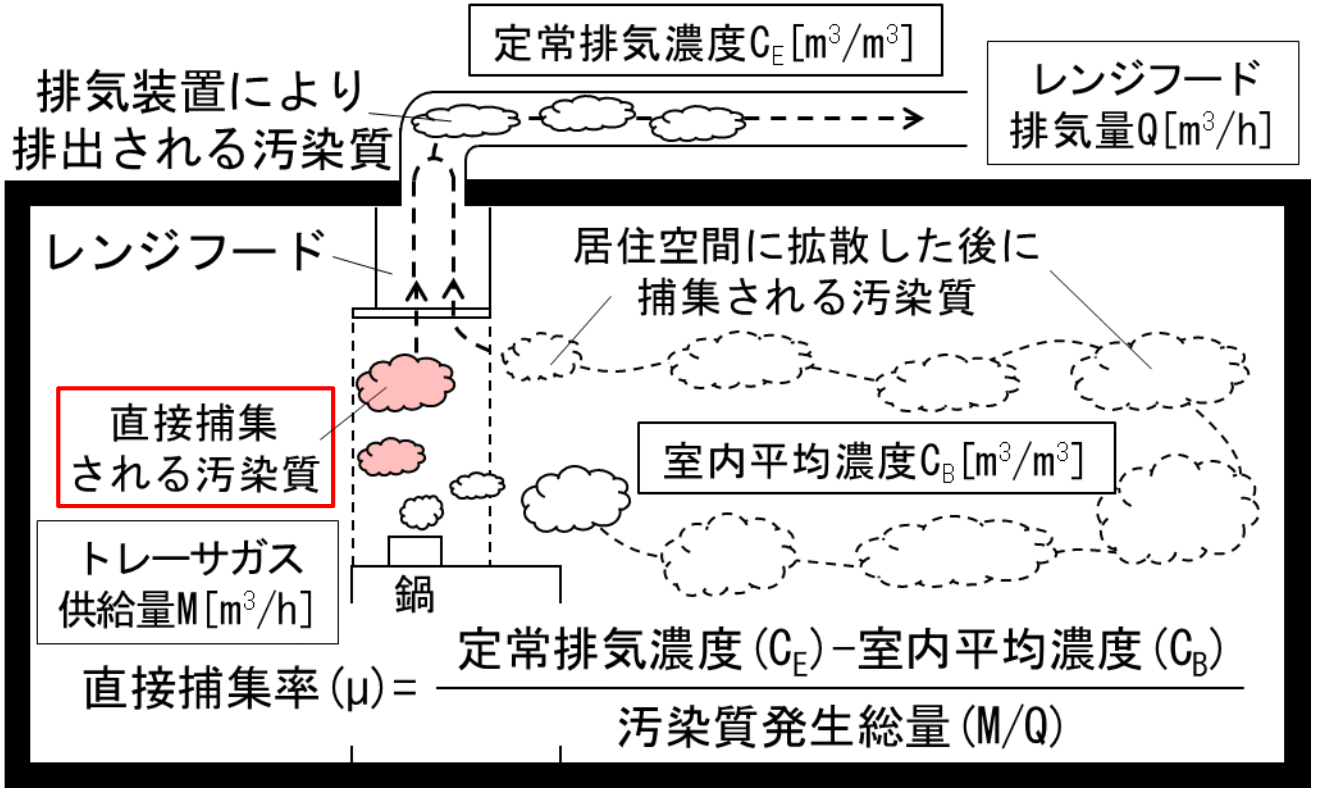


図４　直接捕集率の概念

レンジフードの性能評価には、室内に拡散せずにレンジフードで直接捕集される汚染質の割合（直接捕集率）を求める必要がある。

研究概要

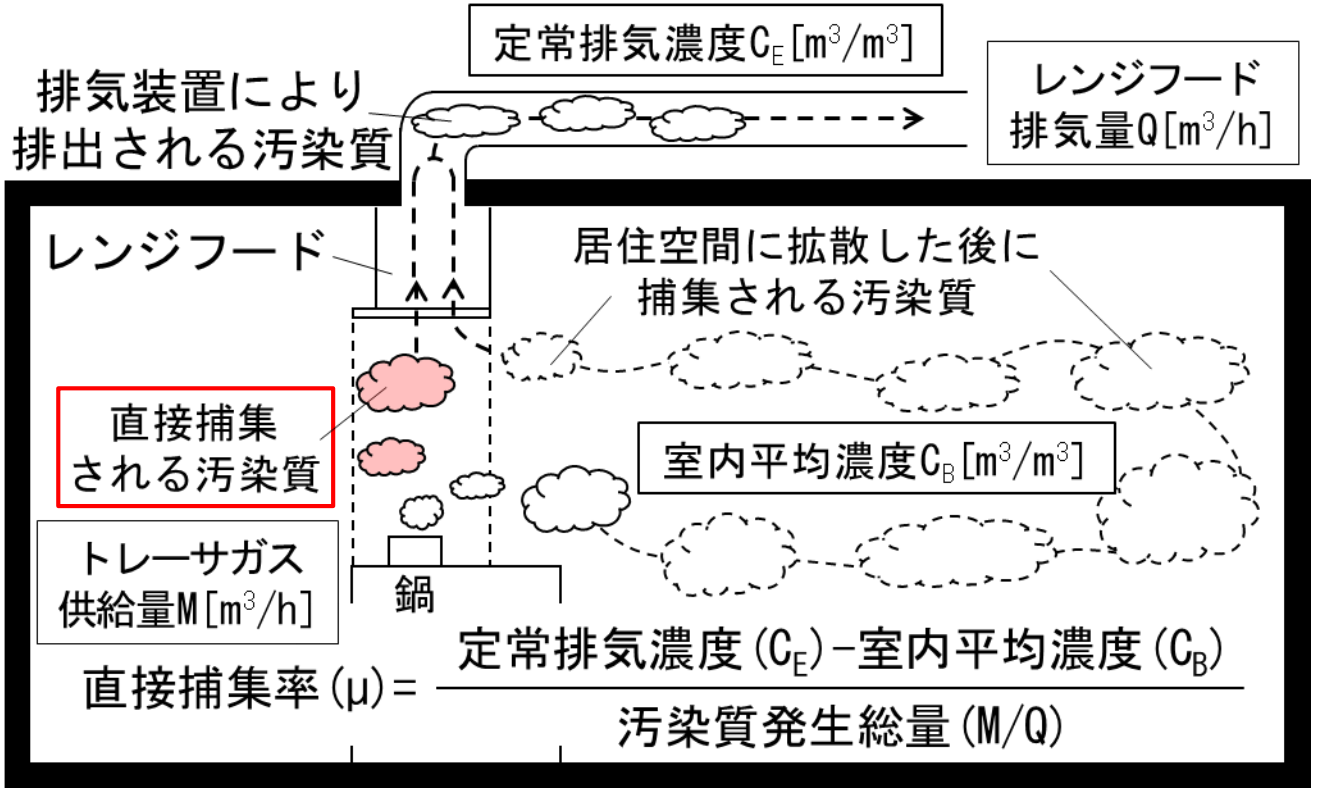


図４　直接捕集率の概念

直接捕集率の算出には倉渕らが提案しているストップ法[文２)]を用いる。

文２）　倉渕ら：「住宅厨房内の各種擾乱が排気捕集率に及ぼす影響評価に関する研究」，日本建築学会環境系論文集，Vol. 76 No. 663, 493-500, 2011. 5

研究概要

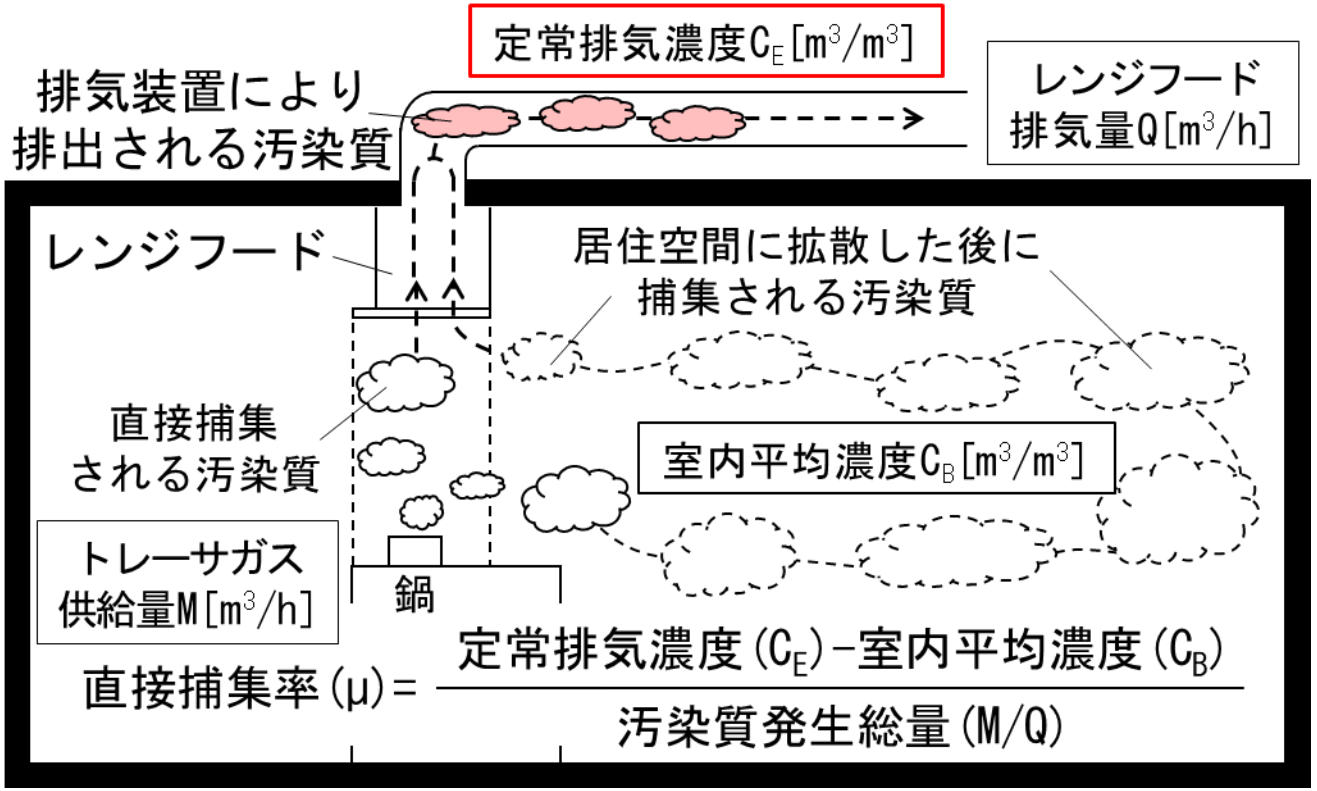


図４　直接捕集率の概念

レンジフード排気濃度が定常状態となるまでトレーサを供給し、定常排気濃度(C_E)を測定した後、トレーサの供給を停止し、レンジフード排気濃度の減衰過程からトレーサ供給時の室内平均濃度(C_B)を推定することで、室内に拡散することなくレンジフードに捕集された汚染質の直接捕集率(μ)を(1)式により算出する。

研究概要

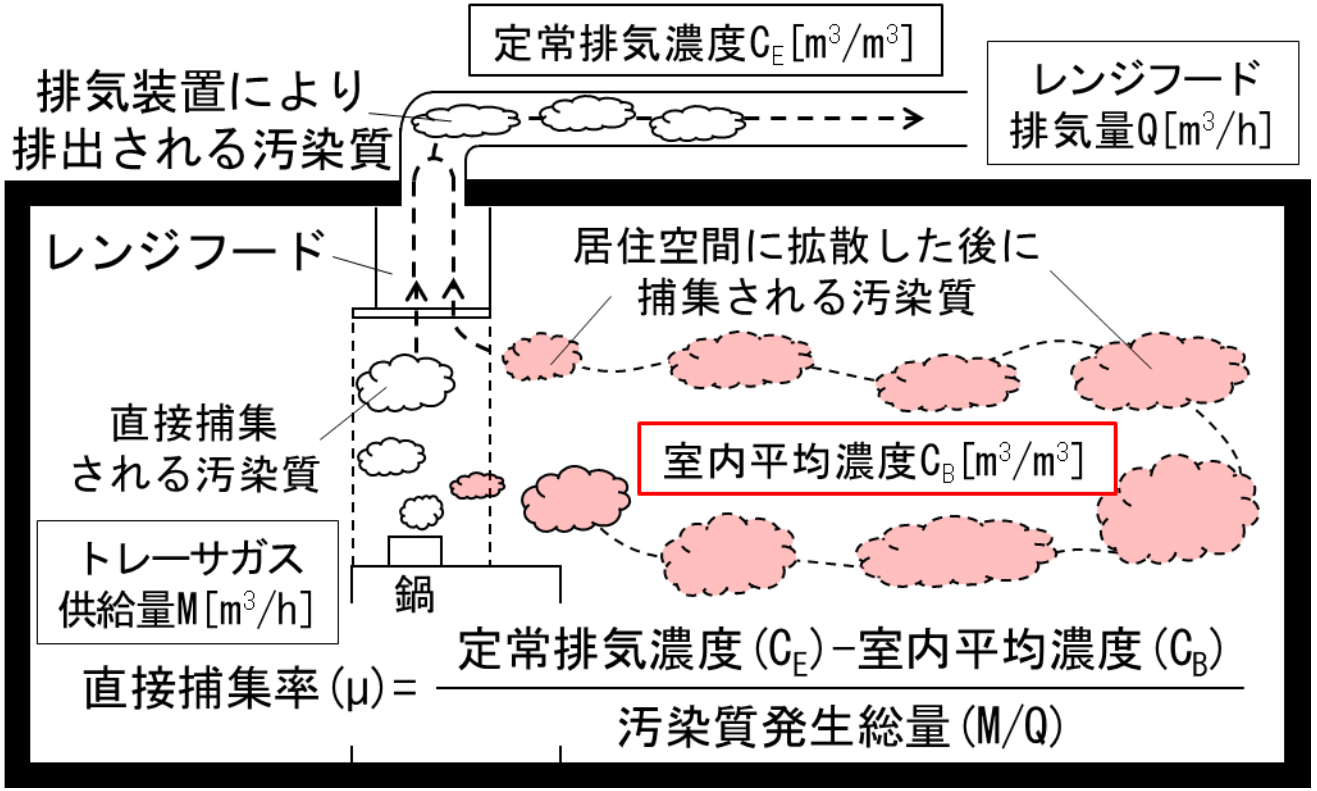


図４　直接捕集率の概念

レンジフード排気濃度が定常状態となるまでトレーサを供給し、定常排気濃度(C_E)を測定した後、トレーサの供給を停止し、レンジフード排気濃度の減衰過程からトレーサ供給時の室内平均濃度(C_B)を推定することで、室内に拡散することなくレンジフードに捕集された汚染質の直接捕集率(μ)を(1)式により算出する。

研究概要

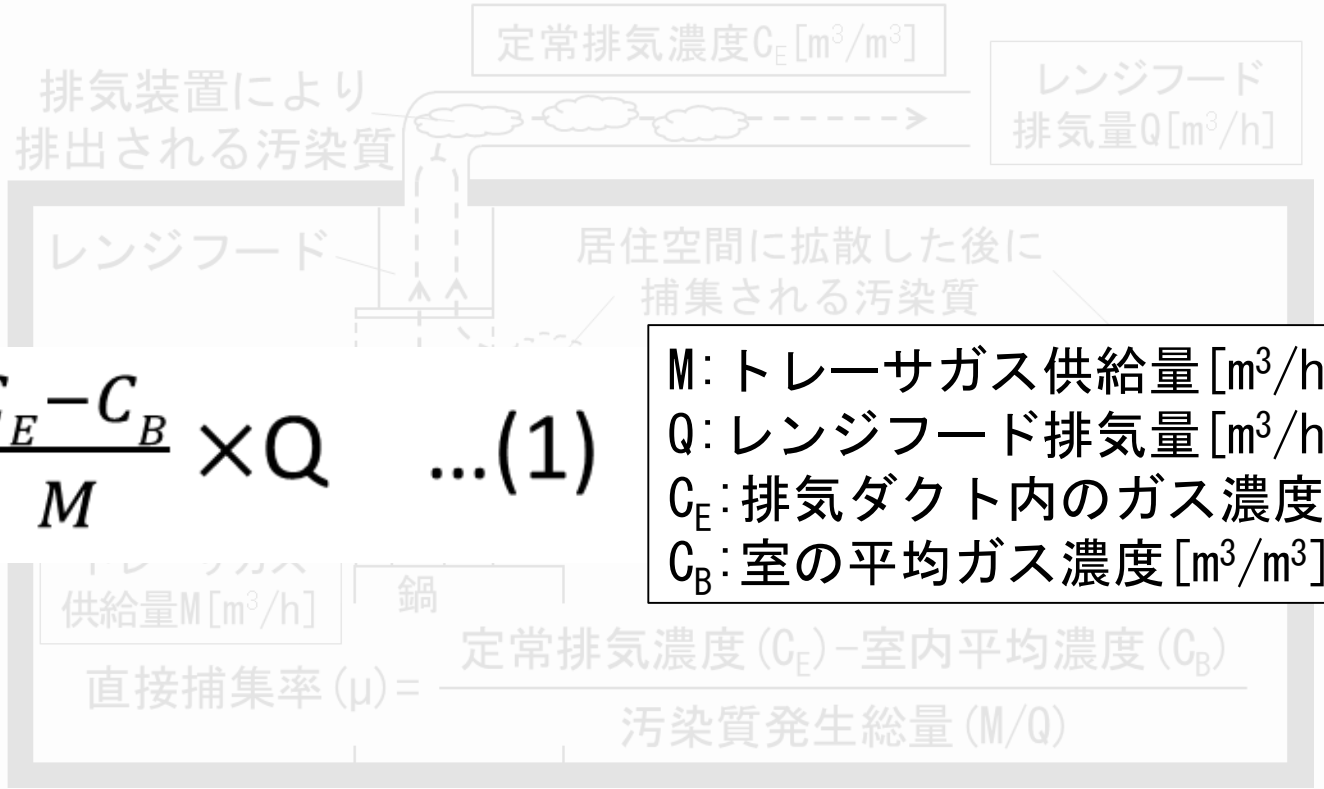


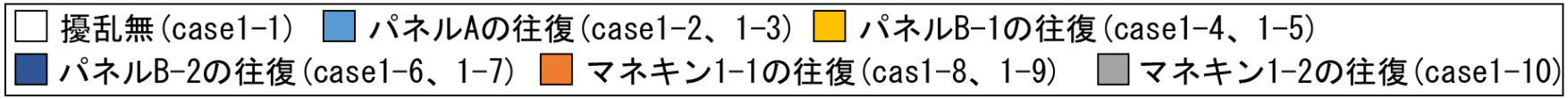
図４　直接捕集率の概念

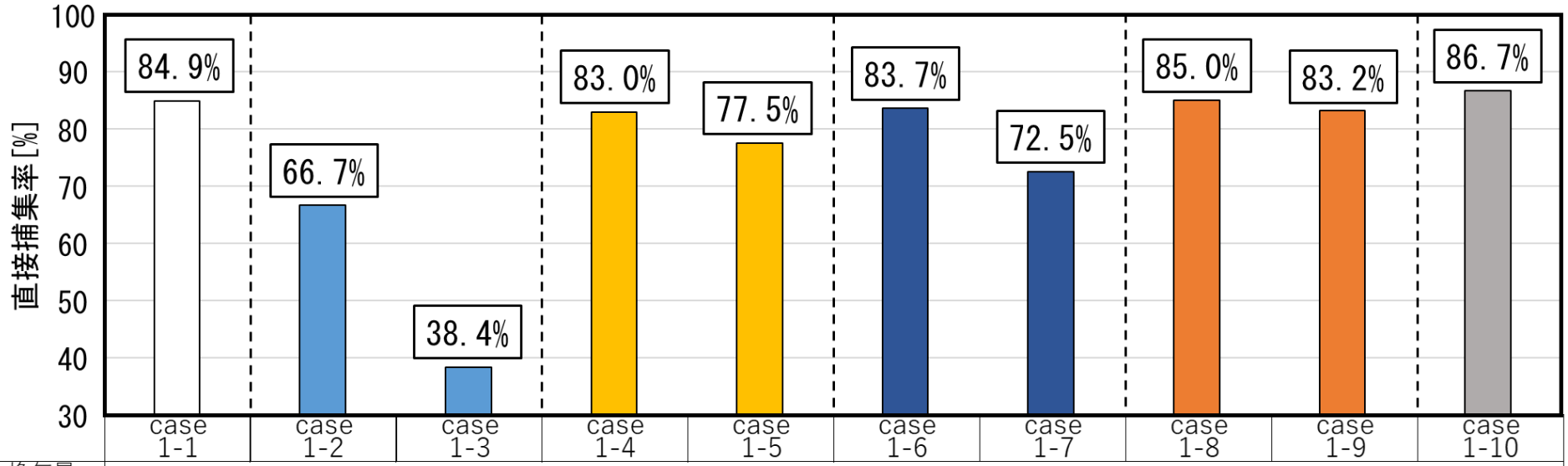
$$\mu = \frac{C_E - C_B}{M} \times Q \quad \cdots(1)$$

M：トレーサガス供給量[m³/h]
Q：レンジフード排気量[m³/h]
C_E：排気ダクト内のガス濃度[m³/m³]
C_B：室の平均ガス濃度[m³/m³]

レンジフード排気濃度が定常状態となるまでトレーサを供給し、定常排気濃度(C_E)を測定した後、トレーサの供給を停止し、レンジフード排気濃度の減衰過程からトレーサ供給時の室内平均濃度(C_B)を推定することで、室内に拡散することなくレンジフードに捕集された汚染質の直接捕集率(μ)を(1)式により算出する。

実験結果



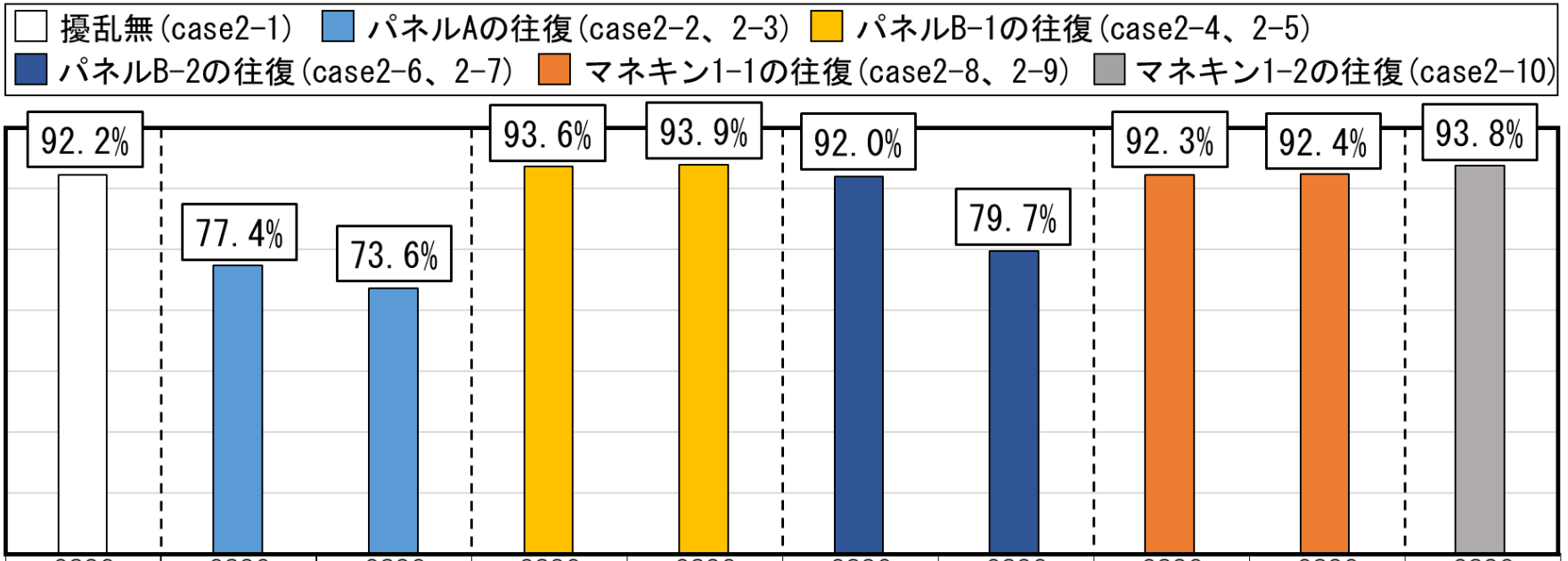


	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量 [m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1 (レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

実験結果

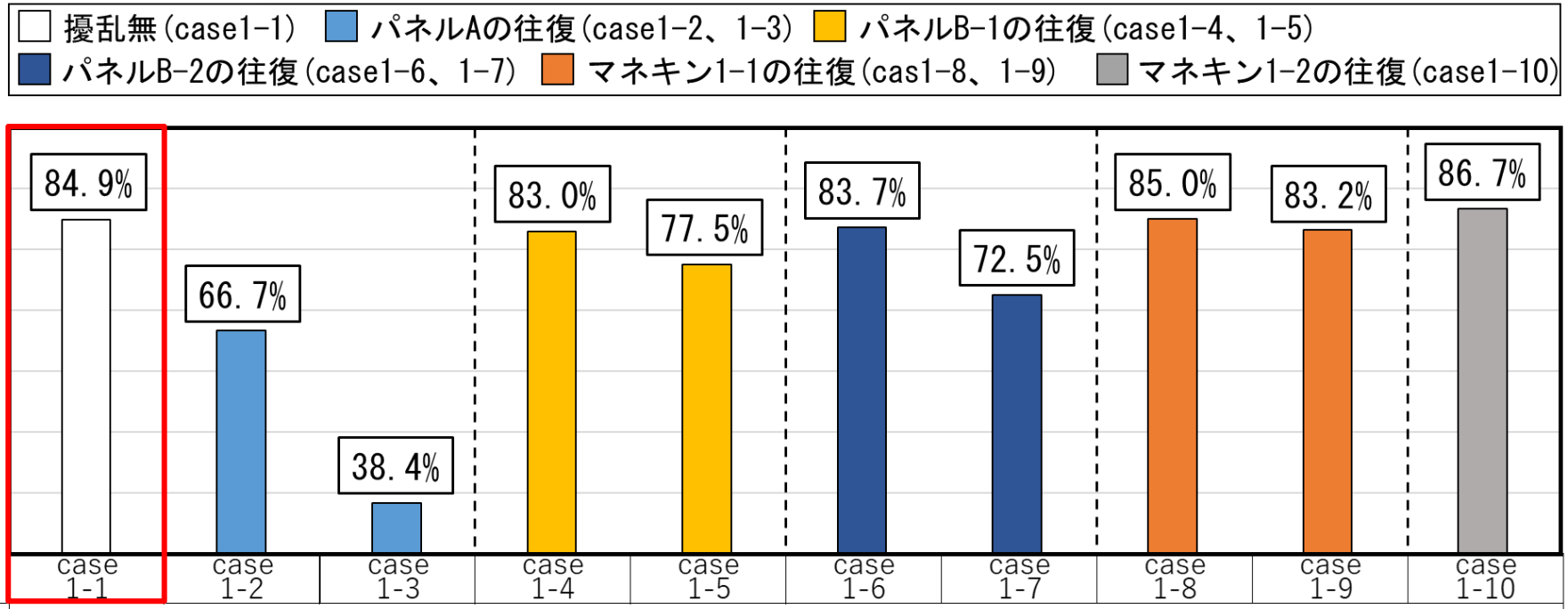


換気量[m^3/h]	300[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(b) case2(レンジフード排気量300[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

実験結果



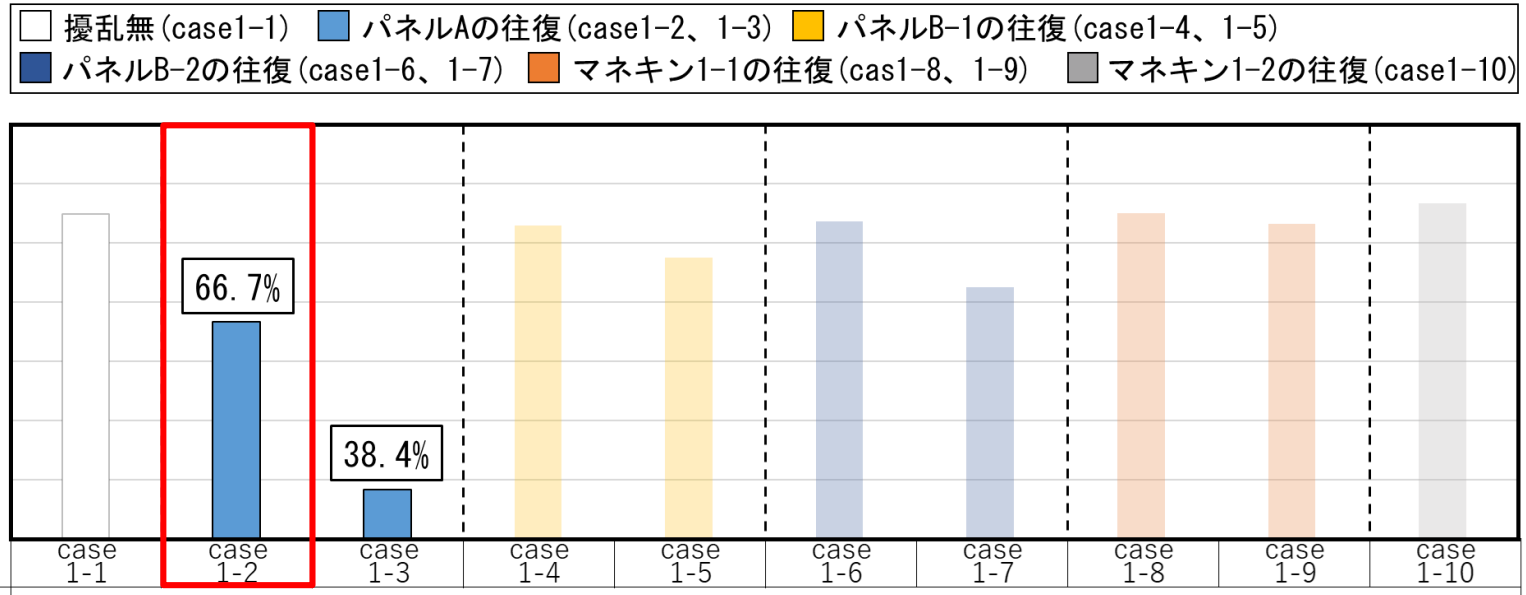
	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量 [m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1 (レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

擾乱の無いcase1-1では、直接捕集率は84.9[%]となる。

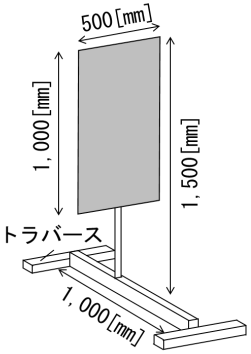
実験結果



	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

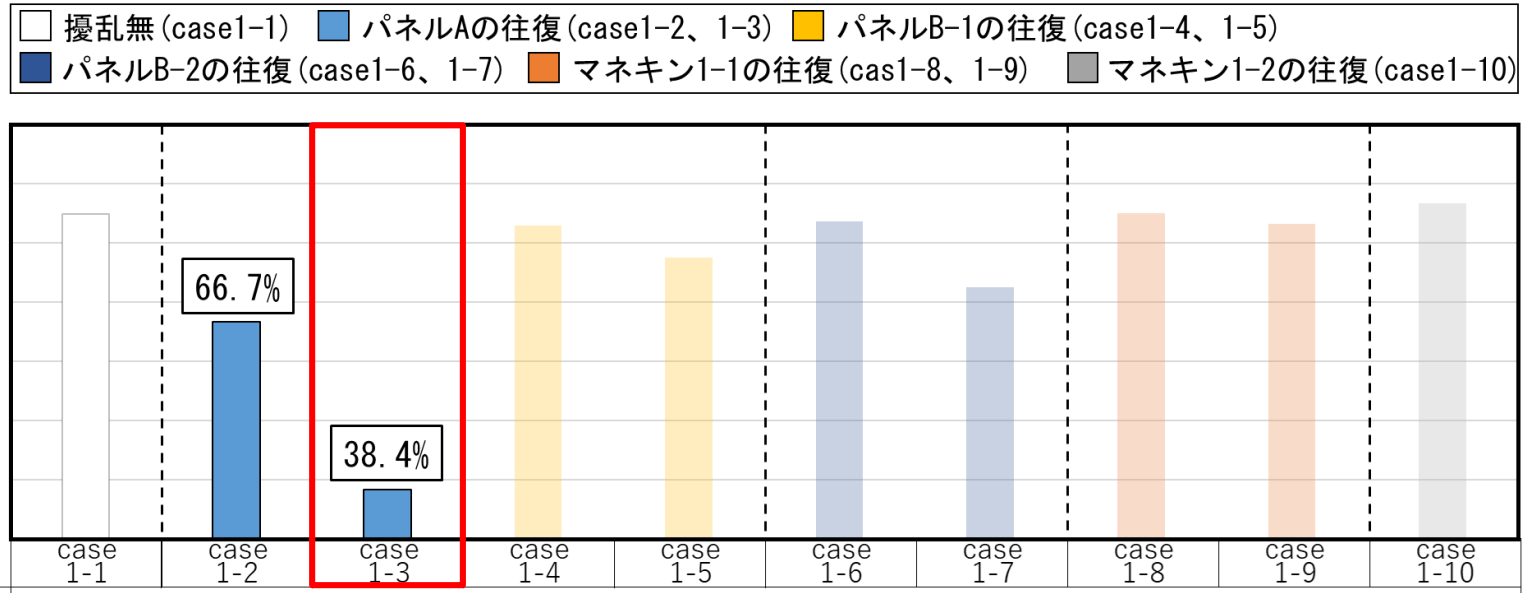


(a) パネルA

図　擾乱発生装置の概要

パネルA(500[mm](幅)×1,000[mm](高さ))を往復させた場合、パネルの端と調理台の距離を400[mm]としたcase1-2の直接捕集率は66.7[%]、パネルの端と調理台の距離を200[mm]としたcase1-3の直接捕集率は38.4[%]となる。

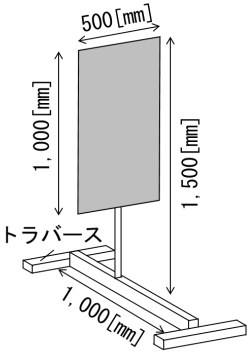
実験結果



	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

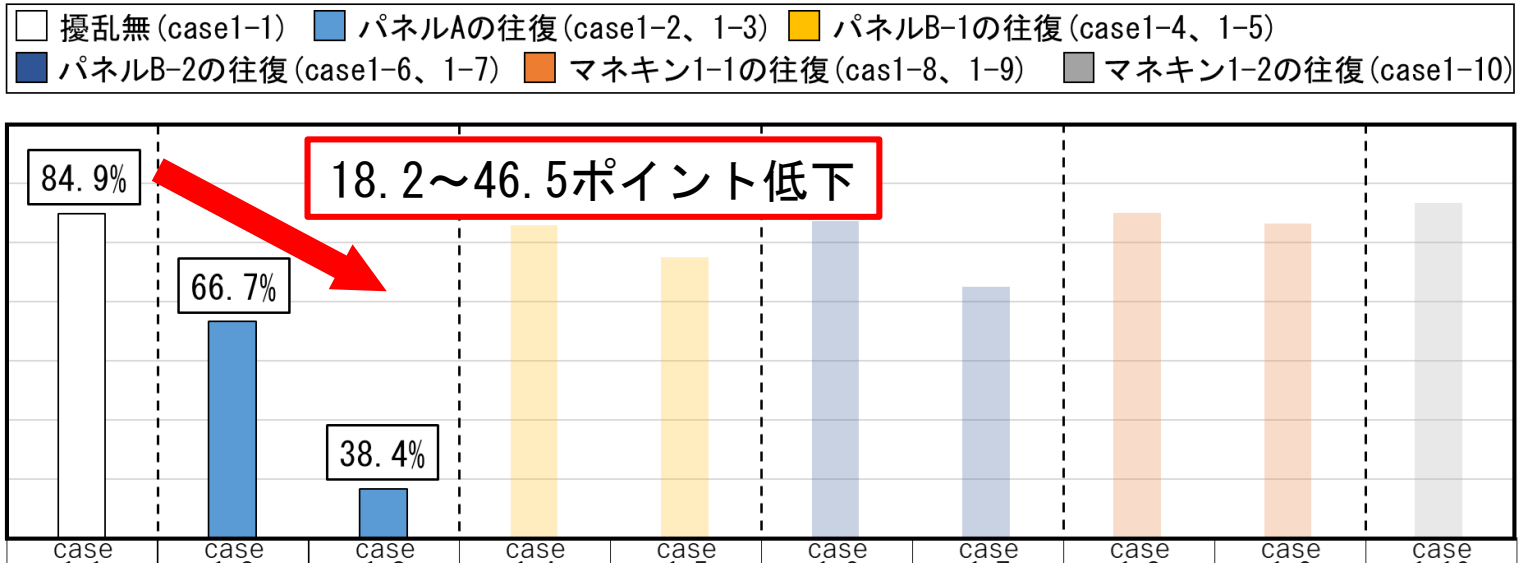


(a) パネルA

図　擾乱発生装置の概要

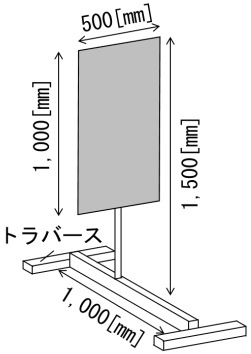
パネルA(500[mm](幅)×1,000[mm](高さ))を往復させた場合、パネルの端と調理台の距離を400[mm]としたcase1-2の直接捕集率は66.7[%]、パネルの端と調理台の距離を200[mm]としたcase1-3の直接捕集率は38.4[%]となる。

実験結果



(a) case1 (レンジフード排気量150[m³/h])

図　直接捕集率の測定結果

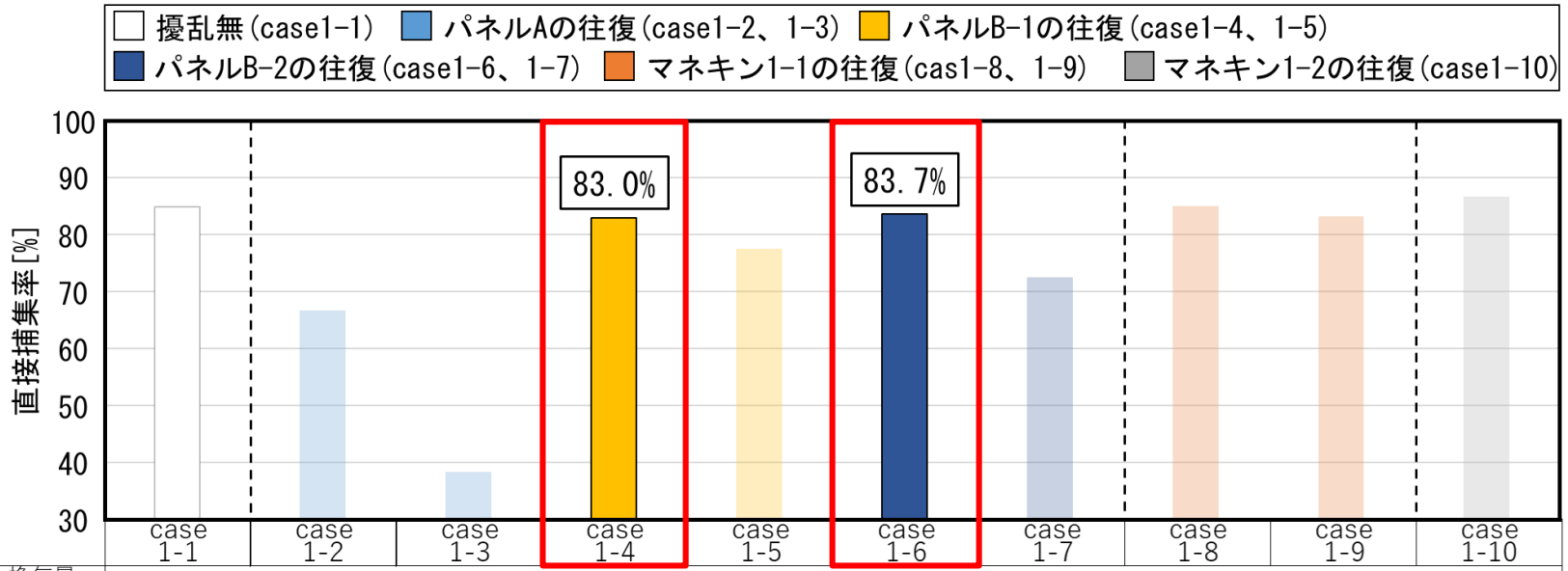


(a) パネルA

図　擾乱発生装置の概要

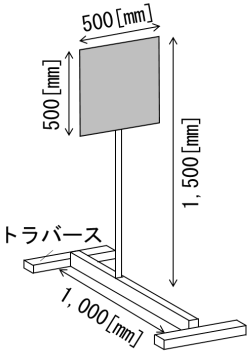
擾乱の無いcase1-1に比較して、パネルAを往復させた場合の直接捕集率は18.2～46.5ポイント低下する。

実験結果

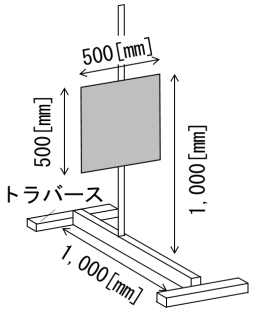


(a) case1(レンジフード排気量150[m³/h])

図　直接捕集率の測定結果



(b) パネルB-1

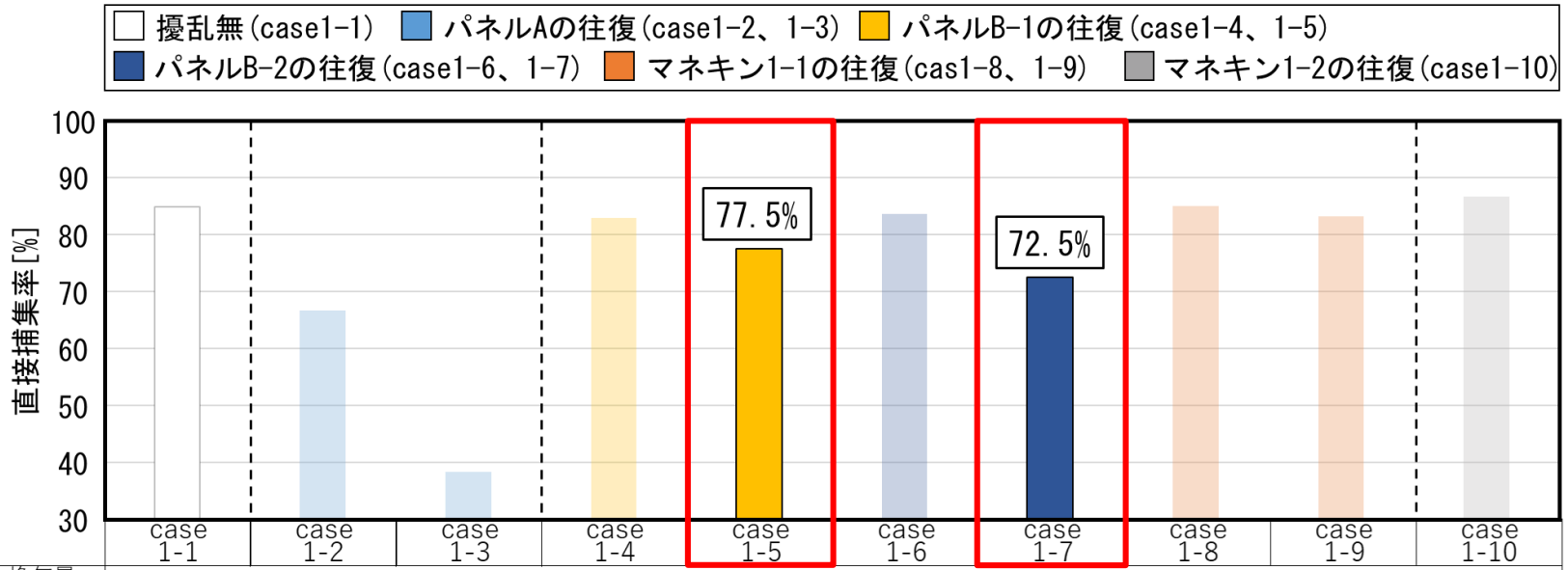


(c) パネルB-2

図　擾乱発生装置の概要

パネルB-1(500[mm](幅)×500(高さ)、床上1,500[mm])、パネルB-2(500[mm](幅)×500(高さ)、床上1,000[mm])を往復させた場合、パネルの端と調理台の距離を400[mm]としたcase1-4、case1-6の直接捕集率はそれぞれ83.0[%]、83.7[%]と、ほぼ同様の結果となる。

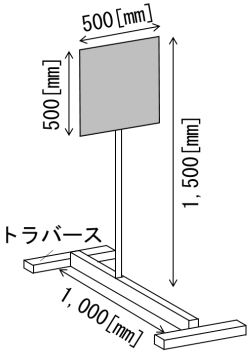
実験結果



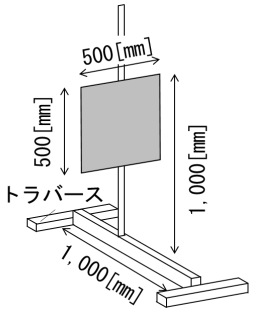
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果



(b) パネルB-1

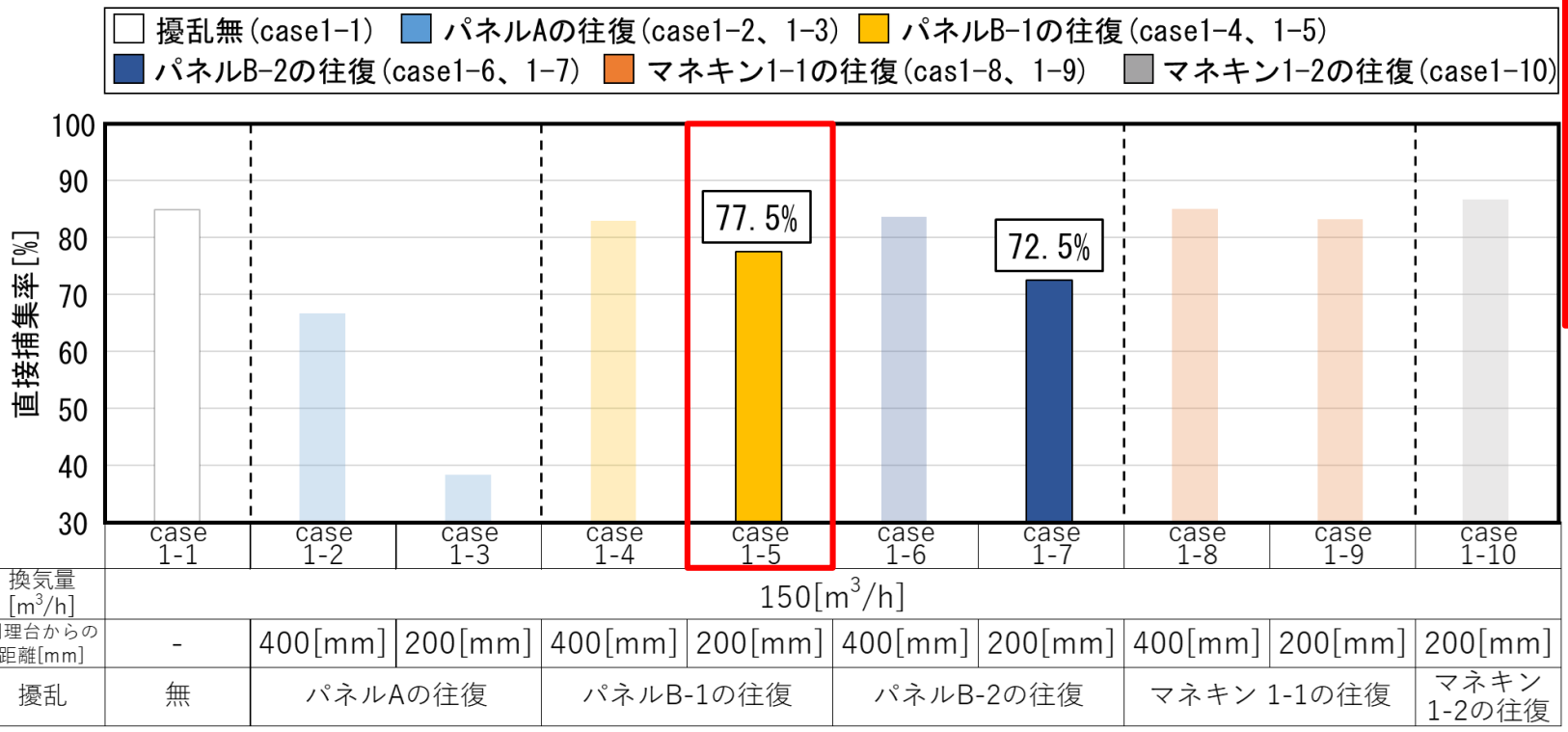


(c) パネルB-2

図　擾乱発生装置の概要

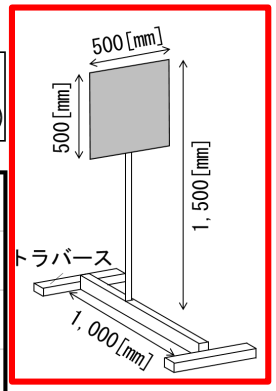
パネルの端と調理台の距離を200[mm]としたcase1-5、case1-7の直接捕集率はそれぞれ77.5[%]、72.5[%]となり、パネルB-1を往復させたcase1-5に比較して、パネルB-2を往復させたcase1-7の直接捕集率は5.0ポイント低下する。

実験結果

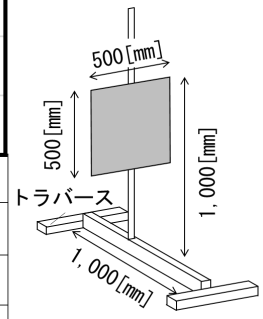


(a) case1(レンジフード排気量150[m³/h])

図　直接捕集率の測定結果



(b) パネルB-1

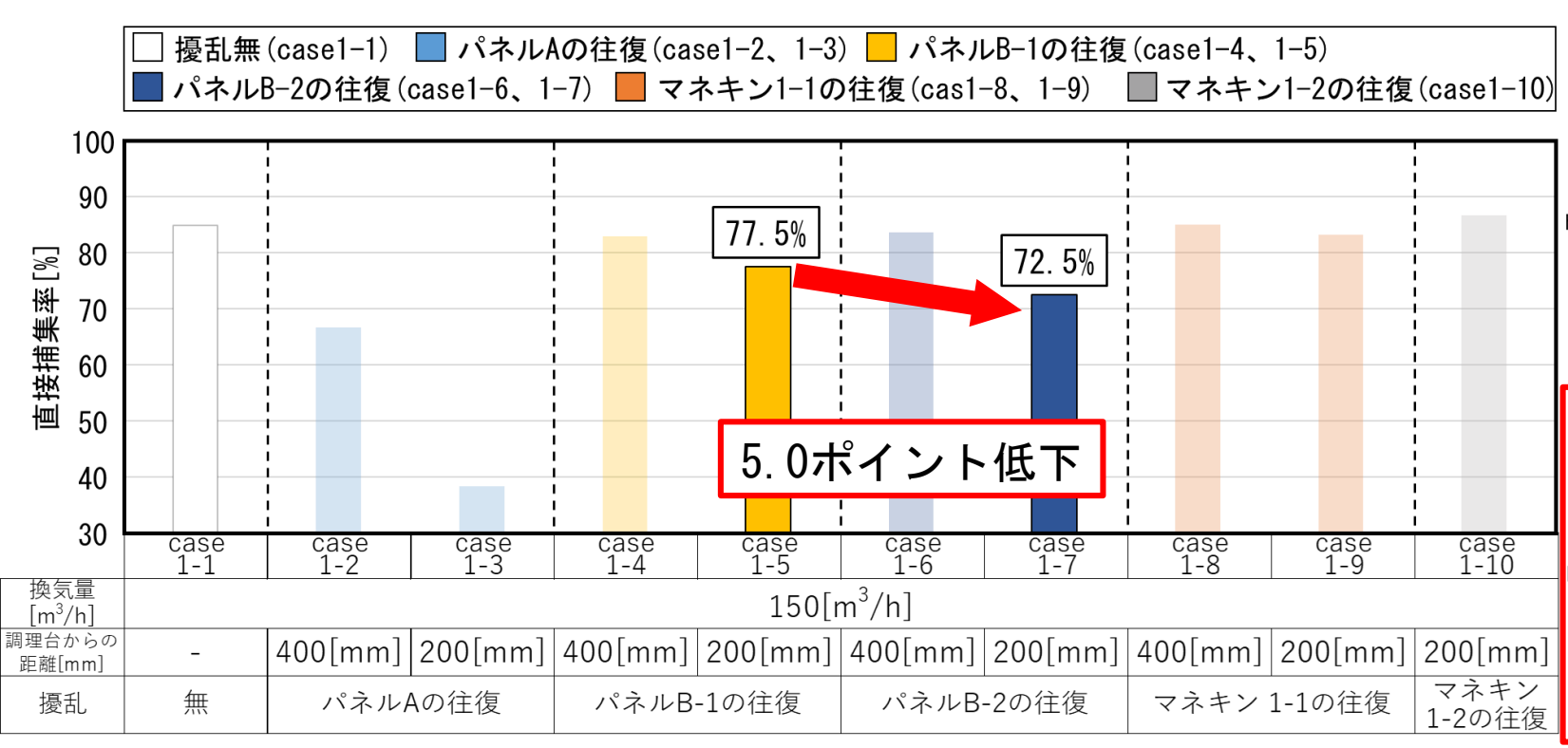


(c) パネルB-2

図　擾乱発生装置の概要

パネルの端と調理台の距離を200[mm]としたcase1-5、case1-7の直接捕集率はそれぞれ77.5[%]、72.5[%]となり、パネルB-1を往復させたcase1-5に比較して、パネルB-2を往復させたcase1-7の直接捕集率は5.0ポイント低下する。

実験結果



(a) case1(レンジフード排気量150[m³/h])

図　直接捕集率の測定結果

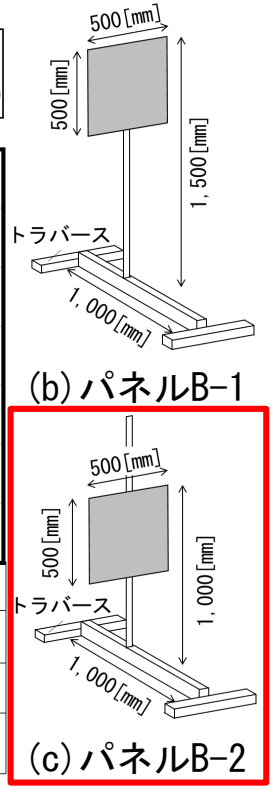
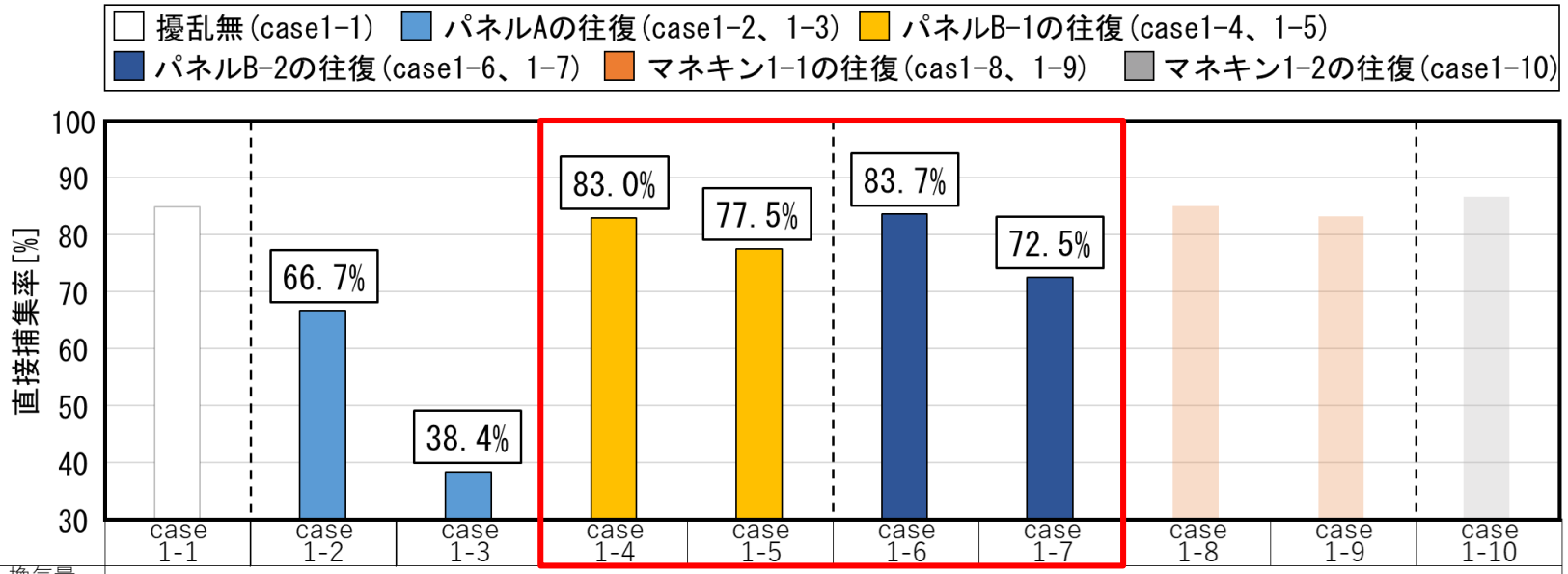


図　擾乱発生装置の概要

パネルの端と調理台の距離を200[mm]としたcase1-5、case1-7の直接捕集率はそれぞれ77.5[%]、72.5[%]となり、パネルB-1を往復させたcase1-5に比較して、パネルB-2を往復させたcase1-7の直接捕集率は5.0ポイント低下する。

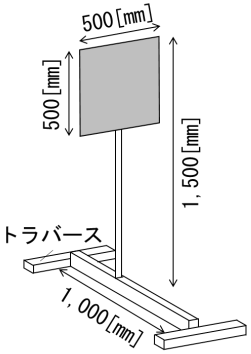
実験結果



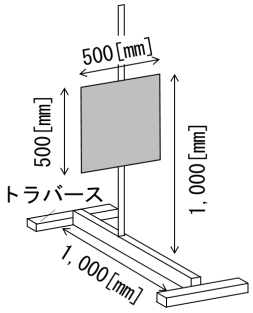
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果



(b) パネルB-1

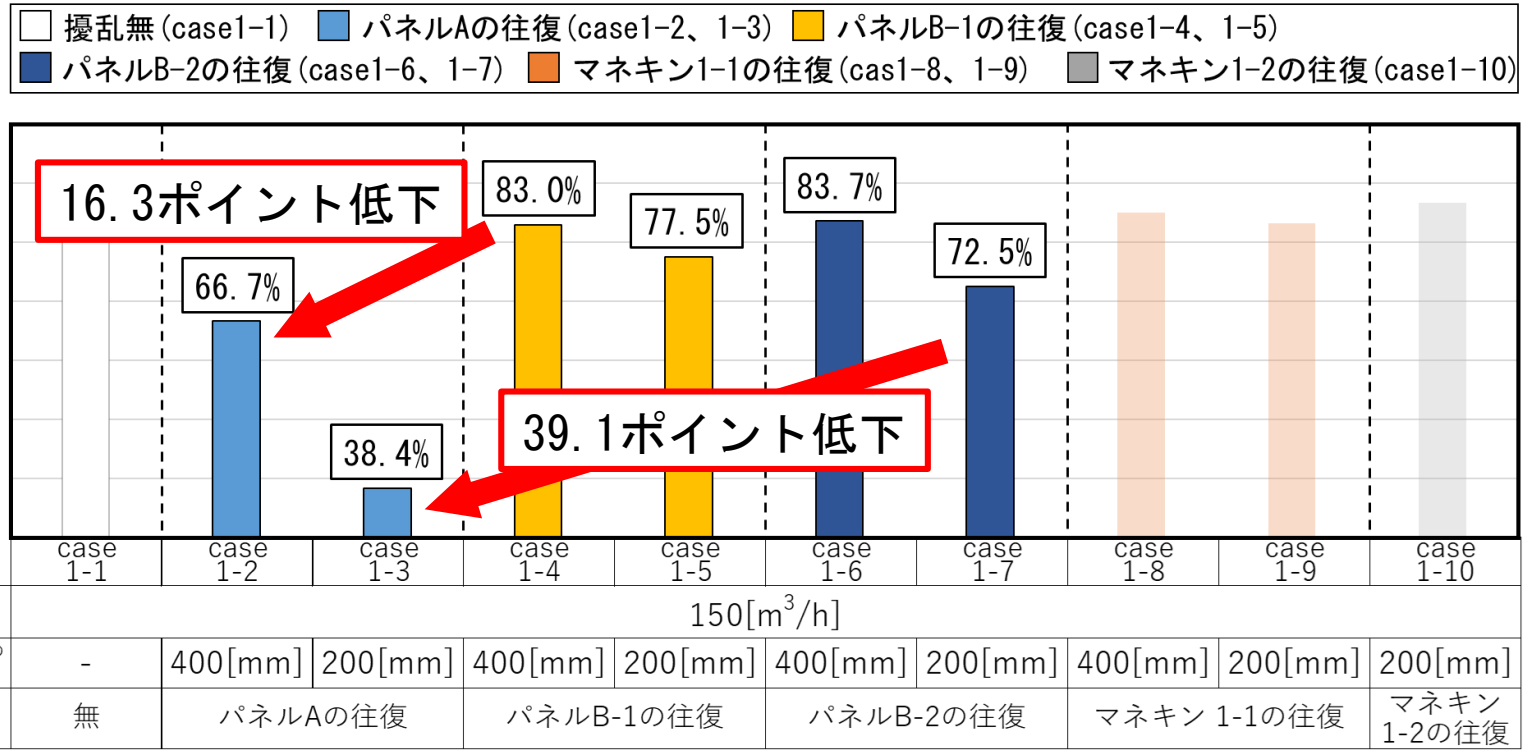


(c) パネルB-2

図　擾乱発生装置の概要

パネルB-1、B-2を往復させた場合に比較して、パネルAを往復させた場合の直接捕集率は16.3～39.1ポイント低くなる。

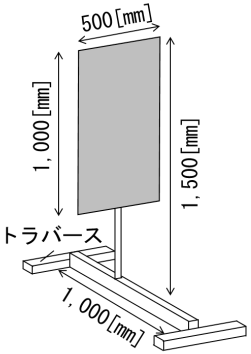
実験結果



	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果

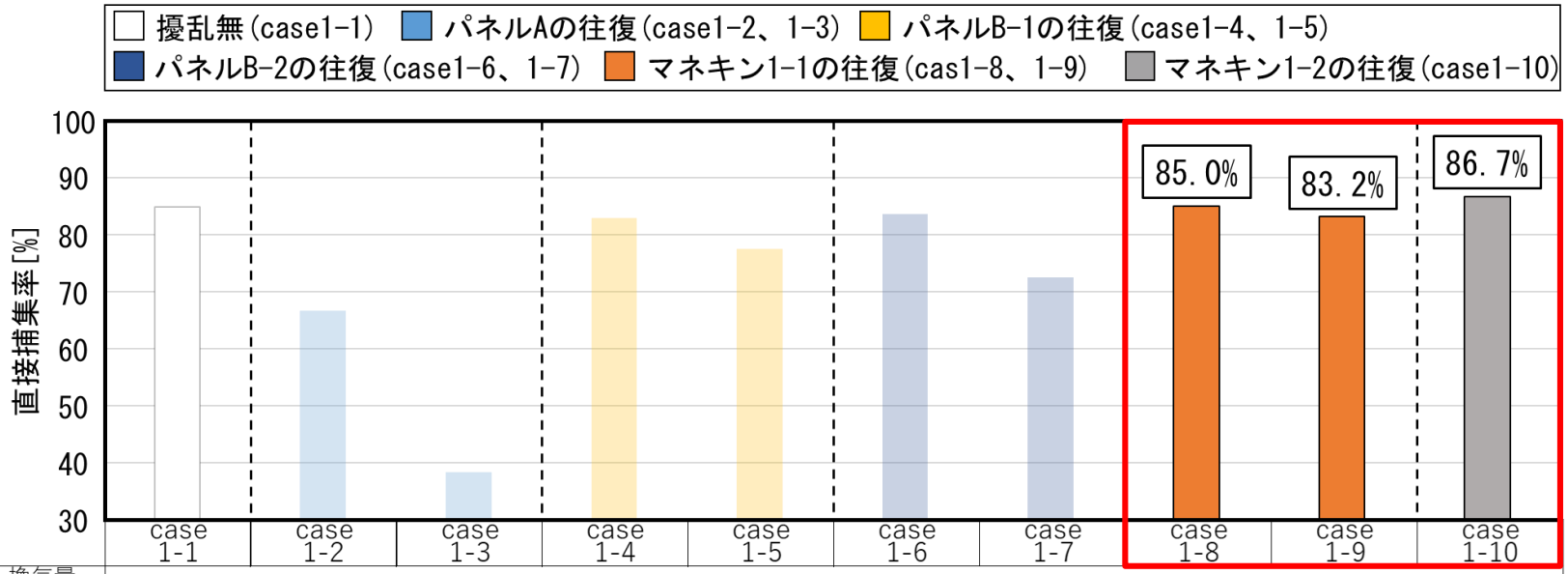


(a) パネルA

図　擾乱発生装置の概要

パネルB-1、B-2を往復させた場合に比較して、パネルAを往復させた場合の直接捕集率は16.3～39.1ポイント低くなる。

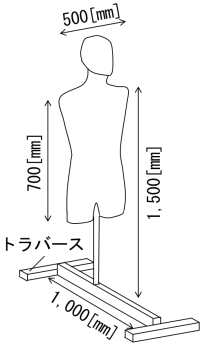
実験結果



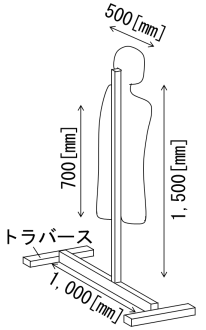
	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果



(d) マネキン1-1

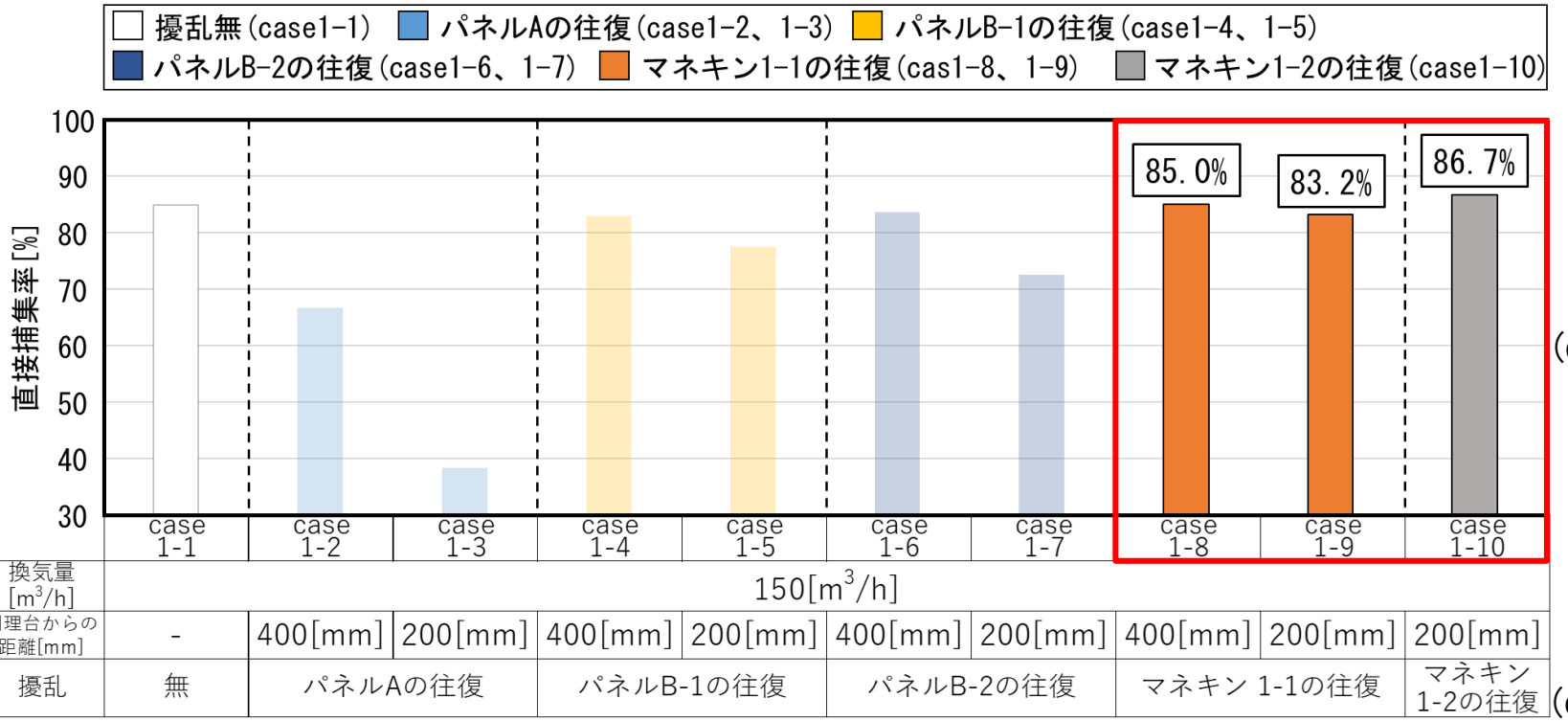


(e) マネキン1-2

図　擾乱発生装置の概要

マネキンを往復させた場合、直接捕集率は83.2～86.7[%]となり、擾乱の無いcase1-1と殆ど同様である。

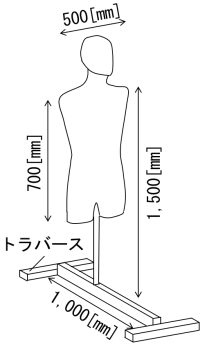
実験結果



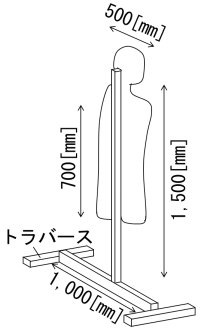
	case 1-1	case 1-2	case 1-3	case 1-4	case 1-5	case 1-6	case 1-7	case 1-8	case 1-9	case 1-10
換気量[m^3/h]	150[m^3/h]									
調理台からの距離[mm]	-	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	400[mm]	200[mm]	200[mm]
擾乱	無	パネルAの往復		パネルB-1の往復		パネルB-2の往復		マネキン 1-1の往復		マネキン 1-2の往復

(a) case1(レンジフード排気量150[m^3/h])

図　直接捕集率の測定結果



(d) マネキン1-1

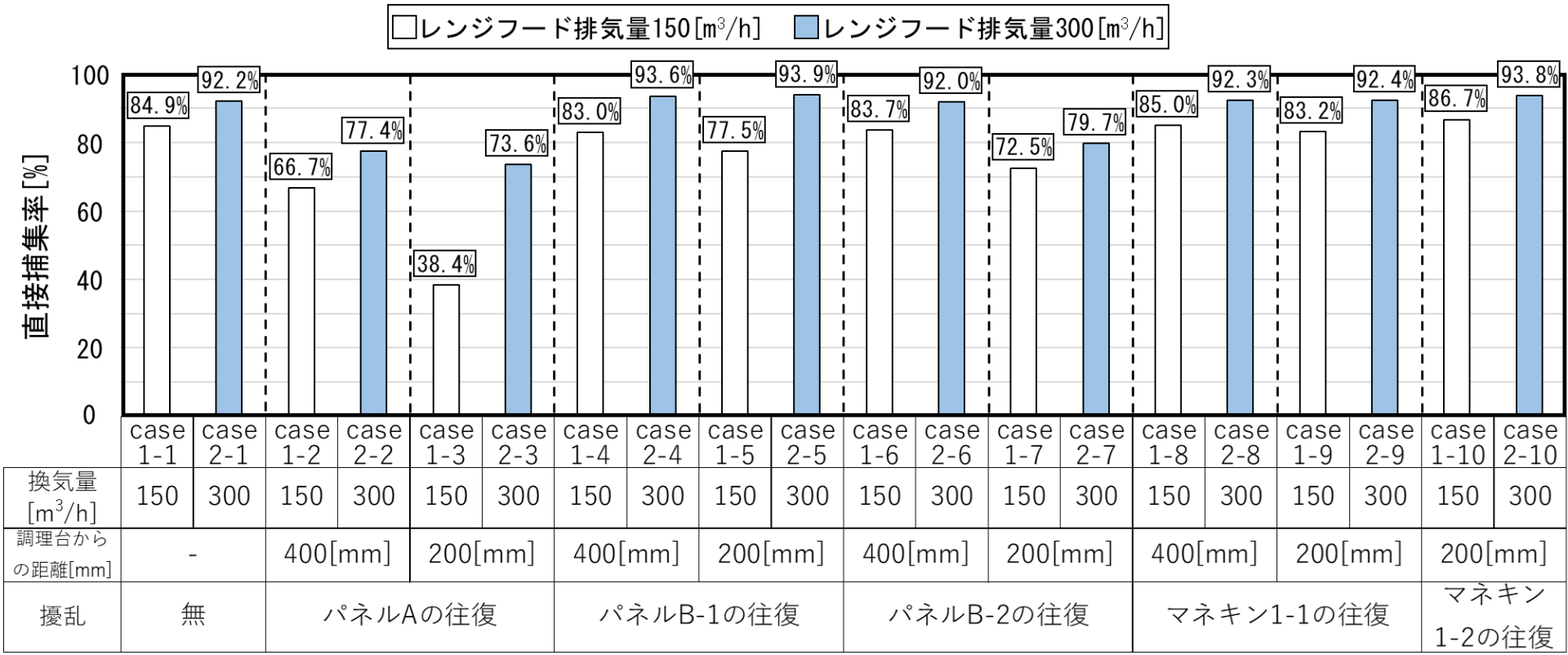


(e) マネキン1-2

図　擾乱発生装置の概要

パネルが移動する場合はパネル端部で剥離流が生じ、鍋上の上昇気流に影響を及ぼし直接捕集率が低下するが、マネキンのような角の無い物体が移動する場合は剥離流が殆ど生じず、鍋上の上昇気流に与える影響が少ないためと考えられる。

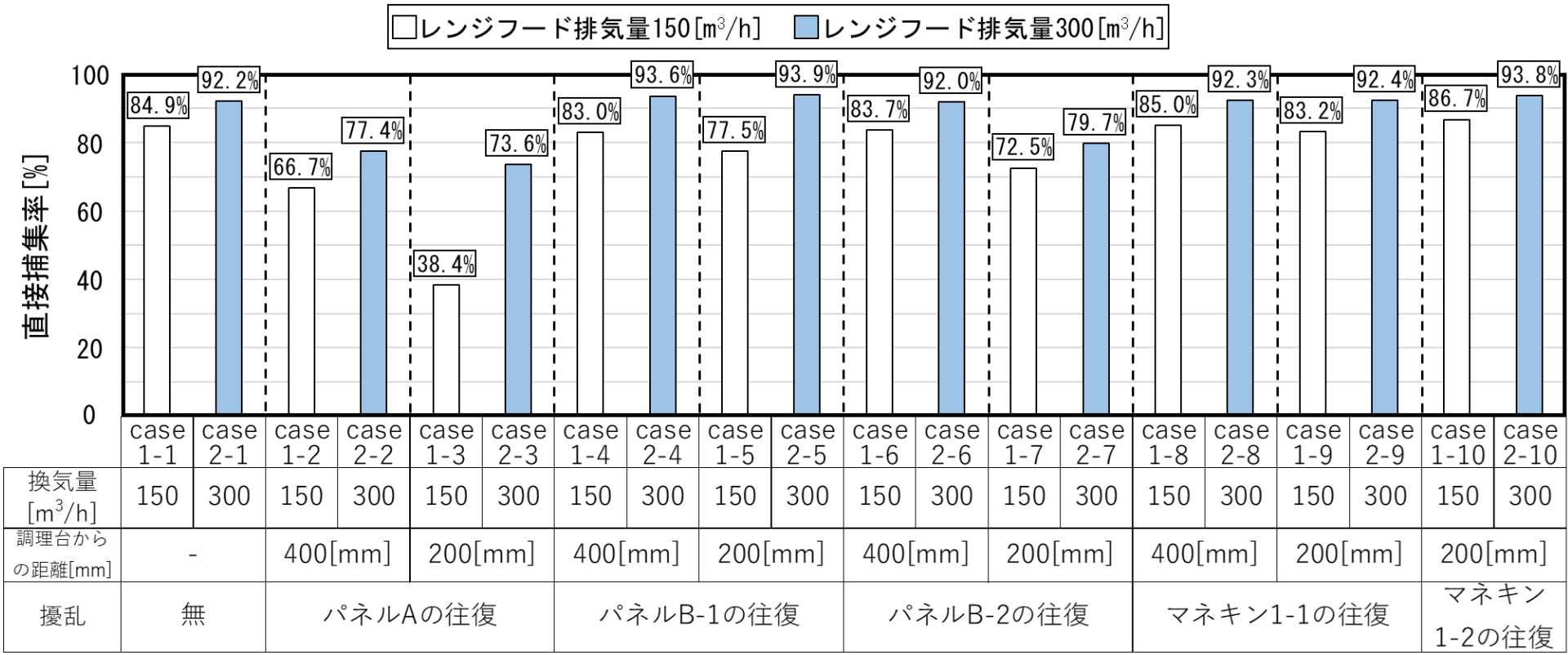
実験結果



	case 1-1	case 2-1	case 1-2	case 2-2	case 1-3	case 2-3	case 1-4	case 2-4	case 1-5	case 2-5	case 1-6	case 2-6	case 1-7	case 2-7	case 1-8	case 2-8	case 1-9	case 2-9	case 1-10	case 2-10
換気量 [m^3/h]	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300
調理台からの距離[mm]	-		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		200[mm]	
擾乱	無		パネルAの往復				パネルB-1の往復				パネルB-2の往復				マネキン1-1の往復				マネキン1-2の往復	

図　レンジフード排気量毎の直接捕集率の測定結果

実験結果

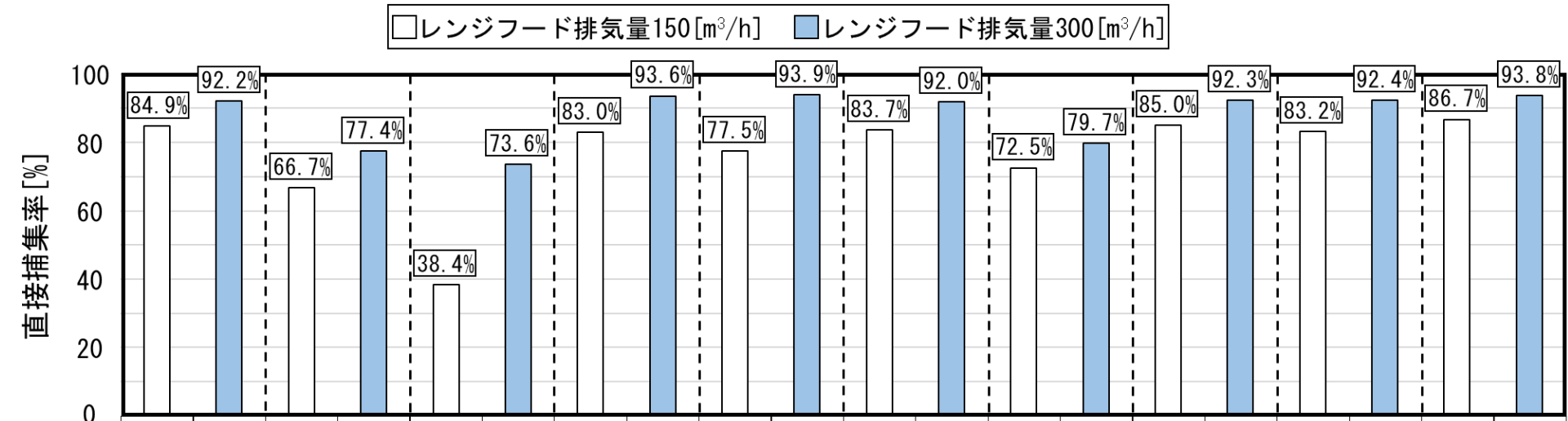


	case 1-1	case 2-1	case 1-2	case 2-2	case 1-3	case 2-3	case 1-4	case 2-4	case 1-5	case 2-5	case 1-6	case 2-6	case 1-7	case 2-7	case 1-8	case 2-8	case 1-9	case 2-9	case 1-10	case 2-10
換気量[m³/h]	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300
調理台からの距離[mm]	-		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		200[mm]	
擾乱	無		パネルAの往復				パネルB-1の往復				パネルB-2の往復				マネキン1-1の往復				マネキン1-2の往復	

図　レンジフード排気量毎の直接捕集率の測定結果

レンジフード排気量が150[m³/h]のcase1に比較して、レンジフード排気量が300[m³/h]のcase2では、直接捕集率は高くなる。

実験結果



	case 1-1	case 2-1	case 1-2	case 2-2	case 1-3	case 2-3	case 1-4	case 2-4	case 1-5	case 2-5	case 1-6	case 2-6	case 1-7	case 2-7	case 1-8	case 2-8	case 1-9	case 2-9	case 1-10	case 2-10
換気量[m^3/h]	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300	150	300
調理台からの距離[mm]	-		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		400[mm]		200[mm]		200[mm]	
擾乱	無		パネルAの往復				パネルB-1の往復				パネルB-2の往復				マネキン1-1の往復				マネキン1-2の往復	

図　レンジフード排気量毎の直接捕集率の測定結果

実験室の扉を開放し給気による擾乱を極力無くした場合、レンジフード排気量を増加させることでレンジ周りの人体擾乱が直接捕集率に及ぼす影響を低減することが可能であると考えられる。

まとめ

①擾乱の無い場合に比較して、パネルを往復させた場合の直接捕集率は低下する。また、パネルB-1、B-2(500[mm](幅)×500[mm](高さ))を往復させた場合に比較して、パネルA(500[mm](幅)×1,000[mm](高さ))を往復させた場合の直接捕集率は低下する。

②マネキンを往復させた場合の直接捕集率は、擾乱の無いcase1-1と殆ど同様である。パネルが移動する場合はパネル端部で剥離流が生じ、鍋上の上昇気流に影響を及ぼし直接捕集率が低下するが、マネキンのような角の無い物体が移動する場合は剥離流が殆ど生じず、鍋上の上昇気流に与える影響が少ないためと考えられる。

③実験室の扉を開放し、パネルやマネキンを往復させた場合、レンジフード排気量が150[m^3/h]のcase1に比較して、レンジフード排気量が300[m^3/h]のcase2では直接捕集率は高くなる。レンジフード排気量を増加させることで、レンジ周りの人体擾乱が直接捕集率に及ぼす影響を低減することが可能であると考えられる。