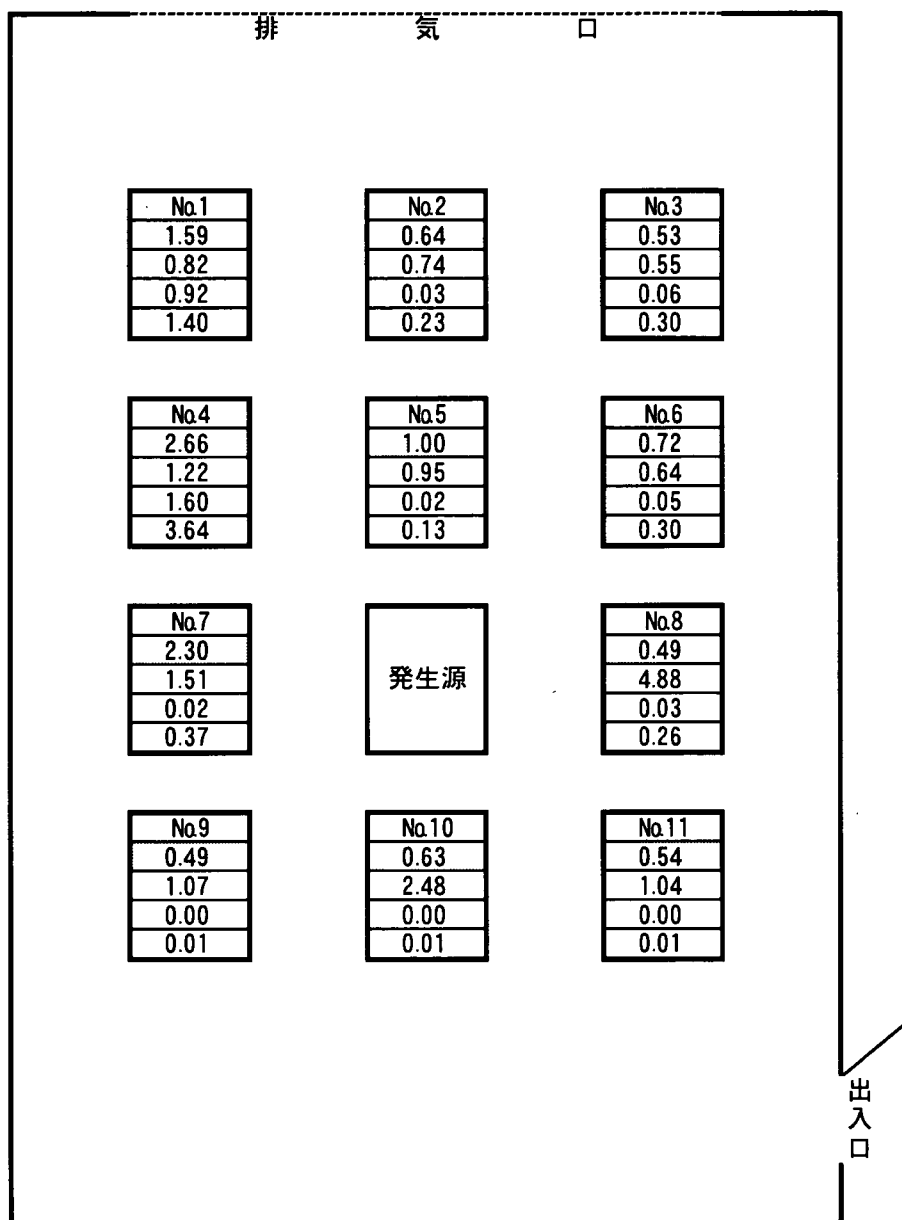


表3 モデル実験場におけるトルエン濃度の測定結果及びCFD解析結果

解析範囲		トルエン濃度解析結果(ppm)			トルエン濃度の 実測値 (ppm)
		実験場内	実験場外 を含む	実験場外 を含む	
		解析時の給気口 測定点No. 高さ(m)	自然流入	自然流入	
1	1.5	0.82	0.92	1.40	1.59
	1.2	0.85	1.81	1.75	1.91
	0.9	0.87	3.10	1.82	2.34
2	1.5	0.74	0.03	0.23	0.64
	1.2	0.77	0.02	0.21	0.79
	0.9	0.81	0.01	0.17	1.15
3	1.5	0.55	0.06	0.30	0.53
	1.2	0.57	0.06	0.31	0.59
	0.9	0.50	0.05	0.32	0.89
4	1.5	1.22	1.60	3.64	2.66
	1.2	1.91	3.18	4.57	3.97
	0.9	1.12	4.21	3.30	4.56
5	1.5	0.95	0.02	0.13	1.00
	1.2	1.02	0.03	0.09	1.09
	0.9	1.03	0.03	0.04	1.55
6	1.5	0.64	0.05	0.30	0.72
	1.2	0.57	0.05	0.30	0.61
	0.9	0.42	0.03	0.27	0.87
7	1.5	1.51	0.02	0.37	2.30
	1.2	1.38	0.01	0.18	2.89
	0.9	0.99	0.01	0.06	2.79
8	1.5	4.88	0.03	0.26	0.49
	1.2	5.75	0.01	0.18	0.59
	0.9	3.13	0.00	0.11	0.86
9	1.5	1.07	0.00	0.01	0.49
	1.2	0.90	0.00	0.00	0.50
	0.9	0.59	0.00	0.00	0.51
10	1.5	2.48	0.00	0.01	0.63
	1.2	1.98	0.00	0.00	0.93
	0.9	1.08	0.00	0.00	0.87
11	1.5	1.04	0.00	0.01	0.54
	1.2	0.77	0.00	0.01	0.74
	0.9	0.43	0.00	0.00	0.99

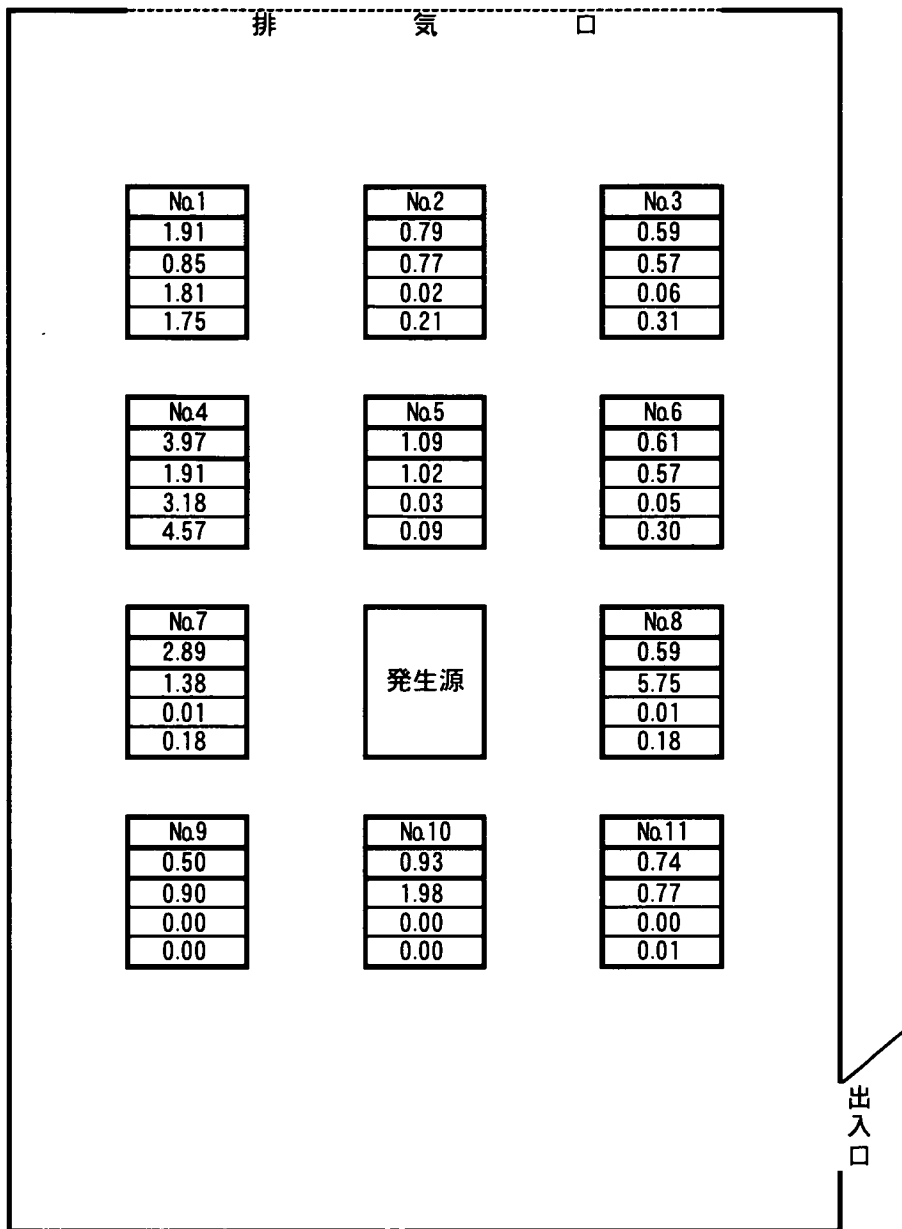


[単位:ppm]

四角内は上から順に次のとおり示した。

No.	:測定点No
	:トルエン濃度の実測値
	:モデル実験場内のみを解析範囲としたトルエン濃度の解析結果
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気自然流入)
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気強制給気)

図 26 モデル実験場における床上 1.5m のトルエン濃度の測定結果及び CFD 解析結果

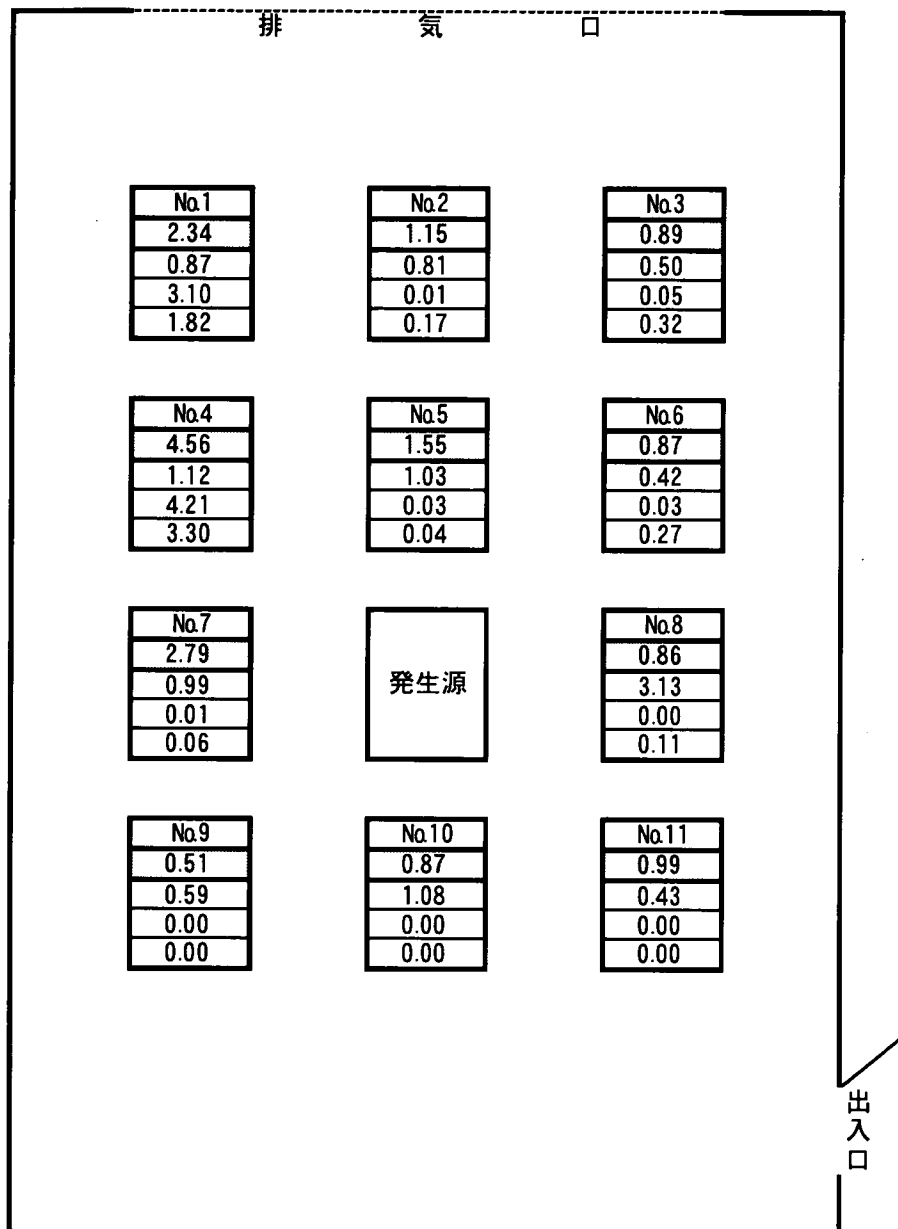


〔単位：ppm〕

四角内は上から順に次のとおり示した。

No.	:測定点No
	:トルエン濃度の実測値
	:モデル実験場内のみを解析範囲としたトルエン濃度の解析結果
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気自然流入)
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気強制給気)

図 27 モデル実験場における床上 1.2m のトルエン濃度の測定結果及び CFD 解析結果



[単位: ppm]

四角内は上から順に次のとおり示した。

No.	:測定点No.
	:トルエン濃度の実測値
	:モデル実験場内のみを解析範囲としたトルエン濃度の解析結果
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気自然流入)
	:モデル実験場外も含めて解析範囲としたトルエン濃度の解析結果(空気強制給気)

図 28 モデル実験場における床上 0.9m のトルエン濃度の測定結果及び CFD 解析結果

## E. 結論

排気装置を稼働させたモデル実験場の出入口を開放した状態で、トルエン蒸気を発生させ、そのときの実測値と CFD 解析結果を比較した。

CFD 解析では、各要素体積ごとに入出入りする物質やエネルギーを流体力学の基礎方程式である運動量保存式、質量保存式、エネルギー保存式、成分保存式の要素体積の連立有限体積方程式の近似解を繰返し求めながら最終的な解析結果を求めていることから、繰返し計算回数を順次増やしながら解析結果が収束しているかを確認する必要があると考えられる。

排気が行われているが強制給気が行われていない部屋について CFD 解析を行う場合には、部屋の内側のみを解析範囲として給気条件を自然流入とするよりは、部屋の外側まで解析範囲を広げ、部屋の給気 airflow を妨げない場所に強制給気口を設け解析を行う方法が、実測値に近い解析結果を得ることができると考えられる。

## G. 研究発表

### 1 論文発表

なし

### 2 学会発表

- (1) 小堀衛、山室堅治、菅野誠一郎、櫻井治彦：流体解析ソフトを用いたばく露評価の基礎的検討、第 80 回日本産業衛生学会、p445、2007、大阪
- (2) 小堀衛、山室堅治、菅野誠一郎、吉田哲、東久保一郎、櫻井治彦：CFD の労働衛生への活用 - 第 4 報、第 47 回日本労働衛生工学会、p66-67、2007、名古屋

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 4. 曝露推定モデルの検証

菅野誠一郎 芹田富美雄

独法労働安全衛生総合研究所 環境計測管理研究グループ

山室堅治

中央労働災害防止協会労働衛生調査分析センター

### A. 研究目的

化学物質の自主管理が進められており、企業は取り扱う化学物質のリスクアセスメントを行うことが求められている。リスクアセスメントには、物質の毒性情報と曝露の程度の比較が必要であるが、適切な分析方法が無いあるいは事前にアセスメントを行うなどの場合、曝露は測定ではなく推定で求める必要がある。

本研究では、日本の作業環境に合わせたリスクアセスメント等に使用する曝露推定モデルを開発することを目的とする。

### B. 研究方法

中央労働災害防止協会に蓄積された作業環境調査結果のデータベースを解析することにより昨年度、作業環境測定値に基づく曝露推定モデルを作成した。今年度は、17、18年度および今年度に行った曝露濃度測定結果を曝露推定モデルに当てはめ、モデルの検証および改良を行なった。

### C. 研究結果

#### 1. 濃度推定モデルの概要

物質の揮発性評価コード（章末表9参照）、作業の種類、濃度管理対策の有無に基づき環境濃度の推定を行うこととした。作業の種類については、有機溶剤作業の号別作業区分を用い、濃度管理については有効に働いている場合と、管理がないまたは、有効ではない場合の2種とした。揮発性評価コードは、対象物質の蒸気圧を6区分にしたものである。（ただし有機溶剤については、最も蒸気圧の低い 指数1（蒸気圧<0.001kPa）に相当する物質は少ない）測定は、混合溶剤の場合が多いので、幾何平均値をそのモル分率で除して純品として使用された場合の幾何平均値（以下幾何平均値と呼ぶ）とした。また揮発性評価コードも、補正した幾何平均値について再区分した。

有機溶剤作業の号別作業区分（章末表10参照）ごと、揮発性評価コード2で第1管理区分の測定値の幾何平均値の平均を求め、同様に評価指数3, 4, 5について平均を求めると、データ数が少ない場合があり、また評価指数と濃度の逆転が見られる場合がある。これを回避するために本研究の蒸発速度の測定から得られた蒸発速度と蒸気圧の回帰式を用いて、揮発性評価コード3, 4, 5, 6の平均濃度を求め、良好に管理を行った場合の濃度の予測値とした。評価指数1については、蒸発速度は、蒸発速度と蒸気圧の回帰式から評価指数2と大きな違いがないので、評価指数2の平均値より低いとした。

揮発性評価コード別に、管理区分1と管理区分3の幾何平均値の比を求め、これを管理区分1の平均値に掛けて、管理不十分な場合の濃度平均値の推定値とした。

推定濃度の上限を見積もるために、測定値の分布を見ると、正規分布、対数正規分布とはならず、濃度が低いほうに分布が偏っており、測定下限から最頻値の3倍までにはほぼ90%の測定値が入っている。このことから推定した平均値の3倍の値を濃度上限の推定値とした。（平均値は最頻値より高いのでほぼ90%以上が含まれる）評価指数6については、蒸気圧の上限がないことから工学的対策がない場合上限なしとした。（実際には飽和蒸気圧より高濃度になることはない）なお推定値は、1, 5, 10に丸めてある。

## 2、曝露濃度測定データの概要

全国7ブロックにある中災防の地区安全衛生サービスセンター及び大阪労働衛生総合センター並びに各センターで定期的に作業環境測定を実施している事業場の協力を得て、平成19年6～10月の作業環境測定実施時に代表的な作業者（もっとも有機溶剤蒸気に曝露されるであろうと考えられた作業者）1名に有機ガスモニタ（3M社製）を装着してもらい、作業環境濃度と曝露濃度の測定調査を行った。この3年間の調査により353単位作業場所のデータが得られた。

曝露濃度を測定した作業を有機溶剤作業の号別作業区分に分類したものが表1である。

表1 有機溶剤作業の号別作業区分

	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	リ	ヌ	ル
イ	79	0	0	0	0	2	0	15	0	2	0
ロ	0	13	9	0	0	0	0	3	0	0	0
ハ	0	9	98	0	16	9	5	30	0	1	0
ニ	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0
ホ	0	0	16	0	114	13	6	11	0	43	0
ヘ	2	0	8	0	12	131	61	20	0	9	0
ト	0	0	5	0	6	60	67	14	0	0	0
チ	15	3	30	3	11	20	14	254	28	20	1
リ	0	0	0	0	0	0	0	28	278	77	0
ヌ	2	0	1	0	42	9	0	20	77	140	0
ル	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
専一 作業 数	56	1	42	7	44	45	2	134	184	8	4
総数	79	13	98	10	114	131	67	254	278	140	5

作業は区分ごとにその作業のみ専一に行われる場合があるが、複数の作業を重複して行う場合も多いため測定単位作業場所延べ数は1189件となる。例えば作業チでは、チの作業のみを行う専一作業で134件、他の作業と重複して行う作業場所数は全体で254件となっている。曝露濃度を測定した作業場の管理区分を有機溶剤作業の号別作業区分ごとに分類すると表2となる。

表2 有機溶剤作業の号別作業区分ごとの単位作業場所の管理区分

		イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	リ	ヌ	ル
専一 作業	総数	56	1	42	7	44	45	2	133	179	8	4
	管理1	43	1	30	7	40	42	2	100	128	8	4
	管理2	7	0	3	0	1	1	0	21	28	0	0
	管理3	6	0	9	0	3	2	0	12	23	0	0
全延 べ作 業	総数	79	13	98	10	114	131	67	254	271	139	5
	管理1	58	10	65	10	91	101	51	187	200	119	5
	管理2	15	0	21	0	19	18	8	44	42	15	0
	管理3	6	3	12	0	4	12	8	23	29	5	0

この表では、単位作業場所に重複があるため正確ではないがおおむね第1管理区分が8割、第3管理区分は1割弱となっている。専一に行う作業場では、ロ、ニ、ト、ヌ、ルの作業はすべて第1管理区分であった。

次に有機溶剤作業の号別作業区分ごとの揮発性評価コードの分布を表3に示す。

表3 有機溶剤作業の号別作業区分ごとの揮発性評価コード（延べ作業場数）

	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	リ	ヌ	ル	総数
1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0	6
2	42	7	32	2	56	26	15	74	127	62	0	443
3	13	2	25	3	23	22	15	49	94	29	4	279
4	20	4	39	4	22	57	28	80	42	33	0	329
5	2	0	1	1	9	15	5	18	2	5	1	59
6	2	0	1	0	1	11	4	33	5	8	0	65

揮発性評価コード1および5、6に相当する使用例が少ない。

昨年度に作成した曝露濃度推定表は、号別作業区分および揮発性評価コードにより分類を行ったが、集積した曝露濃度測定データについて、濃度と相関があると思われるパラメータ、単位時間当たりの有機溶剤の使用量（モル/時間）、単位面積当たり単位時間当たりの有機溶剤使用量（モル/時間・m<sup>2</sup>）、蒸気圧（mmHg）と、曝露濃度、B測定濃度、幾何平均濃度、日間変動を含まない幾何平均濃度の上側95パーセンタイル（Ea1）の相関係数を表4に示した。

表4 濃度測定値と溶剤の使用量、蒸気圧との相関係数

		曝露濃度	B測定濃度	Ea1	GM
全体 992	使用量 (Mol/hr)	-0.0091	-0.0083	0.0659	0.0145
	使用量 (Mol/hr/m <sup>2</sup> )	-0.0083	-0.0079	0.0563	0.0072
	蒸気圧 (mmHg)	0.1177	0.0882	0.0951	0.1129
管理1 752	使用量 (Mol/hr)	-0.0067	-0.0163	0.0076	-0.0030
	使用量 (Mol/hr/m <sup>2</sup> )	0.0045	-0.0067	0.0318	0.0274
	蒸気圧 (mmHg)	0.1738	0.2399	0.2249	0.2133
管理2 146	使用量 (Mol/hr)	-0.0333	0.0020	0.2341	0.0406
	使用量 (Mol/hr/m <sup>2</sup> )	-0.0458	0.0213	0.2258	0.0251
	蒸気圧 (mmHg)	-0.0285	0.0979	0.0605	0.0879
管理3 94	使用量 (Mol/hr)	0.0009	0.1016	0.2868	0.3782
	使用量 (Mol/hr/m <sup>2</sup> )	-0.0042	0.0812	0.2465	0.3282
	蒸気圧 (mmHg)	0.0980	0.1057	0.1909	0.2432

\*：日間変動を含まないEa1値

単位時間当たりの有機溶剤の使用量は、管理区分3を除いて曝露濃度およびB測定値との相関が低く、単位面積当たり単位時間当たりの有機溶剤使用量も同様に相関が低い。一方管理区分2、3では、幾何平均濃度およびEa1との相関は高く、管理に不備がある場合は、有機溶剤蒸気が、作業場所に広がり、使用量と平均濃度の相関が高くなるものと推定される。全



体で曝露濃度と相関が高いのは、蒸気圧であり使用量等との相関は小さいが、管理区分2, 3で、相関が無い原因は不明であるが、曝露の測定をもっとも曝露が大きくなると推定される作業者にお願いしたために、平均的な濃度よりも高い、例えば発生源近傍の作業などが多かった可能性が考えられる。

### 3、曝露濃度推定表と測定値の比較

17年度から19年度までの曝露濃度測定結果事例を、有機溶剤作業の号別作業区分および揮発性評価コードで分類し、それぞれのA測定の幾何平均値の平均値、Ea1の平均値、Ea1の最大値、B測定値の最大値、曝露濃度の最大値を抽出したが、曝露濃度の推定表であるので、各区分ごとに幾何平均値平均値及びの曝露濃度の最大値を、18年度に作成した曝露推定モデルと比較した。

表5は、そのうち濃度を良好に管理した場合（管理区分1の場合）で、号別作業区分の上段は、曝露濃度推定値の平均値及び最大値、下段の数値は、平均値の欄は、管理区分1の幾何平均の平均値、上限の欄は、曝露濃度の最大値を示している。赤枠を付けた分数と不等号を含む欄は、幾何平均の平均値または、曝露濃度の最大値が、推定値よりも高い値を示した区分であり、分数は、推定値より高い測定値数と総数、不等号の右の数値はこれを除いた最大値を示している。

作業ヌを除くと、推定値の上限を超える曝露濃度を示した事例は殆どが1件で、チの揮発性評価コード6、リの揮発性評価コード2の場合もより高い濃度の例は10%以下である。ヌの揮発性評価コード3の場合は、26件中10件で、そのうち10ppm以上の値が3件あった。

表6は、管理区分2または3である作業場での比較表である。数値の意味は表5と同じである。この場合も推定値よりも高い値を示した例は殆どが1件である。但し作業ヌの揮発性評価コード3、4ともに高い値を示す例が多い。管理区分1, 2, 3ともに高い値を示す例が多いため、作業ヌの推定値を、管理する場合、管理をしない場合ともに高い値に修正した。

表7, 8は、上記の修正を加えた推定表である。網掛けの部分の数値を変更した。紫の部分は、当初の計算に誤りがあり修正したものである。修正した推定表は、統計的に判定したわけではないが、曝露濃度測定値のほぼ90%が上限値以下となると見込まれる。揮発性評価コード1は、蒸気圧が1Pa以下であり、理論的な蒸気の最大気中濃度は、10ppmである。表7, 8には、10ppmより大きい推定値があるが、蒸気圧の推定値にも誤差があり、特に混合溶剤としての使用の場合にはラウールの法則による推定値よりも高い蒸気圧を示す場合があることを考慮してこのままの値とした。

#### 推定表の使用方法

推定対象：有機化学物質蒸気

曝露濃度の推定は、

- 1、揮発性評価コード：取扱い温度での物質の蒸気圧を求め、表9から揮発性コードを決定する。溶液の場合は、そのモル濃度からラウールの法則により蒸気圧を推定し、揮発性評価コードを決定する。
- 2、作業区分：物質の取扱いの状況を考慮し、表10の有機溶剤の号別作業区分から類似した作業区分を選択する。
- 3、濃度管理：取扱い作業場の換気装置の種類から、全体換気又は自然換気の場合濃度管理なし、局所排気装置、フード等を用いる場合濃度管理あり。
- 4、推定値：3により対応する表から、推定の上限值を曝露濃度の推定値とする。作業区分が複数ある場合は、推定値の最も大きい値を推定値とする。

注意点：曝露濃度のおおむね90%が上限値より低くなると想定されるが、これより大きい場合がありうる事、及び各区分のデータ数が異なるため、信頼性が一様ではないことに留意する必要がある。特に作業区分ロ、ニ、ルについては、曝露濃度を測定した作業場の数が少ないため、ほかの作業区分よりも信頼性が低い恐れがある。

#### D 結果と考察

初年度作成した推定表は、2万4千件のA測定データにより、曝露濃度測定値の殆どは、環境濃度の平均値からB測定値の間にあるものとの仮定に基づいて作成したものである。

上限値は、作業環境濃度と曝露濃度との関係に示されたように、A測定の上側5%値又はB測定値の大きいほうを上限としてよいと考えられるが、“曝露濃度の約40%のデータが推定下限値の1倍以下、約55%のデータが推定下限値の2倍以下、約95%データが推定下限値の15倍以下であった。曝露濃度の実測値と推定下限値との比の最大は、実測値が推定下限値の165倍であった。”従って、測定値の95%を上限値以下にするためには平均値の15倍を上限としなければならないが、現実的ではなく、揮発性評価コード及び号別作業区分ごとに、曝露測定値がほぼ90%含まれる平均値の3倍を上限値とし、濃度管理しない場合については、平均濃度の比に基づいて平均値上限値を定めた。最終的に、重複作業を含めた曝露濃度測定値の最大値と比較を行ったので各区分の上限値は重複が無い場合に比べて大きめの値となっている。比較の結果、上限値を変更することにより曝露濃度測定値のおおむね90%がこの範囲に収まる。

平均値については、各区分の幾何平均値の平均から求めたものであり、下限値ではなく平均値が推定の平均値を超えている場合があるが、曝露濃度は、作業場内をランダムに動く多数の作業員について測定した場合にはその平均は場の濃度の幾何平均で近似されるものであるため、今回は見直しを行わなかった。現実には、作業員が作業場内をランダムに動くとは考えられず、平均値より高い濃度を示す場合が多いと考えられるが、曝露濃度の推定には上限値を使用することを想定しており、平均値は目安である。

表5 作業場管理区分 1

揮発性評価コード 作業区分	1		2		3		4		5		6	
	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値
イ	10	10	30	10	30	20	60	60	180	80	240	80
		1.0	13.7	1.2	13.9	2.2	1/13,<6.5	1.3	1.0	11.5	63.0	11.5
ロ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120	40
		1.8	2.0	1.5	4.7	2.7	5.0					
ハ	5	5	15	5	15	10	30	25	75	35	105	35
		1.0	12.8	1/12,<5.3	1/12,<14	2.1	19.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ニ	15	15	45	20	60	40	120	125	375	170	510	170
		0.5	0.5	0.9	4.8	1.6	9.2	1.0	1.0			
ホ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120	40
		0.8	1/49,<7.6	1.7	10.0	6.2	1/16,<16	8.7	72.7	5.0	5.0	5.0
ヘ	10	10	30	15	45	30	90	85	255	115	345	115
		1.3	3.0	1.6	5.6	2.3	33.0	1.4	165.0	4.3	37.0	4.3
ト	2	2	6	5	15	5	15	15	45	20	60	20
		1.7	3.0	1.8	5.6	3.6	1/21,<14	2.0	6.9	2.8	37.0	2.8
チ	5	5	15	10	30	20	60	35	105	50	150	50
		1.2	6.6	1.8	1/37,<26	4.4	1/53,<42	4.9	72.7	8.3	2/29,130	8.3
リ	5	5	15	10	30	20	60	55	165	70	210	70
		0.9	3/99,<9	1.6	1/75,<19	1.5	17.0					
ヌ	1	1	3	1	3	5	15	10	30	10	30	10
		0.7	1/59,<2.2	1.5	10/26,<2.8	1.6	1/27,<13	2.1	5.0	1.4	4.0	1.4
ル	10	10	30	10	30	20	60	60	180	85	255	85
				3.1	2/4,<1			1.0	2.3			

表 6 作業場管理区分 2, 3

揮発性評価コード 作業区分	1		2		3		4		5		6	
	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値
イ	30	30	90	45	135	90	270	410	1230	550		
		2	11	2	18	20	36	7	0			
ロ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	290		
		1	5			7	112					
ハ	15	15	45	20	60	40	120	180	540	250		
		26	36	24	2/13, <43	29	72					
ニ	65	65	195	95	285	190	570	890	2670	280		
ホ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	310		
	1/1, <19	5	15	31	58	26	33	87	24			
ヘ	45	45	135	65	195	130	390	610	1830	830		
		5	15	49	1/9, <47	21	47	81	24	25	50	
ト	5	5	15	10	30	20	60	100	300	130		
		5	15	49	1/7, <26	24	47	81	0			
チ	20	20	60	30	90	60	180	260	780	370		
		4	34	14	84	16	112	46	104	14	50	
リ	25	25	75	40	120	80	240	380	1140	480		
		2	22	5	52	19	105	46	45	1	2	
ヌ	5	5	15	5	15	10	30	60	180	60		
	1/1, <19	4	14	9	1/3, <2	38	5/6, <22	4	5	1	2	
ル	30	30	90	50	150	100	300	440	1320	620		

\*: 飽和蒸気圧の濃度まで

表7 濃度管理する場合（局所排気装置等による）

揮発性評価コード	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
作業区分	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限
イ	10	10	30	10	30	20	60	60	180	80	240
ロ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120
ハ	5	5	15	5	15	10	30	25	75	35	105
ニ	15	15	45	20	60	40	120	125	375	170	510
ホ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120
ヘ	10	10	30	15	45	30	90	85	255	115	345
ト	2	2	6	5	15	5	15	15	45	20	60
チ	5	5	15	10	30	20	60	35	105	50	150
リ	5	5	15	10	30	20	60	55	165	70	210
ヌ	1	1	3	5	20	10	30	20	60	30	90
ル	10	10	30	10	30	20	60	60	180	85	255

表8 濃度管理しない場合（全体換気又は自然換気による）

揮発性評価コード	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
作業区分	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限*
イ	30	30	90	45	135	90	270	410	1230	550	
ロ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	290	
ハ	15	15	45	20	60	40	120	180	540	250	
ニ	65	65	195	95	285	190	570	890	2670	1250	
ホ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	310	
ヘ	45	45	135	65	195	130	390	610	1830	830	
ト	5	5	15	10	30	20	60	100	300	130	
チ	20	20	60	30	90	60	180	260	780	370	
リ	25	25	75	40	120	80	240	380	1140	480	
ヌ	5	5	15	10	30	20	60	60	180	90	
ル	30	30	90	50	150	100	300	440	1320	620	

\*:飽和蒸気圧の濃度まで

表9 揮発性評価コード

評価コード	蒸気圧（対象物質分圧）範囲	揮発性分類
1	非常に低い	V. P. $\leq$ 0.001KPa
2	低い	0.001 < V. P. $\leq$ 0.5KPa
3	低いから中程度	0.5 < V. P. $\leq$ 1.5KPa
4	中程度	1.5 < V. P. $\leq$ 10KPa
5	中程度から高い	10 < V. P. $\leq$ 25KPa
6	高い	V. P. > 25KPa

表10 有機溶剤作業の号別作業区分

イ	有機溶剤等を製造する工程における有機溶剤等のろ過、混合、攪拌、加熱又は容器若しくは設備への注入の業務
ロ	染料、医薬品、農薬、化学繊維、合成樹脂、有機顔料、油脂、香料、甘味料、火薬、写真薬品、ゴム若しくは可塑剤又はこれらのものの中間体を製造する工程における有機溶剤等のろ過、混合、攪拌又は加熱の業務
ハ	有機溶剤含有物を用いて行う印刷の業務
ニ	有機溶剤含有物を用いて行う文字の書込み又は描画の業務
ホ	有機溶剤等を用いて行うつや出し、防水その他物の面の加工の業務
ヘ	接着のためにする有機溶剤等の塗布の業務
ト	接着のために有機溶剤等を塗布された物の接着の業務
チ	有機溶剤等を用いて行う洗浄（ヲに掲げる業務に該当する洗浄の業務を除く。）又は払しょくの業務
リ	有機溶剤含有物を用いて行う塗装の業務（ヲに掲げる業務に該当する塗装の業務を除く。）
ヌ	有機溶剤等が付着している物の乾燥の業務
ル	有機溶剤等を用いて行う試験又は研究の業務
ヲ	有機溶剤等を入れたことのあるタンク（有機溶剤の蒸気の発散するおそれがないものを除く。）の内部における業務

## E. 結論

曝露濃度測定結果を、有機溶剤作業の号別作業区分および揮発性評価コードおよび管理区分1と管理区分2または3で分類し、それぞれのA測定の幾何平均値の平均値、曝露濃度の最大値を抽出し、前年度に作成した曝露推定モデルと比較した。平均値と幾何平均値最大値、上限値と曝露濃度を比較した結果、推定値の上限値を超える例は少なく、多くが推定上限値以下となった。

号別作業区分ヌ（有機溶剤等が付着している物の乾燥の業務）については複数例が上限を超えており、作業の特性から環境濃度より曝露濃度が高くなる可能性が高いことから平均値および上限値を変更した。この変更により、3年間に測定した延べ992例の曝露濃度測定のうちおおむね90%が推定値の上限以下の値となった。

曝露濃度に直接関連すると思われる有機溶剤の使用量（時間当たり）および単位面積当たりの使用量と曝露濃度との相関は小さく、弱いながら有機溶剤の蒸気圧と曝露濃度の相関が使用量等より高かった。この結果は、揮発性コードで曝露濃度を推定することを支持する。この曝露濃度推定法は、日本の作業環境のデータに基づいており、推定に必要なデータは、蒸気圧と作業形態だけであり非常に簡便に利用できるものとする。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

菅野誠一郎、芹田富美雄、小堀 衛、山室 堅治（2007）作業環境データベースによるばく露推定モデル 個人ばく露との比較、第47回日本労働衛生工学会・第28回作業環境測定研究発表会抄録集、P78

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし





号別作業区分				物質名	モル分率	管理区分	揮発性評価コード	幾何平均 (ppm)	幾何標準偏差 (ppm)	B 測定値 (ppm)	ばく露濃度 (ppm)
リ				トルエン	0.31	0	3	4.5	3.5	16	16
リ				メチルエチルケトン	0.17	0	4	2.1	2.5	1	1
ハ				アセトン	0.23	1	4	1.0	1.0	1	1
ハ				ジクロロメタン	0.16	1	4	1.0	1.0	1	1
ハ				トルエン	0.50	1	4	1.0	1.0	1	1
ハ				ノルマルヘキサン	0.12	1	4	0.5	1.0	0.5	0.5
リ				エチレンジクロロ モノブチルエーテル	1.00	1	2	0.5	1.0	2.2	0.5
ハ				トルエン	0.57	1	4	1.5	2.1	5	4
ハ				クロロベンゼン	0.17	1	2	0.3	3.5	1.3	1.6
ハ				メチルエチルケトン	0.60	1	4	2.5	2.3	6	6
ハ				酢酸エチル	0.19	1	4	1.0	1.0	1	1
ハ				シクロヘキサノン	0.81	1	2	3.7	1.6	13.2	12.8
チ				トルエン	0.69	3	4	31.0	1.5	108	53
チ				アセトン	0.22	3	4	9.5	1.5	40	26
チ				シクロヘキサノン	0.09	3	2	3.7	1.6	13.2	12.8
チ				トリクロロエチレン	1.00	1	6	0.9	2.9	0.6	0.5
チ				メチルエチルケトン	1.00	1	5	1.0	1.0	1	7
ハ				メチルエチルケトン	1.00	1	5	1.0	1.0	1	1
ハ				ジクロロメタン	1.00	2	6	25.4	1.3	33	28
チ				アセトン	1.00	2	5	11.8	1.6	15	15
ハ	チ			ジクロロメタン	1.00	1	6	1.1	1.3	25	12
ハ	チ			ジクロロメタン	0.86	3	6	3.1	1.8	81	50
ハ	チ			アセトン	0.14	3	4	1.0	1.0	2	3
チ				ジクロロメタン	1.00	2	6	7.3	1.4	54	12
ハ	チ			酢酸エチル	0.59	1	4	1.0	1.0	1	1
ハ	チ			アセトン	0.41	1	5	1.0	1.0	1	1
ハ	チ			酢酸エチル	0.59	1	4	1.0	1.0	1	11
ハ	チ			アセトン	0.41	1	5	1.0	1.0	1	7
ハ	チ			酢酸メチル	0.64	1	5	1.0	1.0	1	1
ハ	チ			アセトン	0.36	1	5	1.0	1.0	1	1
ハ				酢酸エチル	0.34	1	4	1.2	1.6	2	2
ハ				アセトン	0.32	1	5	1.0	1.0	1	1
ハ				ノルマルヘキサン	0.34	1	4	0.6	1.8	1.6	0.9
ハ				トルエン	1.00	1	4	9.0	2.1	31	3
ニ				エチレンジクロロ モノブチルエーテル	0.08	1	2	0.5	1.0	0.5	0.5
イ				酢酸 n-ブチル	1.00	1	4	1.0	1.0	1	1
イ				シクロヘキサノン	0.73	1	2	0.8	1.6	1.7	0.5
イ				キシレン	0.02	1	2	1.0	1.0	1	1
イ				酢酸 n-ブチル	1.00	1	4	1.0	1.0	1	1
イ				シクロヘキサノン	0.73	1	2	0.8	1.6	1.6	0.5
イ				キシレン	0.02	1	2	1.0	1.0	1	1

号別作業区分		物質名	モル分率	管理区分	揮発性 評価 価コード	幾何平均 (ppm)	幾何標 準偏差 (ppm)	B 測定値 (ppm)	ばく露濃 度 (ppm)
チ		キシレン	1.00	1	3	1.0	1.0	28	7
イ		酢酸エチル	1.00	1	5	1.3	1.9	2	1
イ		酢酸エチル	0.16	1	4	1.3	1.9	2	1
イ		トルエン	0.84	1	4	1.0	1.0	2	1
チ		キシレン	1.00	1	3	1.0	1.0	1	1
イ		酢酸エチル	1.00	1	5	1.3	1.9	1	1
イ		酢酸エチル	0.16	1	4	1.3	1.9	1	1
イ		トルエン	0.84	1	4	1.0	1.0	1	1
ホ	チ	トルエン	0.96	2	4	3.8	3.0	54	28
ホ	チ	酢酸 n-ブチル	0.01	2	2	1.0	1.0	1	1
ホ	チ	キシレン	0.02	2	2	1.0	1.0	1	1
ハ	チ	アセトン	0.18	2	4	5.9	1.4	6	30.5
ハ	チ	トルエン	0.71	2	4	24.6	1.3	29	32
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.11	2	2	4.1	2.2	15.8	7.1
ハ	チ	アセトン	0.19	1	4	1.9	1.5	5.3	5.3
ハ	チ	トルエン	0.78	1	4	11.8	1.2	26	11.3
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.03	1	2	1.5	1.9	2.8	1.2
ハ	チ	アセトン	0.19	3	4	1.0	1.0	68	6.4
ハ	チ	トルエン	0.78	3	4	4.5	2.3	147	19.5
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.03	3	2	0.2	1.4	0.9	1.3
ハ	チ	アセトン	0.18	2	4	1.1	1.3	1	1.6
ハ	チ	トルエン	0.65	2	4	4.3	1.6	2	7.9
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.17	2	2	4.4	1.9	6.6	3.1
ハ	チ	アセトン	0.19	1	4	1.0	1.0	3	1.4
ハ	チ	トルエン	0.61	1	4	2.7	1.8	9	9.2
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.19	1	2	0.2	1.0	0.2	0.5
ハ	チ	アセトン	0.17	1	4	1.2	1.6	4	3.2
ハ	チ	トルエン	0.51	1	4	4.8	2.1	20	19.2
ハ	チ	シクロヘキサノン	0.32	1	2	0.4	2.5	1.8	0.7
リ		トルエン	0.64	3	5	46.0	2.5	51	44.7
リ		キシレン	0.05	3	3	4.1	1.7	3	4.1
リ		酢酸 n-ブチル	0.10	3	4	14.3	2.4	16	11.3
イ		トルエン	0.45	2	4	11.6	3.0	4	11.6
イ		酢酸 n-ブチル	0.04	2	2	1.3	1.4	1	11.1
ロ	チ	トルエン	0.58	3	4	12.4	2.6	97	111.5
ロ	チ	メチルイソブチルケ トン	0.03	3	2	1.0	1.0	1	4.5
ロ	チ	酢酸エチル	0.39	3	4	2.2	2.7	274	74.6
リ	ヌ	トルエン	0.18	1	3	1.8	2.1	6	8.3
リ	ヌ	キシレン	0.82	1	4	2.2	2.0	9	9.5
ハ	ト	酢酸エチル	0.18	1	4	1.0	1.0	2	1
ハ	ト	アセトン	0.82	1	6	5.6	2.5	19	2
ハ	ト	トルエン	0.49	1	4	1.0	1.0	2	2.1
ハ	ト	アセトン	0.51	1	5	1.9	1.9	5	3.5



号別作業区分				物質名	モル分率	管理区分	揮発性評価コード	幾何平均 (ppm)	幾何標準偏差 (ppm)	B測定値 (ppm)	ばく露濃度 (ppm)
ハ	ホ			エチレングリコールモノブチルエーテル	0.07	1	2	0.3	1.3	0.3	0.3
ホ	ヌ			キシレン	0.24	1	2	0.5	1.0	0.5	0.5
ホ	ヌ			1-ブタノール	0.28	1	2	0.3	1.0	0.3	0.9
ホ	ヌ			2-ブタノール	0.09	1	2	1.0	1.0	1	1
ホ	ヌ			メチルイソブチルケトン	0.07	1	2	0.5	1.0	0.5	0.5
ホ	ヌ			エチレングリコールモノエチルエーテル	0.07	1	2	0.1	1.0	0.1	0.1
ホ	ヌ			アセトン	0.20	1	4	5.0	1.0	5	5
ホ	ヌ			エチレングリコールモノブチルエーテル	0.04	1	2	0.4	1.9	0.3	0.5
ホ				トルエン	0.36	1	3	0.7	1.1	3.5	10.03
ホ				キシレン	0.40	1	2	0.8	1.0	2	5.12
ホ				酢酸エチル	0.11	1	3	2.0	1.0	2	2
ホ				メチルイソブチルケトン	0.13	1	2	0.5	1.0	0.5	2.43
ホ	ヌ			1-ブタノール	0.39	1	2	0.3	1.0	0.3	0.5
ホ	ヌ			エチレングリコールモノブチルエーテル	0.00	1	1	0.3	1.0	0.3	0.3
ホ				アセトン	0.38	1	5	5.0	1.0	5	5
ホ				エチレングリコールモノブチルエーテル	0.14	1	2	0.3	1.0	0.3	0.33
ホ				キシレン	0.36	1	2	4.8	1.1	12.4	3.67
ホ				メチルエチルケトン	0.12	1	3	2.0	1.0	2	6.05
イ				トルエン	0.43	3	4	13.6	2.2	75.3	3.9
イ				キシレン	0.09	3	2	0.5	1.1	1.8	0.5
イ				酢酸エチル	0.33	3	4	11.2	2.5	50	5
イ				酢酸 n-ブチル	0.08	3	2	1.0	1.0	4	1
イ				酢酸イソブチル	0.07	3	2	1.0	1.0	6	1
イ				キシレン	0.31	1	2	0.5	1.0	0.6	0.5
イ				トルエン	0.43	1	4	2.1	3.6	11.5	1
イ				酢酸 n-ブチル	0.05	1	2	1.0	1.0	1	1
イ				メチルイソブチルケトン	0.21	1	3	0.5	1.0	0.5	0.5
イ	チ			キシレン	0.66	1	3	0.6	1.6	0.5	0.5
イ	チ			酢酸 n-ブチル	0.19	1	2	1.0	1.0	1	1
イ	チ			イソブチルアルコール	0.15	1	2	0.5	1.2	0.5	0.5
イ				アセトン	1.00	1	6	4.4	2.1	3	12
イ				トルエン	1.00	3	4	34.1	1.5	83.7	9
ハ	ト			酢酸エチル	1.00	1	5	5.1	1.5	28	6.9
ハ	チ			イソプロピルアルコール	0.19	2	3	19.8	2.5	53	22.7