

表 8 モデル実験場における気中酢酸エチル濃度実測値及びCFD解析結果（その3）

		実験5		
気流		0.05m/s		
障害物		No1 & No2		
蒸発速度		281mg/min		
		実測値 (ppm)	解析値(ppm)	
測定点No	高さ(m)		乱流モデル	層流モデル
1	0.7	0.2	0.1	0.1
	0.9	0.2	0.1	0.1
	1.1	0.2	0.1	0.2
2	0.7	0.2	9.7	18.2
	0.9	0.2	14.2	42.0
	1.1	0.3	13.3	69.2
3	0.7	172.9	50.9	96.8
	0.9	3.2	57.6	32.0
	1.1	0.8	64.5	20.4
4	0.7	90.9	74.2	22.1
	0.9	1.2	77.3	22.1
	1.1	0.7	84.3	23.1
5	0.7	0.3	0.6	0.7
	0.9	0.1	0.9	1.5
	1.1	0.2	0.9	2.8
6	0.7	0.6	28.6	52.3
	0.9	0.8	90.9	84.3
	1.1	0.4	38.9	100.7
7	0.7	131.7	303.1	30.6
	0.9	18.1	67.6	24.2
	1.1	1.2	62.3	22.5
8	0.7	202.2	84.0	31.1
	0.9	4.2	156.0	26.6
	1.1	0.7	113.7	26.7
9	0.7	128.5	78.4	23.7
	0.9	1.7	92.6	24.6
	1.1	0.6	98.2	26.6
10	0.7	0.2	1.8	2.6
	0.9	0.2	3.1	4.6
11	0.7	9.5	64.2	41.4
	0.9	1.4	79.5	48.1
12	0.7	15.3	60.6	29.2
	0.9	0.8	73.1	30.0
13	0.7	5.3	129.9	36.1
	0.9	0.8	152.1	32.5
14	0.7	2.6	105.7	34.8
	0.9	0.3	137.1	26.7
最小値		0.1	0.1	0.1
最大値		202.2	303.1	100.7
算術平均		21.6	66.8	30.0
標準偏差		51.7	60.8	24.8
幾何平均		1.6	23.3	14.6
幾何標準偏差		9.10	9.55	6.00
第1評価値		69.9	1118.6	339.9
第2評価値		22.5	371.2	91.0

表8 モデル実験場における気中酢酸エチル濃度実測値及びCFD解析結果(その4)

		実験6			実験7		
		0.24m/s			0.15m/s		
		No.1 & No.2			No.1 & No.2		
		260mg/min			264mg/min		
測定点No.	高さ(m)	実測値 (ppm)	解析値(ppm)		実測値 (ppm)	解析値(ppm)	
			乱流モデル	層流モデル		乱流モデル	層流モデル
1	0.7	6.8	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
	0.9	3.3	0.0	0.0	2.3	0.1	0.0
2	0.7	97.9	3.1	5.5	26.1	4.7	8.9
	0.9	20.0	4.4	12.1	7.8	6.8	19.8
3	0.7	2.7	27.3	8.3	6.8	40.0	14.1
	0.9	2.8	28.6	7.4	4.5	43.7	12.6
4	0.7	2.8	50.3	4.4	4.5	75.4	7.1
	0.9	2.7	52.6	4.9	2.8	79.5	7.8
5	0.7	13.3	0.2	0.3	3.7	0.3	0.4
	0.9	9.9	0.3	0.6	2.5	0.4	0.9
6	0.7	13.5	8.6	19.8	23.5	13.7	31.1
	0.9	9.7	11.8	14.3	8.9	20.0	23.4
7	0.7	9.2	21.1	9.1	28.4	40.6	13.9
	0.9	10.5	14.5	7.5	7.1	27.8	12.0
8	0.7	3.7	45.0	24.7	9.2	67.0	39.8
	0.9	3.7	82.6	8.2	5.9	116.5	13.4
9	0.7	2.9	41.7	8.2	7.6	62.3	12.0
	0.9	2.6	45.0	4.9	6.2	67.6	7.8
10	0.7	8.1	0.6	1.1	4.8	0.9	1.7
	0.9	6.2	0.8	1.9	4.4	1.2	2.9
11	0.7	5.1	11.1	10.7	13.3	18.6	17.7
	0.9	5.4	9.4	4.3	8.3	16.0	7.2
12	0.7	4.9	10.0	8.5	31.0	16.2	13.1
	0.9	4.3	11.7	8.9	6.7	18.6	13.7
13	0.7	3.5	37.8	16.2	13.2	69.0	26.4
	0.9	3.1	51.2	11.5	5.2	89.8	17.4
14	0.7	3.0	51.2	17.9	10.3	80.1	27.4
	0.9	2.5	67.8	14.2	6.3	105.4	18.3
15	0.7	5.0	1.3	2.6	4.1	2.0	4.0
	0.9	4.0	1.5	3.5	4.3	2.4	5.5
16	0.7	2.7	7.2	2.4	8.9	12.3	3.9
	0.9	4.0	5.2	1.9	4.9	8.7	3.1
17	0.7	3.3	9.8	7.8	9.9	15.7	11.8
	0.9	2.5	10.4	7.3	3.4	16.8	11.2
18	0.7	2.7	16.7	5.5	8.9	30.0	8.6
	0.9	1.9	18.0	6.0	3.6	32.5	9.7
19	0.7	2.7	26.2	8.2	7.1	43.1	15.9
	0.9	2.0	27.3	9.1	5.2	45.9	17.2
最小値		1.9	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0
最大値		97.9	82.6	24.7	31.0	116.5	39.8
算術平均		7.8	21.4	7.6	8.5	34.0	12.2
標準偏差		15.5	21.5	5.7	7.1	32.7	9.0
幾何平均		4.7	8.5	4.7	6.7	13.3	7.3
幾何標準偏差		2.17	6.34	3.69	1.93	6.88	4.03
第1評価値		25.5	215.7	52.8	31.4	382.0	93.4
第2評価値		8.0	58.6	13.9	10.4	106.7	24.2

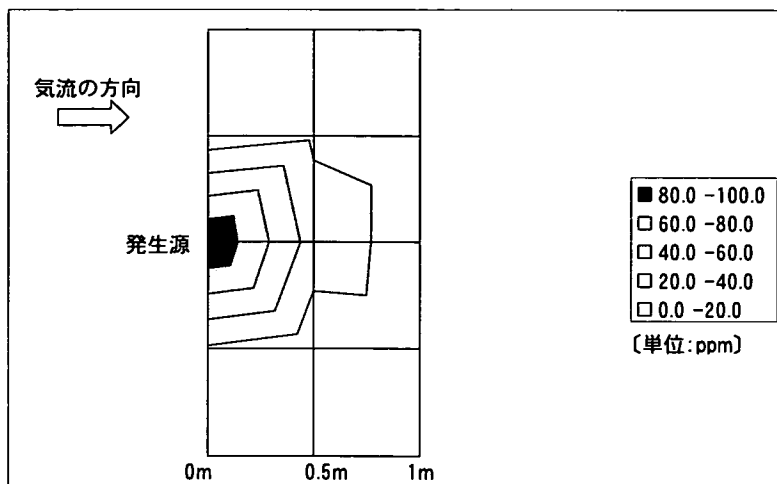


図 27 実験 1 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

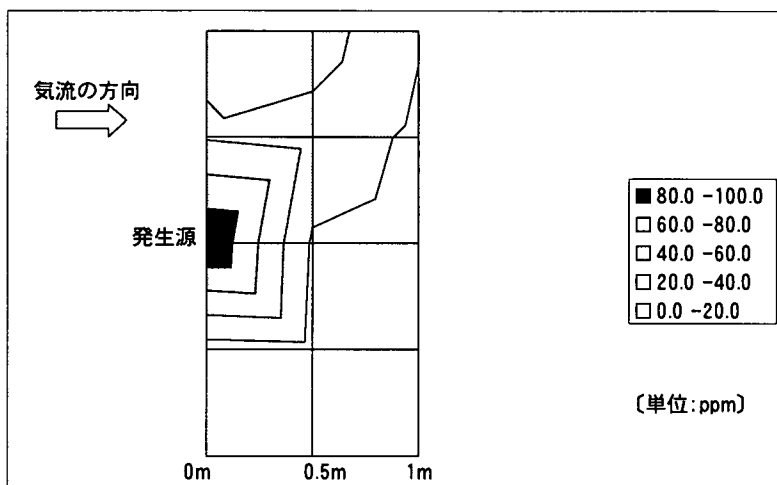


図 28 実験 1 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

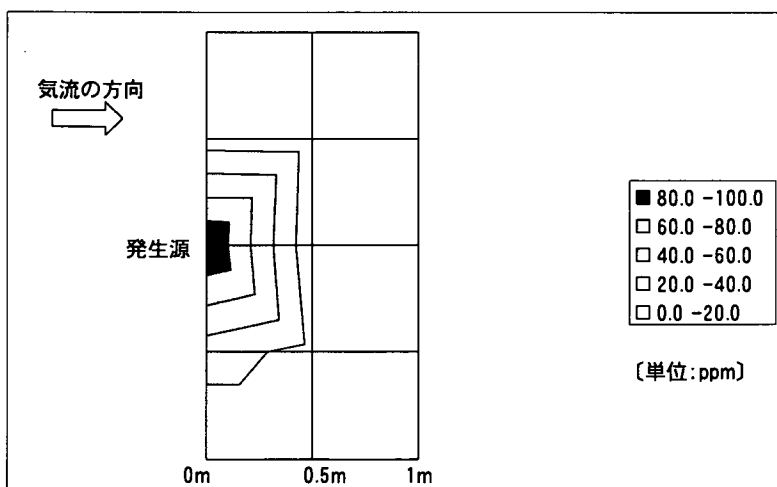


図 29 実験 1 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

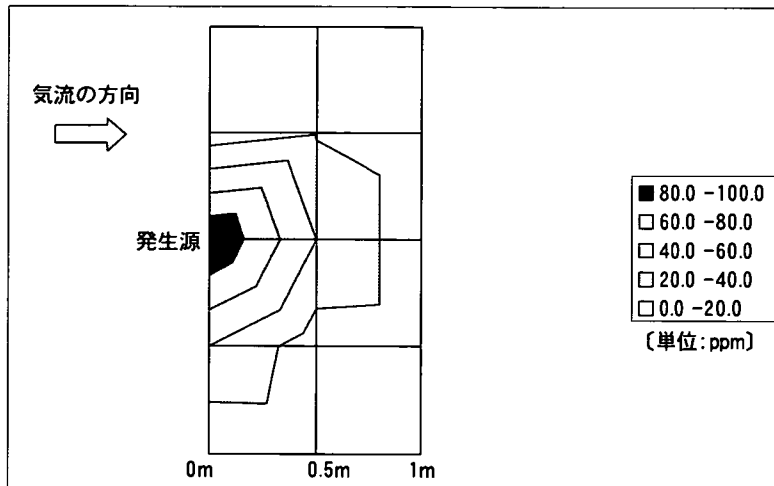


図 30 実験 1 の床上 0.9m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

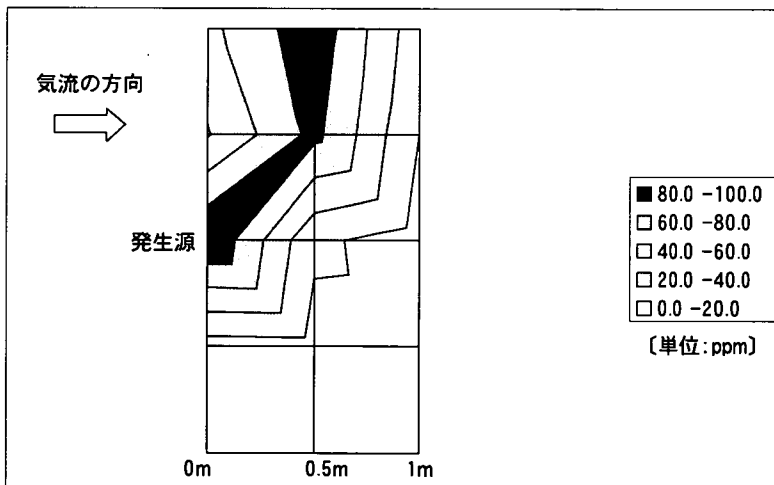


図 31 実験 1 の床上 0.9m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

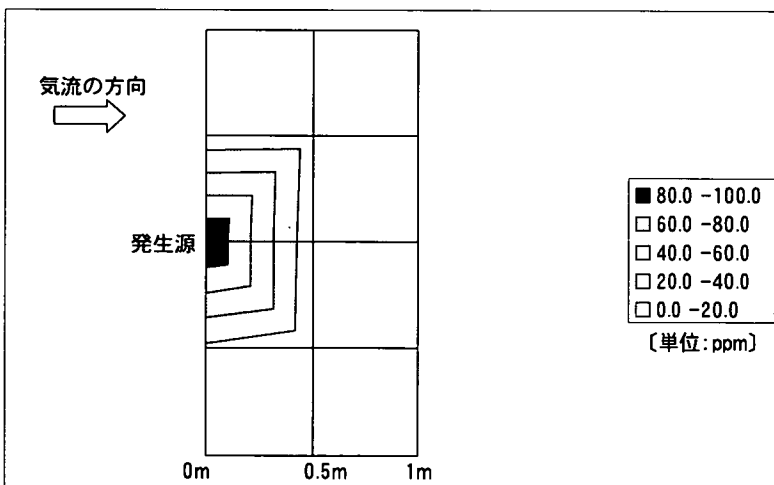


図 32 実験 1 の床上 0.9m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

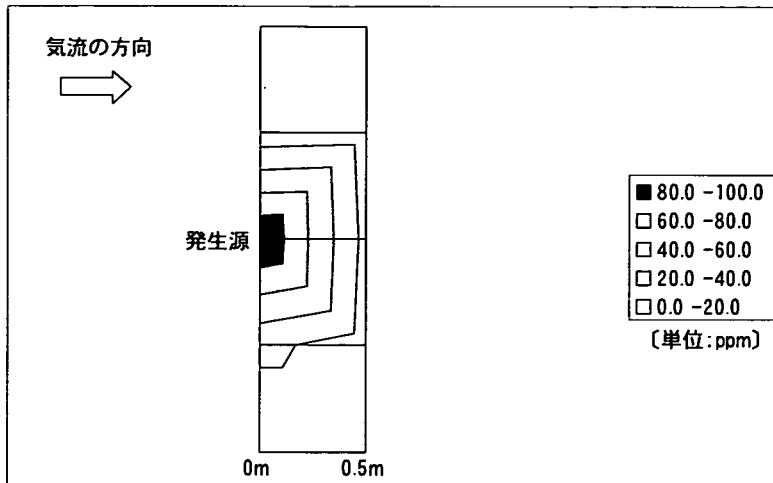


図 33 実験 1 の床上 1.1m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

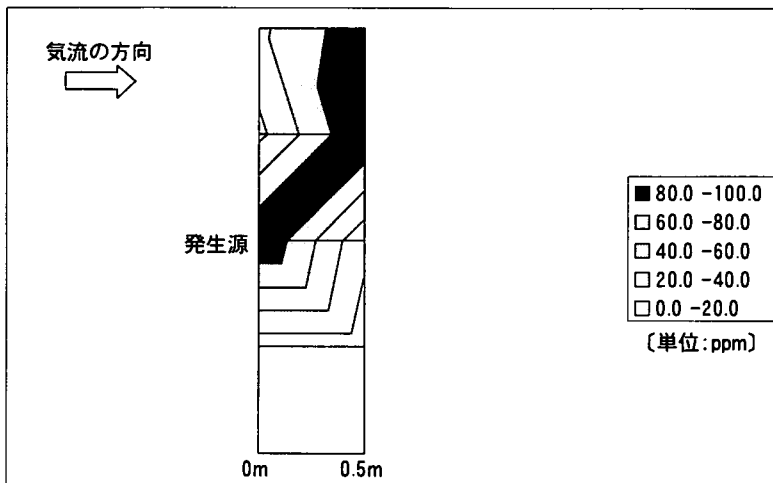


図 34 実験 1 の床上 1.1m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

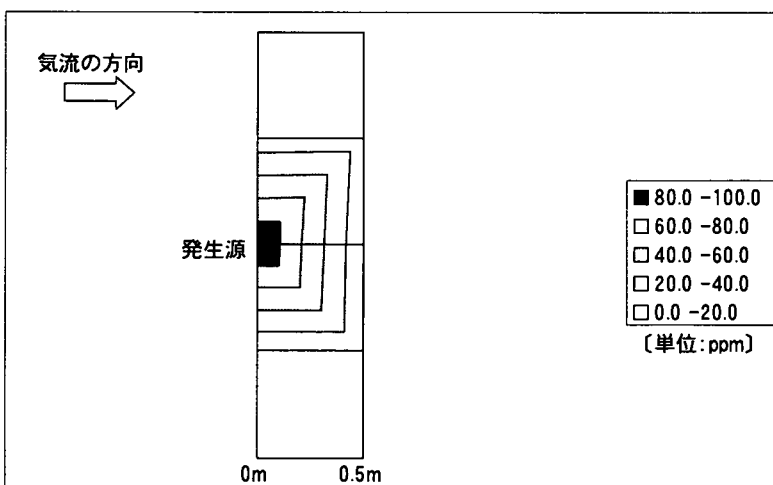


図 35 実験 1 の床上 1.1m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

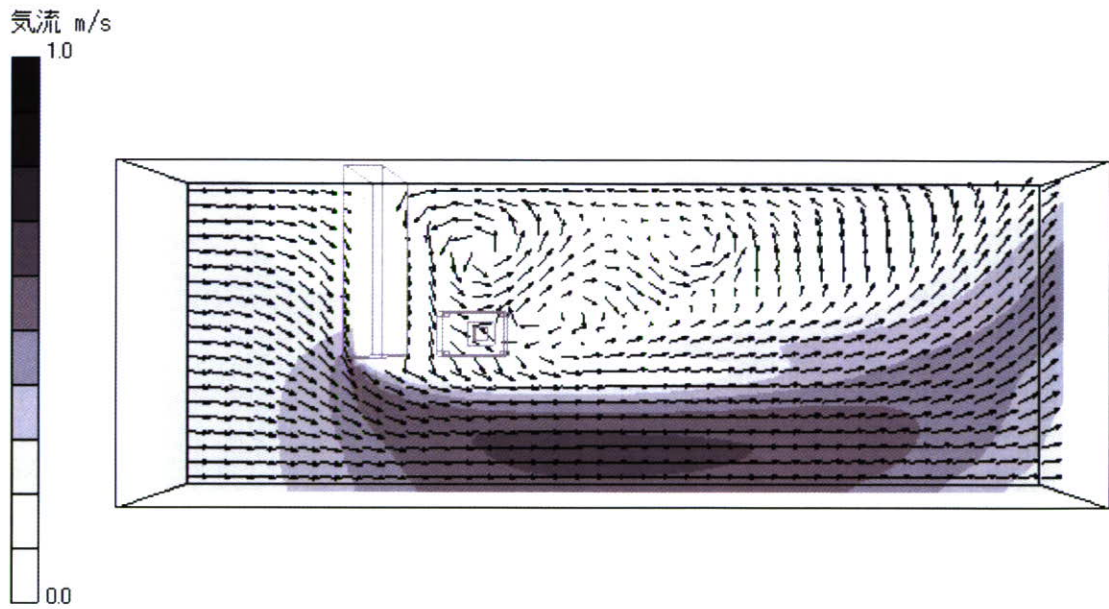


図 36 実験 1 の床上 0.9mにおける気流の方向と速度分布の乱流モデル解析結果

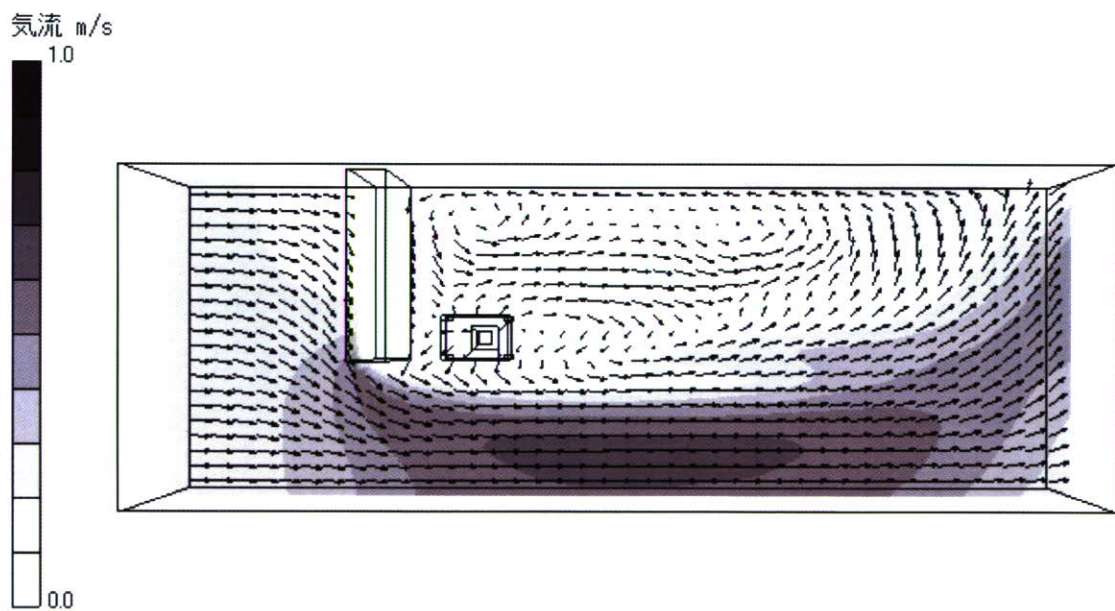


図 37 実験 1 の床上 0.9mにおける気流の方向と速度分布の層流モデル解析結果

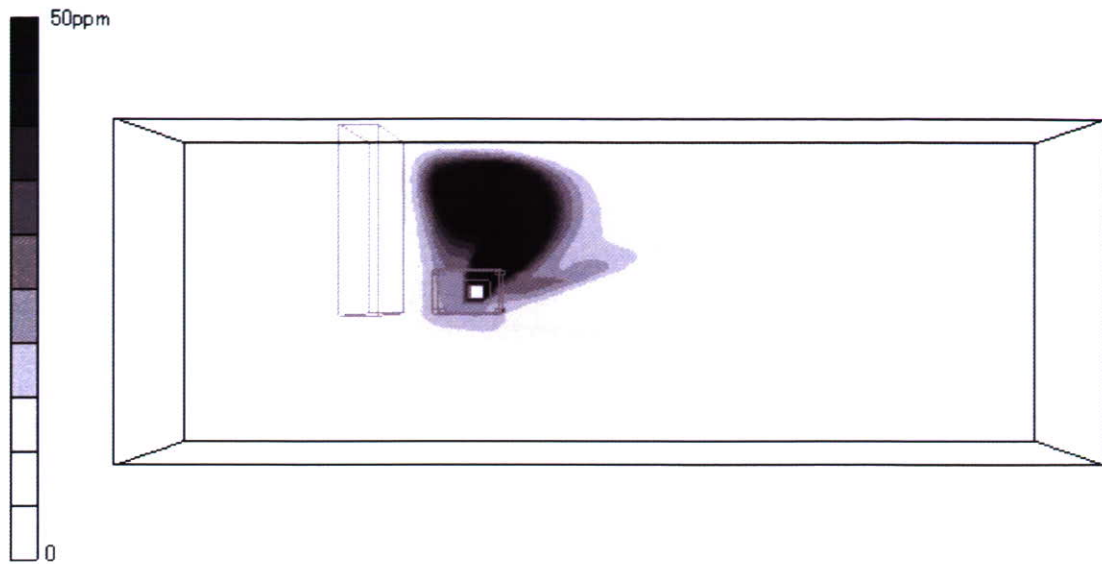


図 38 実験 1 の床上 0.9mにおける酢酸エチルの濃度分布の乱流モデル解析結果

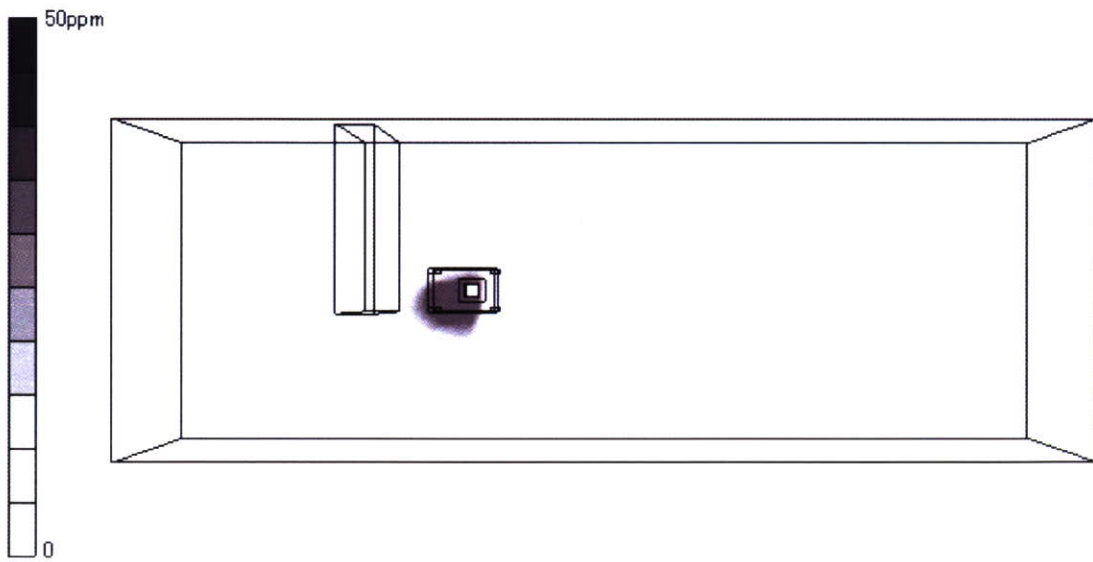


図 39 実験 1 の床上 0.9mにおける酢酸エチルの濃度分布の層流モデル解析結果

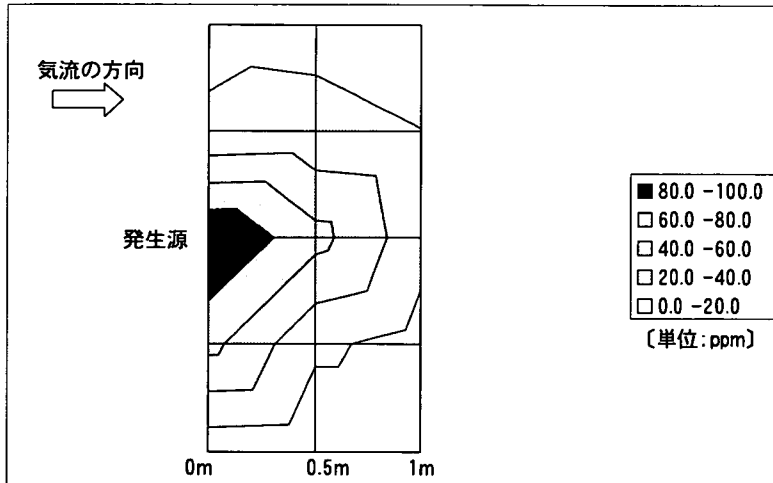


図 40 実験 2 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

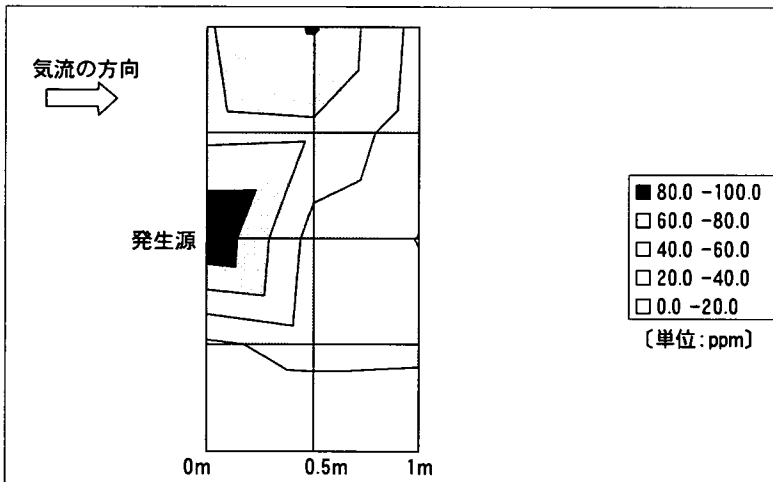


図 41 実験 2 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

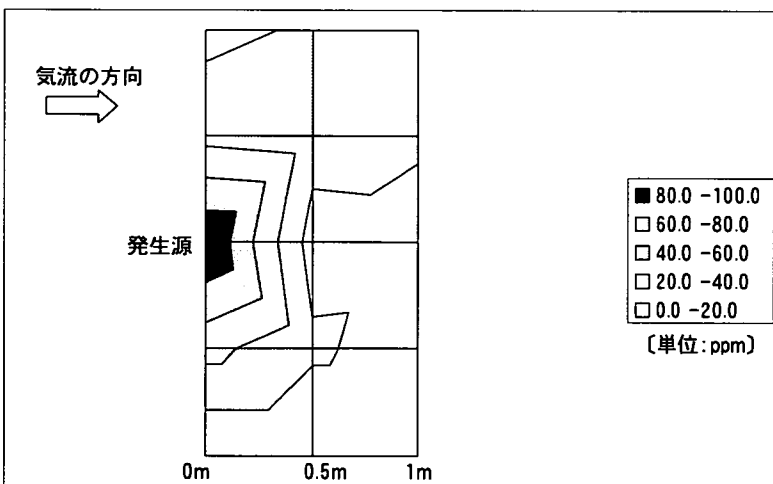


図 42 実験 2 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

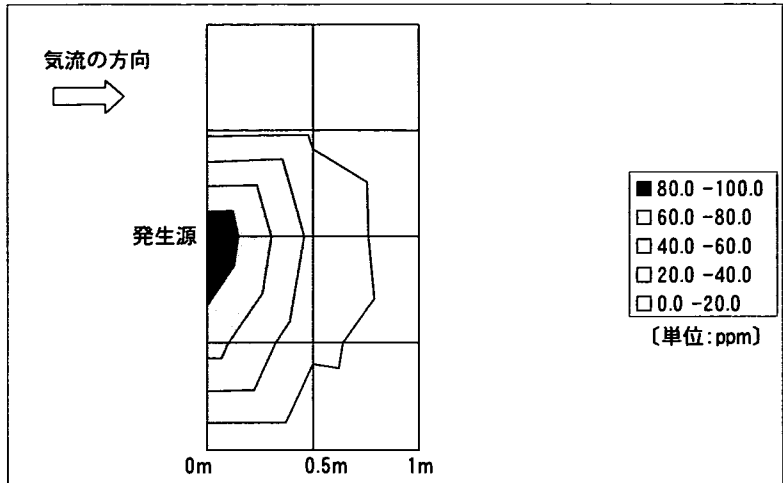


図 43 実験 2 の床上 0.9m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

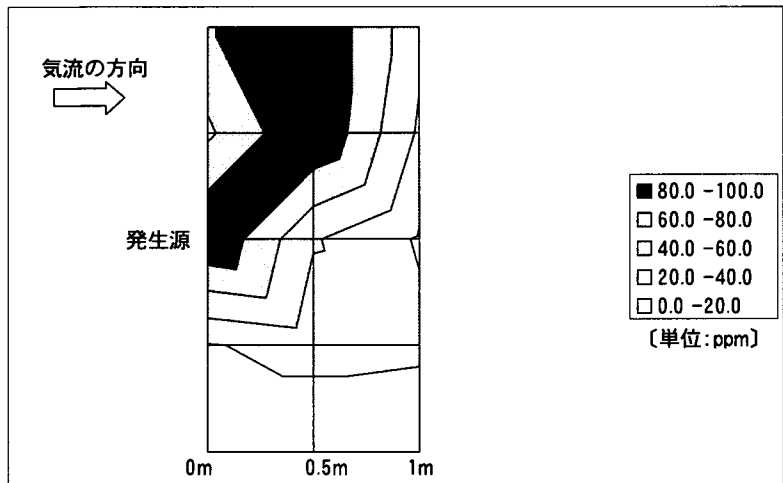


図 44 実験 2 の床上 0.9m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

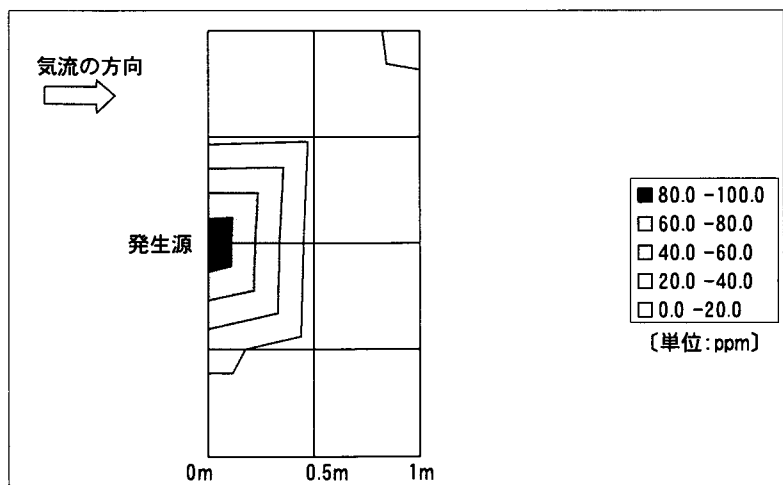


図 45 実験 2 の床上 0.9m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

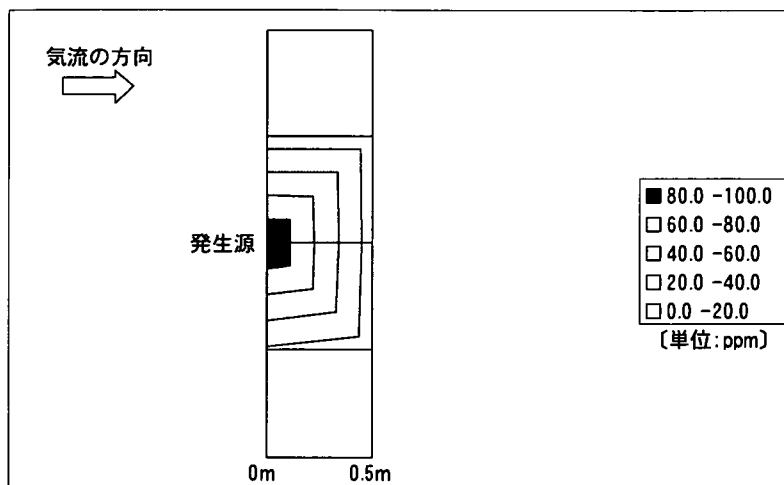


図 46 実験 2 の床上 1.1m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

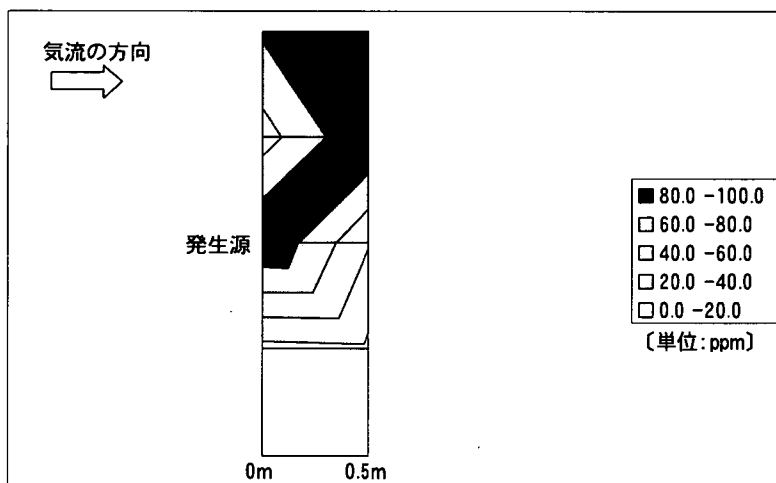


図 47 実験 2 の床上 1.1m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

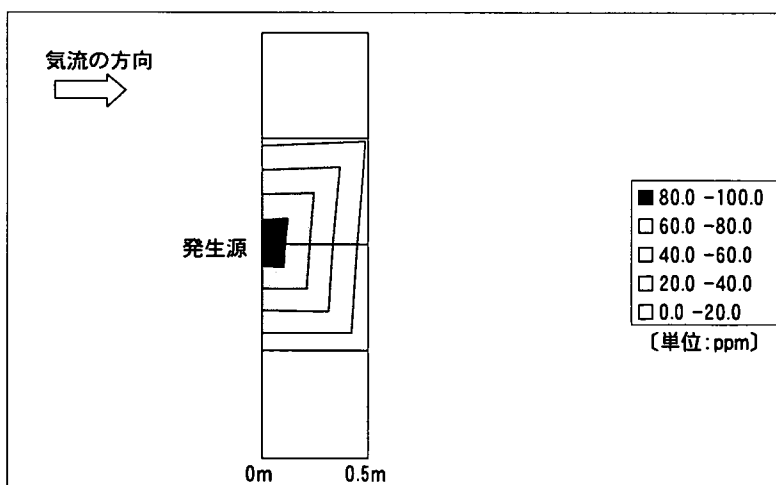


図 48 実験 2 の床上 1.1m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

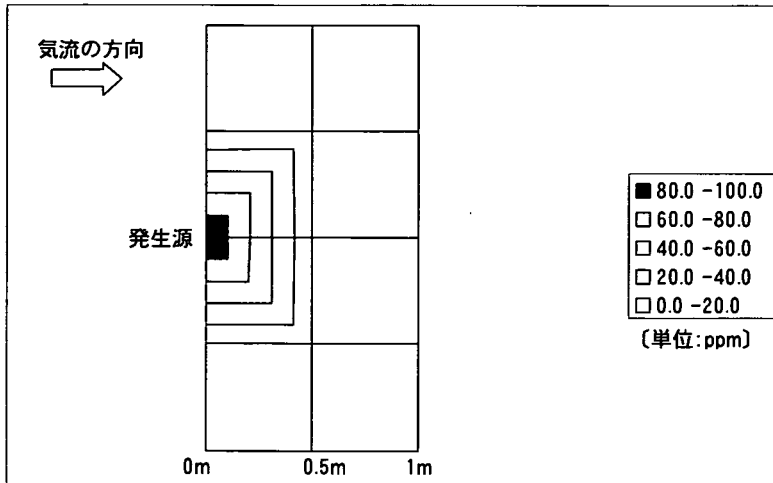


図 49 実験 3 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

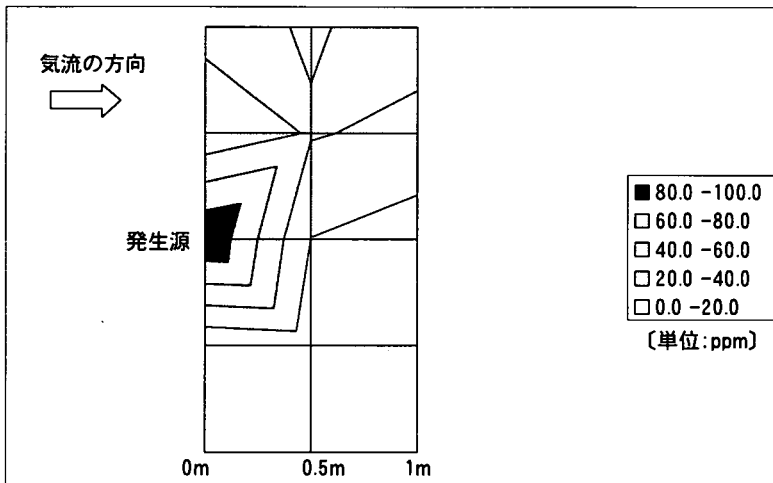


図 50 実験 3 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

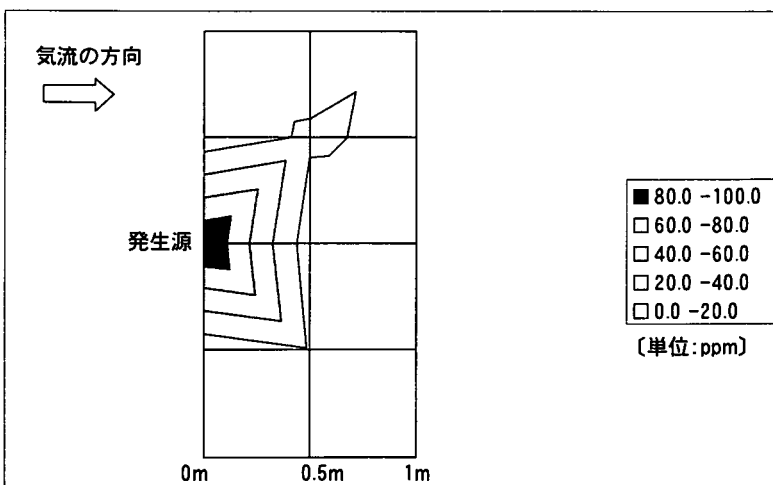


図 51 実験 3 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

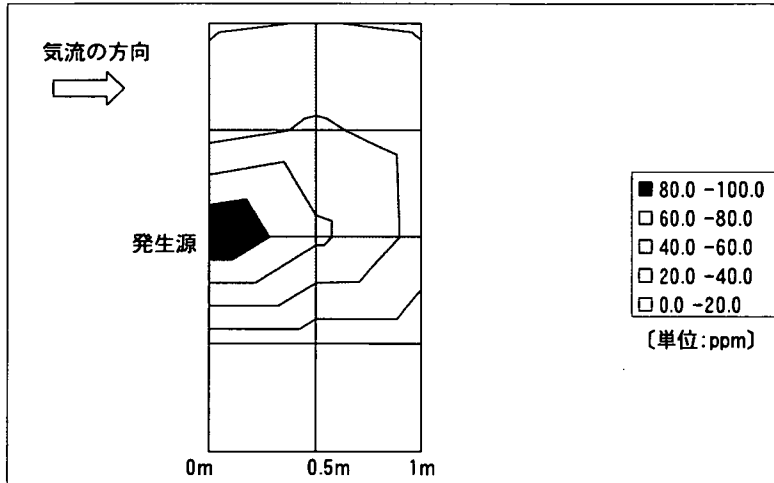


図 52 実験 4 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

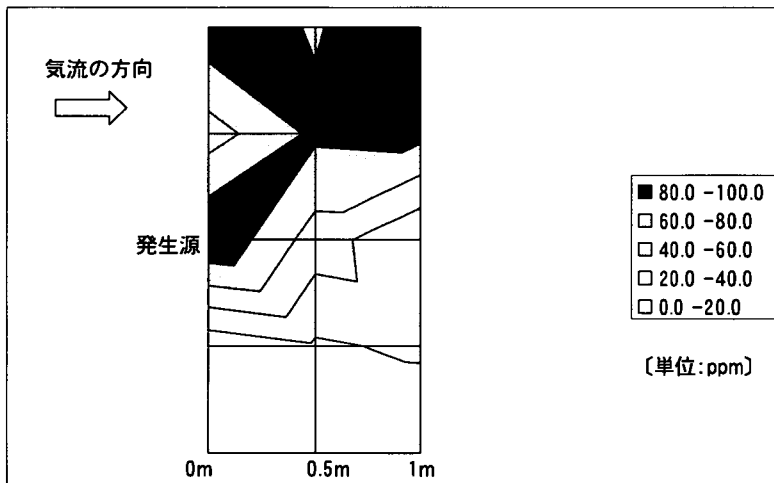


図 53 実験 4 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

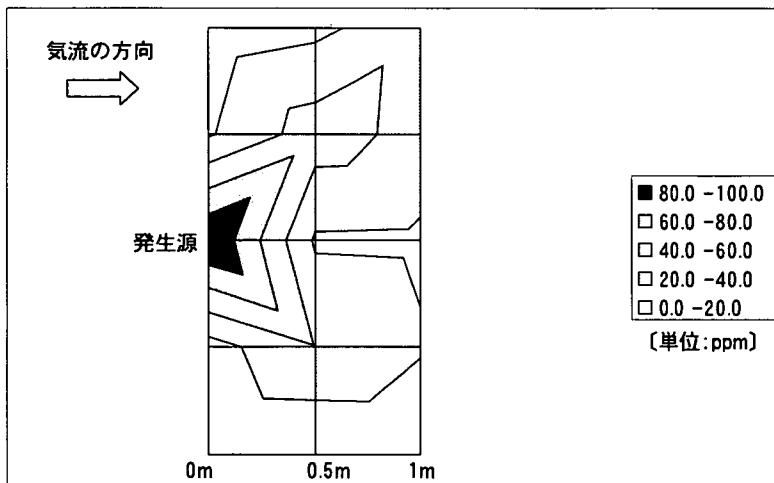


図 54 実験 4 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

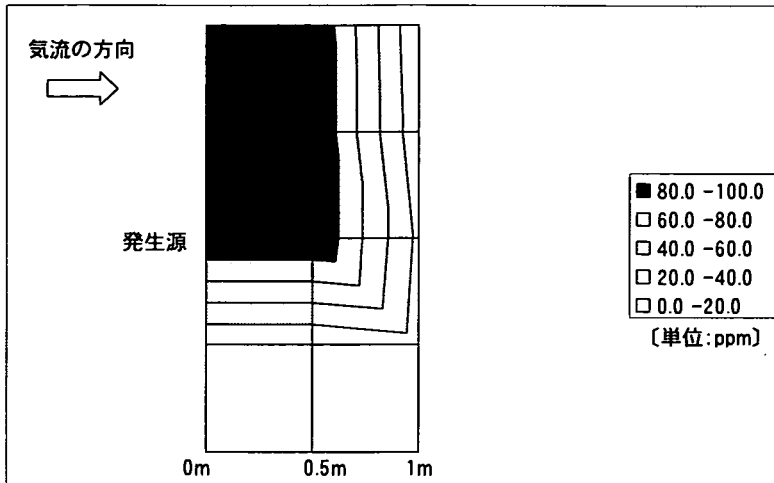


図 55 実験 5 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

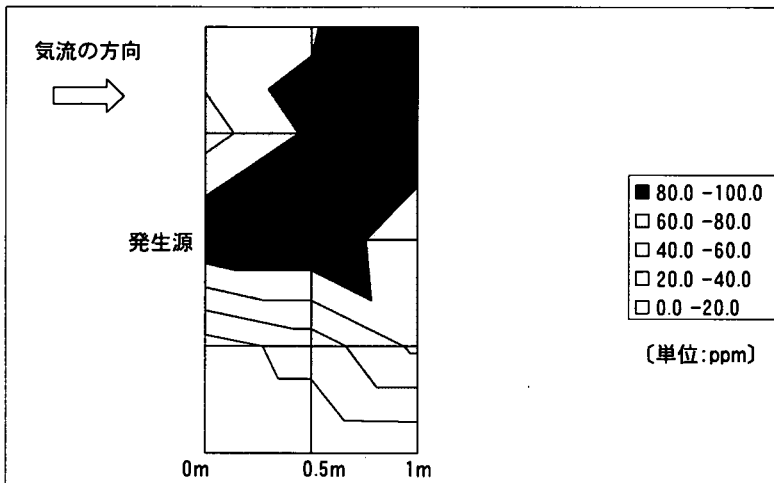


図 56 実験 5 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

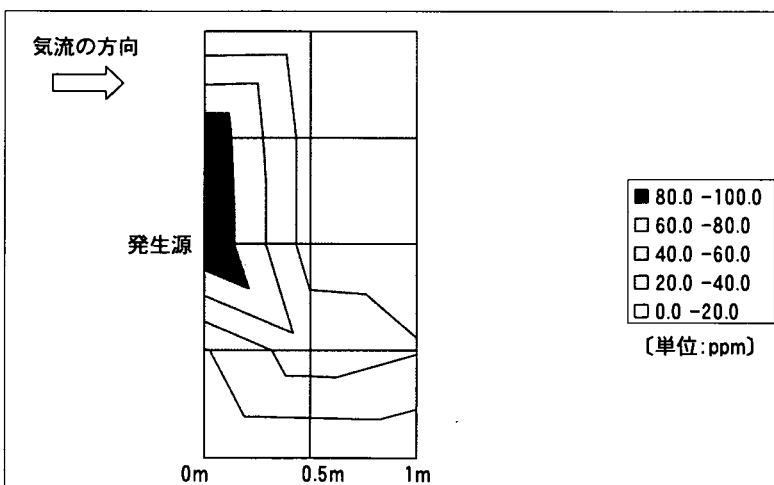


図 57 実験 5 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

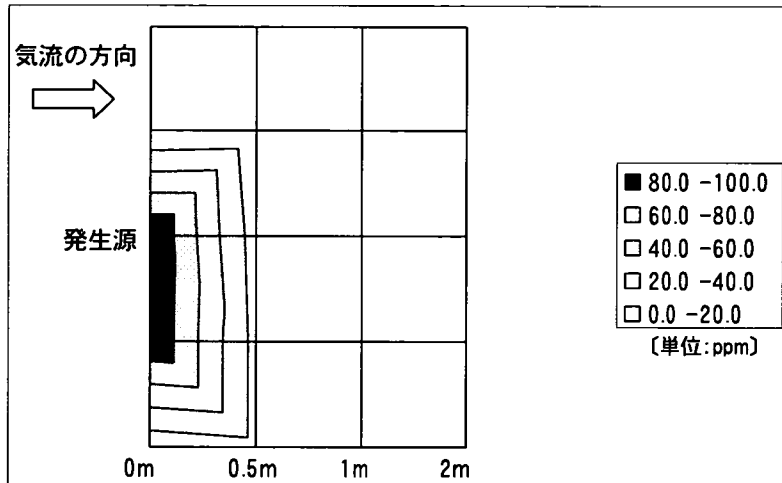


図 58 実験 6 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

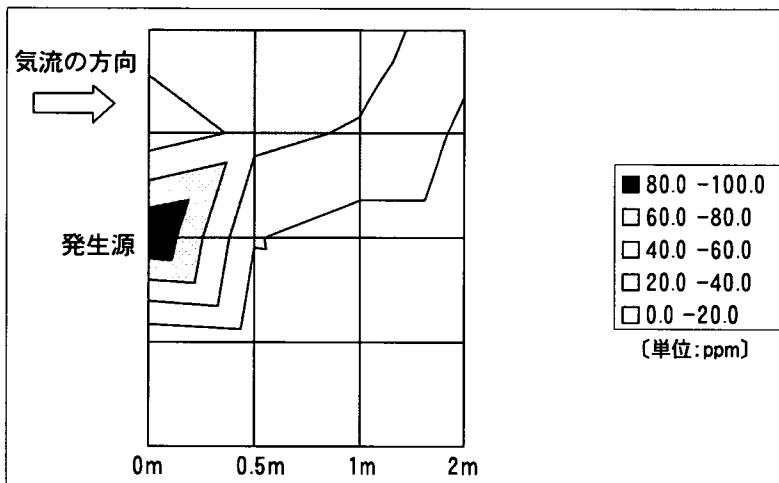


図 59 実験 6 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

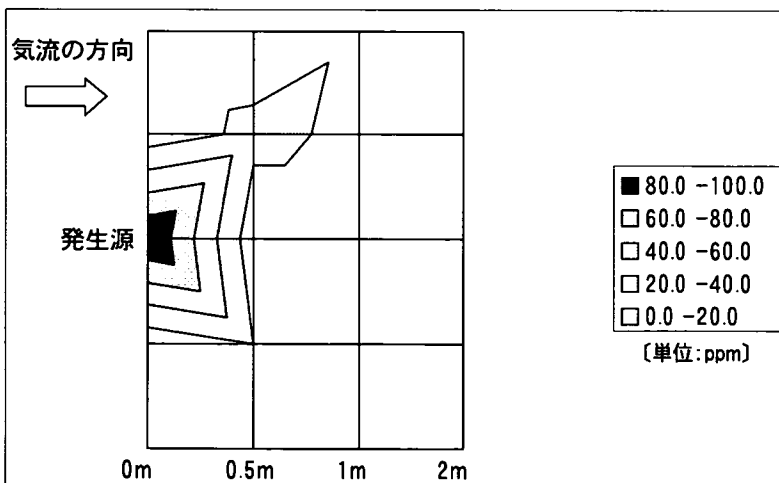


図 60 実験 6 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

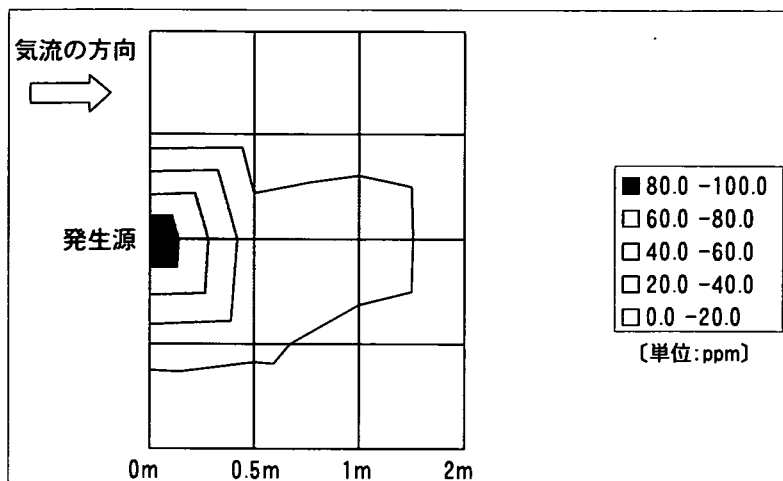


図 61 実験 7 の床上 0.7m における実測値の気中酢酸エチル濃度の分布

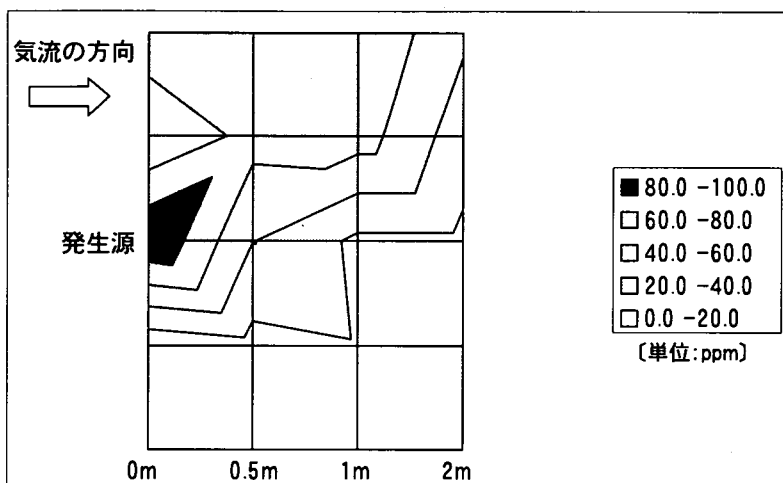


図 62 実験 7 の床上 0.7m における乱流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

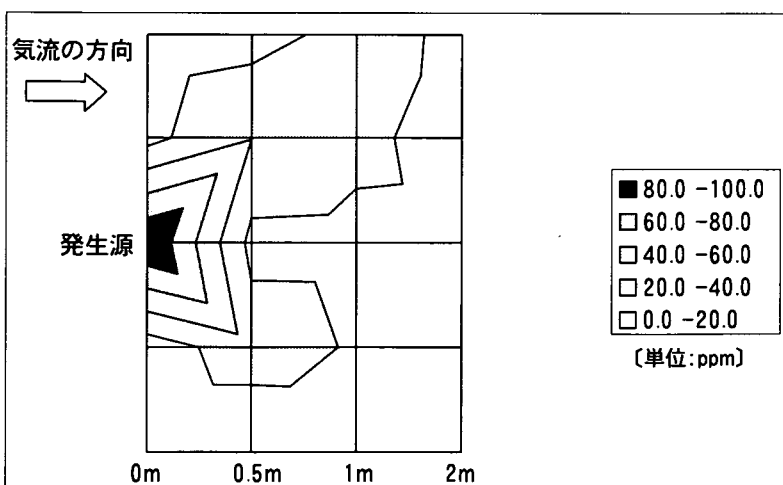


図 63 実験 7 の床上 0.7m における層流モデルで得られた気中酢酸エチル濃度の分布

3 作業場での測定結果と CFD 解析結果との比較

3.1 作業場の概要

単位作業場所では、コイルのワニス含浸作業が行われていた。鉄製のかごに並べたコイルをかごとワニス槽に入れ、ワニスをコイルに含浸させた。その後、ワニス槽の上で液きり・自然乾燥を行い、別の作業場に搬出した。ワニスはシンナーで希釈して使用されており、キシレンが約 50%、トルエンが約 25%含有されていた。ワニス槽には、側方吸引型外付け式フードの局所排気装置（以下「局排」という。）が設置されており、ワニス槽から発生する有機溶剤蒸気の作業環境空気中への拡散は抑制されていた。また、ワニス槽の上で液きり・自然乾燥するときにも同じ局排により有機溶剤蒸気の作業環境空気中への拡散は抑制されていた。

3.2 作業環境測定結果

作業環境測定の結果を表 9 に示した。

評価結果は、第 1 管理区分であり、作業環境管理状態は良好であった。

表 9 ワニス含浸作業場所の作業環境測定結果 [単位：ppm]

管理濃度等	トルエン		キシレン		エチルベンゼン		E=1
	E ₁ =50		E ₂ =50		E ₃ =50		
No.	C ₁	C ₁ / E ₁	C ₂	C ₂ / E ₂	C ₃	C ₃ / E ₃	ΣCi/Ei
1	<1	0.02	<1	0.02	<1	0.02	0.06
2	<1	0.02	<1	0.02	<1	0.02	0.06
3	2	0.04	<1	0.02	<1	0.02	0.08
4	<1	0.02	<1	0.02	<1	0.02	0.06
5	2	0.04	<1	0.02	1	0.02	0.08
B	4	0.08	2	0.04	4	0.08	0.20
A 測定	幾何平均値		M ₁ = 0.07		M = 0.07		
	幾何標準偏差		σ ₁ = 1.17		σ = 1.99		
	第 1 評価値		E _{A1} = 0.21				
	第 2 評価値		E _{A2} = 0.09				
B 測定			C _B = 0.20				
評価結果	A 測定の結果		区分 1				
	B 測定の結果		区分 1				
	管理区分		第 1 管理区分				

A 測定の結果は、作業場は平均的に気中有機溶剤濃度が低い状態にあることを示していた。B 測定はコイルを入れたかごのワニス槽での入替え時に行った。B 測定点で気中有機溶剤濃度の上昇が見られるが、改善が必要なほどの状態ではないことを示していた。また、B 測定を行った時間帯に、液きり・自然乾燥後のコイルを入れたかごを別の作業場に移動させる途中で作業場の中央付近に約 3 分間放置した。

3.3 加熱脱着分析用捕集管による連続測定の結果

加熱脱着分析用捕集管による連続測定の結果を表 10 に示した。

全測定点の幾何平均値はトルエンが 1.2ppm、キシレンが 1.6ppm で、幾何標準偏差はトルエンが 1.32、キシレンが 1.20 で、この連続測定の結果からも作業場は平均的に気

中有機溶剤濃度が低い状態にあることを示していた。

表 10 加熱脱着分析用捕集管による 126 分間の連続測定の結果

測定点No.	高さ(m)	トルエン(ppm)	キシレン(ppm)
1	0.9	1.1	1.9
	1.2	1.1	1.7
	1.5	1.0	1.7
2	0.9	1.3	2.3
	1.2	1.1	1.9
	1.5	1.1	1.7
3	0.9	1.2	1.9
	1.2	1.1	1.7
	1.5	1.1	1.7
4	0.9	1.5	2.3
	1.2	1.2	1.9
	1.5	1.2	1.8
5	0.9	1.4	1.8
	1.2	1.3	1.7
	1.5	1.1	1.5
6	0.9	1.3	1.8
	1.2	1.1	1.5
	1.5	1.0	1.4
7	0.9	1.1	1.7
	1.2	1.0	1.5
	1.5	0.9	1.4
8	0.9	1.7	2.1
	1.2	1.6	2.0
	1.5	1.4	1.8
9	0.9	1.4	1.9
	1.2	1.3	1.7
	1.5	1.2	1.7
10	0.9	1.0	1.3
	1.2	1.0	1.4
	1.5	0.9	1.3
11	0.9	2.4	2.0
	1.2	1.8	1.8
	1.5	1.3	1.5
12	0.9	1.4	1.5
	1.2	1.1	1.4
	1.5	0.9	1.3
13	0.9	0.9	1.2
	1.2	0.8	1.2
	1.5	0.8	1.2
14	0.9	2.2	2.1
	1.2	1.6	1.7
	1.5	1.2	1.6
15	0.9	0.7	1.1
	1.2	0.7	1.1
	1.5	0.6	1.2
最小		0.6	1.1
最大		2.4	2.3
幾何平均		1.2	1.6
幾何標準偏差		1.32	1.20

※キシレンにはエチルベンゼンを含む

3.4 VOC モニターによるリアルタイム連続測定の結果

作業環境測定の実験点No.5の床1.2mで実施したVOCモニターによるリアルタイム連続測定の結果を図64に示した。

液きり・自然乾燥後のコイルが入ったかごを別の作業場に移動させる際に、かごを作業場の中央に約3分間置いた。そのかごの風下側のVOCモニターの相対濃度とその間に急激に上昇したが、移動後は速やかにほぼ元の濃度に下がった。

VOCモニターによるリアルタイム連続測定の相対濃度の算術平均値は4.4であったが、VOCモニターの測定点近くの加熱脱着分析用捕集管による連続測定点No.4の床1.2mの測定結果はトルエンが1.2ppm、キシレンが1.9ppmであった。気中有機溶剤の成分組成比が測定中変化しなかったとすると、VOCモニターの相対濃度に、トルエンであれば0.27(1.2/4.4)を、キシレンであれば0.43(1.9/4.4)を乗ずれば、それぞれの気中濃度を算出することができる。したがって、液きり・自然乾燥後のコイルが入ったかごを移動させたときには、リアルタイム連続測定点ではトルエンが平均5.5ppm、キシレンが平均8.8ppmであり、それ以外の時にはトルエンが平均1.1ppm、キシレンが平均1.7ppmであったと考えられる。(表11参照)

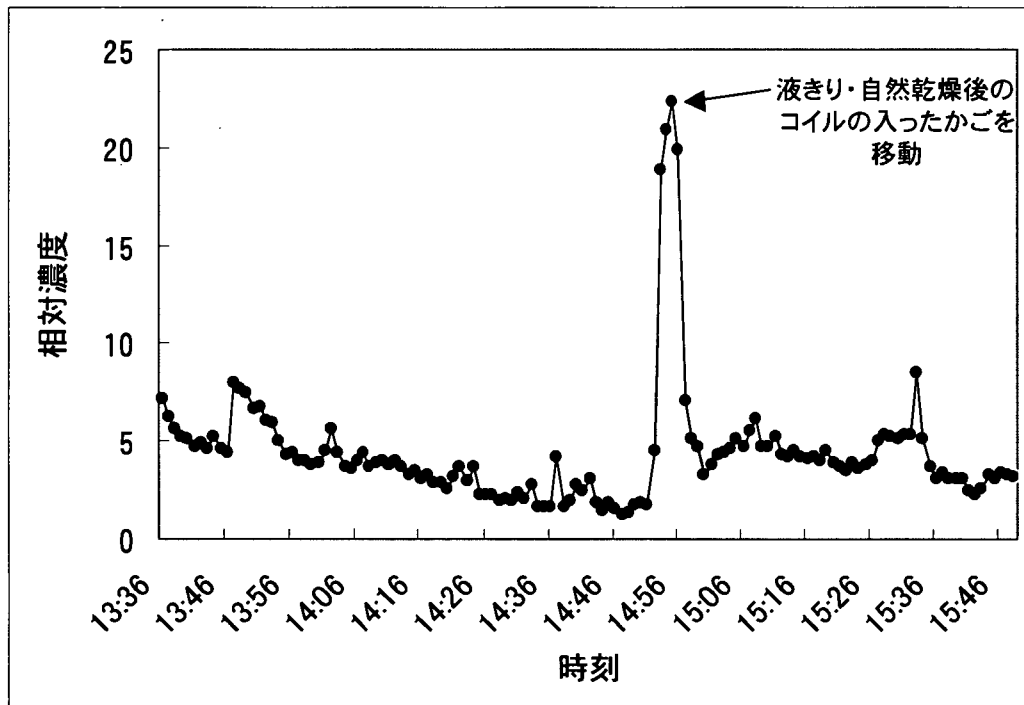


図64 作業環境測定の実験点No.5におけるリアルタイム連続測定の結果

表 11 A 測定点No.5 における VOC モニターによるリアルタイム連続測定及び
連続測定点No.4 における加熱脱着分析用捕集管による測定の結果並びに
トルエン及びキシレンの推定濃度

	VOC モニター 相対濃度	加熱脱着分析用捕集管	
		トルエン (ppm)	キシレン (ppm)
全平均濃度	4.4	1.2	1.9
	VOC モニター 相対濃度	トルエンの 推定濃度 (ppm)	キシレンの 推定濃度 (ppm)
高濃度時の平均濃度	20.5	5.5	8.8
低濃度時の平均濃度	3.9	1.1	1.7

※高濃度時とは、液きり・自然乾燥後のコイルが入ったかごを移動させたとき。低濃度時とは、高濃度時以外のとき。高濃度時及び低濃度時の平均濃度は、相対濃度にそれぞれ全平均濃度から求めた係数を乗じて算出した。

3.5 CFD 解析によるシミュレーション結果

(1) 気流の解析結果

Flow Designer に作業場の大きさ、主な設備、出入口、局排の条件を入力し、定常解析で得られた床上 1.2m の気流のシミュレーション結果を気流の方向及びコンターで図 65 に示した。

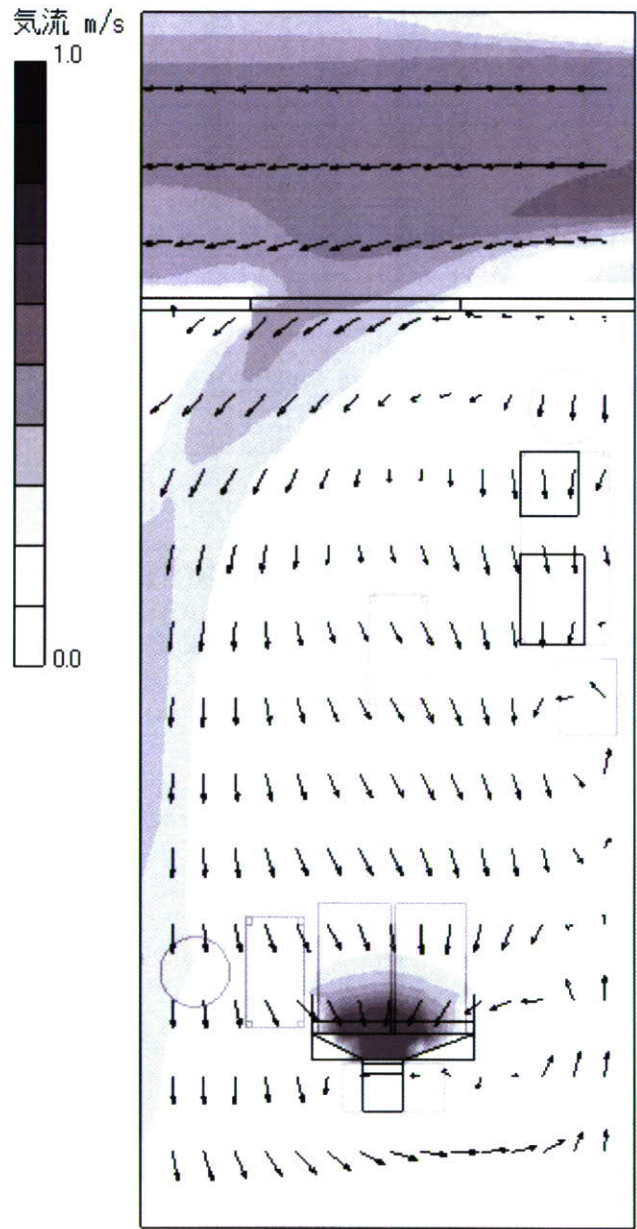


図 65 床上 1.2mにおける気流の方向及び速度分布のシミュレーション結果