資 料

[Jpn. J. Toxicol. Environ. Health
衛 生 化 学
41 (3) 227-233 (1995)]

—Data—

シンナー関連有機溶剤のキャピラリーガスクロマトグラフィーによる
迅速分析

竹腰裕二,^a 佐藤清人,^a 管野 進,^a 河瀬章司,^a 木方 正,^b 鶴飼茂夫^b
岐阜県警察本部刑事部鑑識課科学捜査研究所,^a 岐阜薬科大学^b

Rapid Analysis by Capillary Gas Chromatography of Thinners and
the Related Organic Solvents

YUZI TAKEKOSHI,^a KIYOHITO SATO,^a SUSUMU KANNO,^a SHOZI KAWASE,^a
TADASHI KIHOB^b and SHIGEO UKAI^b

Scientific Investigation Research Laboratory, Gifu Pref. Police H. Q.,^a 2-1-1,
Yabuta-minami, Gifu 500, Japan and Gifu Pharmaceutical
University,^b 5-6-1, Mitahora-higashi,
Gifu 502, Japan

(Received October 25, 1994)

The inhalation of thinners and the related organic solvents (*e.g.*, toluene, methanol, ethyl acetate *etc.*) expected as an anesthetic and stimulus, is still a social problem in connection with juvenile delinquency. For the purpose of a rapid identification of the abused solvents, 38 pure organic solvents and 18 commercial thinner samples were analyzed by a flame ionization detector (FID)-gas chromatograph with a DBTM-1, SUPELCOWAXTM 10 or DBTM-17 capillary column, respectively.

In the cases of the DBTM-1 and SUPELCOWAXTM 10 columns, most organic solvents were successfully separated from each other under the gas chromatographic conditions as follows, a 30 m × 0.53 mm i.d. thick-film (1.5 μm and 1.0 μm) fused-silica capillary column was used, and the column temperature was kept at 60°C for 1 min and then raised to 120°C and 150°C at 5°C/min.

The total analysis times were 13 and 19 min.

Especially, the DBTM-1 column was suitable for the forensic analysis of thinners, because methanol, ethylacetate and toluene prohibited by the law were successfully separated from others.

The column was also appropriate to identify lacquer thinner and industrial toluene.

This method is more efficient, and less time-consuming than the other methods so far reported.

Keywords—— capillary gas chromatography; abused thinner; organic solvent; fused-silica capillary column; dimethylpolysiloxane phase DBTM-1

緒 言

シンナー・トルエンの乱用は警察庁の統計¹⁾によれば昭和 57 年に最高の検挙・補導件数に達し、以降は減少してきているものの鎮静化に至らず、依然社会問題となっている。

シンナー及びその関連有機溶剤、接着剤等の鑑定は、主にガスクロマトグラフィー (GC) によって行われているが、これらの裁判化学上重視される有機溶剤の GC による分析は薬毒物化学試験法注解²⁾を含め、作業環境測定基準³⁾による有機溶剤測定指針⁴⁾等の公的刊行物ではパックドカラムに関するものが

ほとんどであり、キャピラリーカラムについては衛生試験法の器具・玩具試験法⁵⁾において最近掲載された程度である。

これまで、キャピラリーカラムを使用した有機溶剤の一斉分析法はStreeteら⁶⁾が60 mのSPB-1キャピラリーカラムを使用し、カラム初期温度を40°Cとして昇温速度を3段階変化させて244種の有機溶剤の分離を行っているほか、Inoueら⁷⁾が全国から1179種の有機溶剤製品を入手してFS-WCOTカラム(OV-101とPEG 6000, 0.25 mm×50 m)を使用して成分分析している。また、浅井ら⁸⁾はFS-WCOT, Silicone SE-54 (0.25 mm×50 m)の前にFS-WCOT, PEG-20 M (0.25 mm×2 m)を連結したカラムを使用し、Pekariら⁹⁾はメチルシリコン(HP-1, 0.53 mm×30 m)と5%フェニルメチルシリコン(HP-5, 0.53 mm×30 m)を連結したカラムを使用してそれぞれ有機溶剤の分析を行っている。しかし、これらの報告はいずれも多成分系の有機溶剤について検討しているため一回の分析に長時間を必要としており、「毒物及び劇物取締法」に規制されたメタノール、酢酸エチル、トルエンの含有の有無を多数の検体について迅速かつ能率的に判定す

る分析条件としては十分とはいえない。

また、器具・玩具試験法⁵⁾に記載されているDB-WAX(ポリエチレングリコール 6000, 0.25 mm×30 m)を使用したGC条件では、メタノールと酢酸エチルが極めて接近したピークとして出現しており、DB-WAXはポリエチレングリコール 20 M (SUPELCOWAXTM 10)より熱安定性が低いことからカラムの老朽化にともない分離困難となる可能性が考えられる。

一方、安居¹⁰⁾は有機溶剤成分のキャピラリーGCについて分析感度と分離能を検討し、多成分系の有機溶剤を1種類のカラムで分離することは困難であることを述べている。

シンナー乱用者の緊急検挙・補導のためには、押収資料の迅速かつ能率的な鑑定が要求される。

そこで、著者らはシンナー及びその関連有機溶剤38種について繁用キャピラリーカラムを使用して短時間において、これらの溶剤を分離・確認できる分析条件の検討を行った。

実 験

1 実験材料 実験に用いた有機溶剤は Table

TABLE I. Organic Solvent Samples

Solvent	Solvent
Alcohols	Aromatics
Methanol	Benzene
Ethanol	Toluene
Isopropanol	<i>o</i> -Xylene
<i>n</i> -Propanol	<i>m</i> -Xylene
Isobutanol	<i>p</i> -Xylene
<i>n</i> -Butanol	Ethylbenzene
Esters	Esters and glycol derivatives
Methyl acetate	Methyl cellosolve
Ethyl acetate	Ethyl cellosolve
<i>n</i> -Propyl acetate	<i>n</i> -Butyl cellosolve
Isobutyl acetate	Methyl cellosolve acetate
<i>n</i> -Butyl acetate	
Isoamyl acetate	Others
<i>n</i> -Amyl acetate	Ethyl ether
Ketones	<i>n</i> -Hexane
Acetone	Chloroform
Methylethylketone	Dichloromethane
Methyl-isobutylketone	Dichloroethane
Methyl- <i>n</i> -butylketone ^{a)}	Trichloroethane
	Trichloroethylene
	Tetrachloroethylene
Alicyclic compounds	
Cyclohexane	
Cyclohexanone	
Cyclohexanol	

a) Extra pure.

Iに示したとおりであり、メチル *n*-ブチルケトン(一級) 以外はいずれも市販の特級溶剤を用いた。

また、市販のシンナー18種を入手して実験に供した。

2 装置 ガスクロマトグラフ：島津製作所製 GC-17A 型。データ処理装置：島津製作所製クロマトバック C-R7A 型。

3 測定条件 カラム1：ジメチルポリシロキサン系，J & W Scientific 社製メガボアキャピラリーカラム DB™-1 (0.53 mm i.d.×30 m，膜厚 1.5 μm) (以下 DB-1 とする)。カラム2：ポリエチレングリコール 20 M 系，Supelco 社製メガボアキャピラリーカラム SUPELCOWAX™ 10 (0.53 mm i.d.×30 m，膜厚 1.0 μm) (以下 SP-WAX 10 とする)。カラム3：50%フェニルメチルポリシロキサン系，J & W Scientific 社製メガボアキャピラリーカラム DB™-17 (0.53 mm i.d.×30 m，膜厚 1.0 μm) (以下 DB-17 とする)。カラム温度：60℃ (1 min)→120℃ (昇温速度 5℃/min，カラム2は最終温度 150℃)。注入口温度：150℃，キャリアーガス：He 3.3 ml/min。検出器：flame ionization detector (FID)。

4 試験操作 38種の有機溶剤がクロマトグラム上で比較的同じ高さのピークになる比率で混合し，その混合試料 0.2 μl を GC に注入した。

結果及び考察

1 GC 条件の検討

ヒューズドシリカメガボアキャピラリーカラム DB-1，SP-WAX 10 及び DB-17 の3種は日常の薬毒物等の鑑定に繁用されているが，短時間で各種の有機溶剤を分離・確認する分析条件の検討は十分になされていないことから，これら3種のカラムについて，シンナー関連の有機溶剤としてトルエン等の芳香族炭化水素類6種，メタノール等のアルコール類6種，酢酸エチル等のエステル類7種，その他ケトン類，グリコール誘導体，脂肪族環状炭化水素類等19種，計38種の有機溶剤 (Table I 参照) の混合試料の GC 分析条件の検討を行った。

今回，検討した分析条件における各溶剤の保持時間 (t_R) を Table II に示す。

ジメチルポリシロキサン系 DB-1 において38種の有機溶剤は Fig. 1 に示すクロマトグラムのように，33本のピークとして検出され比較的良好な分離を示した。なお，*n*-ヘキサンとクロロホルム (t_R ：4.51)，エチルセロソルブと酢酸 *n*-プロピル (t_R ：

Fig. 1. Gas Chromatogram of Organic Solvents on DB-1 Column

6.18)，酢酸メチルセロソルブとテトラクロロエチレン (t_R ：9.15)，*m*-キシレンと *p*-キシレン (t_R ：10.93) 及びシクロヘキサノンとシクロヘキサノール (t_R ：11.10) の分離は不可能であったが，「毒物及び劇物取締法」で規制され，裁判化学上最も重要であるメタノール，酢酸エチル及びトルエンの3種の溶剤については他の溶剤と分離が可能であった。

ポリエチレングリコール 20 M 系 SP-WAX 10 においては31本のピークとして検出され，DB-1 と同様に比較的良好な分離能を認めたが，*n*-プロパノールとテトラクロロエチレン (t_R ：7.56)，メチルイソブチルケトンと酢酸イソブチル (t_R ：7.17)，ジクロロエタンと酢酸 *n*-ブチル (t_R ：8.57)，*n*-ブタノールとエチルベンゼン (t_R ：10.16)，シクロヘキサノールと *n*-ブチルセロソルブ (t_R ：17.89)，さらに「毒物及び劇物取締法」に規制されているメタノールと酢酸エチル，トリクロロエタン (t_R ：5.05) がそれぞれ重複ピークとして現れ，これら化合物の分離が困難であり，裁判化学的なシンナーの分析の点からは最適とは考えられなかった。

なお，本カラム DB-1 及びその同系のカラム SPB-1 を用いた Streete ら⁶⁾ の報告においても分離できなかった *m*-キシレンと *p*-キシレンについては分離が可能であった。

フェニルメチルポリシロキサン系 DB-17 におい

TABLE II. Retention Time of Organic Solvents

Peak No.	Solvent	Retention time(t_R : min)		
		DB-1	SP-WAX10	DB-17
1	Methanol	2.87	5.05 ^{a)}	2.87
2	Ethanol	3.12	5.68	3.05
3	Acetone	3.30	4.30	3.31 ^{a)}
4	Isopropanol	3.35	5.46	3.17
5	Ethyl ether	3.47	3.23	3.09
6	Methyl acetate	3.58	4.40	3.45
7	Dichloromethane	3.62	5.60	3.55 ^{a)}
8	<i>n</i> -Propanol	3.81	7.56 ^{a)}	3.55 ^{a)}
9	Methylethylketone	4.19	5.29	4.10 ^{a)}
10	Ethyl acetate	4.45	5.05 ^{a)}	4.10 ^{a)}
11	<i>n</i> -Hexane	4.51 ^{a)}	3.17	3.31 ^{a)}
12	Chloroform	4.51 ^{a)}	7.40	4.27
13	Isobutanol	4.65	8.76	4.10 ^{a)}
14	Methylcellosolve	4.73	11.34	4.61 ^{a)}
15	Dichloroethane	4.95	8.57 ^{a)}	4.97 ^{a)}
16	Trichloroethane	5.12	5.05 ^{a)}	4.41
17	<i>n</i> -Butanol	5.20	10.16 ^{a)}	4.61 ^{a)}
18	Benzene	5.40	6.03	4.97 ^{a)}
19	Cyclohexane	5.59	3.66	4.10 ^{a)}
20	Trichloroethylene	6.11	6.88	5.26
21	Ethylcellosolve	6.18 ^{a)}	12.55	5.75
22	<i>n</i> -Propyl acetate	6.18 ^{a)}	6.45	5.47
23	Methyl-isobutylketone	6.80	7.17 ^{a)}	6.02
24	Isobutyl acetate	7.69	7.17 ^{a)}	6.45
25	Toluene	7.80	8.04	6.93
26	Methylbutylketone	8.02	8.86	7.33
27	<i>n</i> -Butyl acetate	8.77	8.57 ^{a)}	7.59 ^{a)}
28	Methyl cellosolve acetate	9.15 ^{a)}	13.47	9.72
29	Tetrachloroethylene	9.15 ^{a)}	7.56 ^{a)}	7.59 ^{a)}
30	Ethylbenzene	10.64	10.16 ^{a)}	9.52 ^{a)}
31	Isoamyl acetate	10.77	9.82	9.10
32	<i>m</i> -Xylene	10.93 ^{a)}	10.63	9.52 ^{a)}
33	<i>p</i> -Xylene	10.93 ^{a)}	10.45	9.52 ^{a)}
34	Cyclohexanone	11.10 ^{a)}	15.21	12.55
35	Cyclohexanol	11.10 ^{a)}	17.89 ^{a)}	10.84
36	<i>o</i> -Xylene	11.70	11.90	10.60 ^{a)}
37	<i>n</i> -Butylcellosolve	11.79	17.89 ^{a)}	10.60 ^{a)}
38	<i>n</i> -Amyl acetate	11.95	11.20	10.32

a) Overlap.

てはメチルエチルケトン, 酢酸エチル, イソブタノール, シクロヘキサンの4種 (t_R : 4.10), エチルベンゼン, *m*-キシレン, *p*-キシレンの3種 (t_R : 9.52), アセトンと *n*-ヘキサンの2種 (t_R : 3.31), ジクロロメタンと *n*-プロパノールの2種 (t_R : 3.55), メチルセロソルブと *n*-ブタノールの2種 (t_R : 4.61), ジクロロエタンとベンゼン (t_R : 4.97) の2種, *o*-キシレンと *n*-ブチルセロソルブの2種 (t_R : 10.60) はそれぞれ重複ピークとして現れ, これらの有機溶剤は分

離不可能であった。すなわち, 38種の有機溶剤のうち, 分離可能なものは19種にとどまり, 27本のピークとしてのみ検出され, DB-17の場合には, これら揮発性物質の分離には適さないものと考えらる。

したがって, 著者らはこれら3種のキャピラリーカラムのうちで, 犯罪鑑識的なシンナー分析に最適と認められたDB-1を用い, 以下の検討を行った。

2 接近したピークの検討

DB-1カラムは, 今回実験に供した38種の溶剤が

TABLE III. Volume Blend Ratio at a Point of Recognition Limit of Two Close Peaks

Solvent	:	Solvent	Volume ratio of solvents
Acetone(3)	:	Isopropanol(4)	1 : 15 or 15 : 1
Methyl acetate(6)	:	Dichloromethane(7)	1 : 4 or 2 : 1
Ethyl acetate(10)	:	<i>n</i> -Hexane(11)	1 : 15 or 15 : 1
Isobutanol(13)	:	Methylcellosolve(14)	1 : 14 or 14 : 1
Trichloroethane(16)	:	<i>n</i> -Butanol(17)	1 : 70 or 90 : 1
Trichloroethylene(20)	:	Ethylcellosolve(21)	1 : 3 or 3 : 1
Isobutyl acetate(24)	:	Toluene(25)	1 : 5 or 15 : 1
<i>o</i> -Xylene(36)	:	<i>n</i> -Butylcellosolve(37)	1 : 23 or 3 : 1

(): Peak No.

TABLE IV. Organic Solvent Components in Thinner Products (Peak Area %)

Component	Company		A				B			C					D		E	F	G	
	Product		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
Ethyl acetate			6	3	9	7	—	—	1.5	—	—	—	—	4	—	—	—	3	—	—
<i>n</i> -Butyl acetate			—	—	7	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isobutyl acetate			—	—	—	—	—	—	—	8	—	7.5	—	—	7.5	13	13	—	—	—
<i>n</i> -Amyl acetate			—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
Methanol			1	8	—	1	—	11	12	8	—	8	—	8	8.5	7	7	14	—	—
<i>n</i> -Butanol			—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isobutanol			8	4	—	—	—	4	5.5	7	—	7	—	4	7	—	—	—	—	—
Isopropanol			—	—	—	—	—	—	—	^{a)}	—	^{a)}	—	—	—	2	2	—	—	—
Toluene			66	80	78	80	92	80	77	76	93	76.5	93	80	76	74	74	83	99.5	83.0
Ethylbenzene			1	—	—	—	3	—	—	—	^{a)}	—	3	—	^{a)}	—	—	—	—	0.09
<i>m, p</i> -Xylene			4	—	—	—	4	—	—	—	5	—	3	—	^{a)}	—	—	—	—	0.09
<i>o</i> -Xylene			3	—	—	—	1	—	—	—	1	—	^{a)}	—	^{a)}	—	—	—	—	—
Methylethylketone			—	—	—	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Methyl-isobutylketone			11	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>n</i> -Butylcellosolve			—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>n</i> -Hexane			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09
Not identified peak			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	0.5	16.9

^{a)} Trace.

33本のピークとして検出されたが、Fig. 1に見られるようにピーク3(アセトン)と4(イソプロパノール)、6(酢酸メチル)と7(ジクロロメタン)、10(酢酸エチル)と11(*n*-ヘキサン)、13(イソブタノール)と14(メチルセロソルブ)、16(トリクロロエタン)と17(*n*-ブタノール)、20(トリクロロエチレン)と21(エチルセロソルブ)、24(酢酸イソブチル)と25(トルエン)及び36(*o*-キシレン)と37(*n*-ブチルセロソルブ)がやや接近して検出されることから、これらの接近した2つの物質がそれぞれ2本のピークと確認できる限界について体積混合比を変化させて検討した。その結果、Table IIIに示すとおり6と7、20と21、24と25及び36と37は体積比が小さ

いことから、混合状態によっては判定が困難であることが示唆され、特に、酢酸イソブチルを含有するラッカーシンナーの場合、トルエンに対して1/5量以下ではトルエンのピークの立ち上がり具合をよく観察しないと酢酸イソブチルの含有を見落とすことがあるので注意が必要である。また、ジクロロメタン(ピーク7)とトリクロロエチレン(ピーク20)はTable IVに示すように、市販のシンナーには混在しないことから判定には支障を来さないと考える。

なお、これらの接近した溶剤はSP-WAX 10では分離が可能であることから、確認するにはSP-WAX 10による分析の併用が必要である(Table II

参照)。

3 重複ピークの同定

DB-1 カラムの場合、本 GC 条件において、38 種の溶剤中つぎの 10 種、すなわち、*n*-ヘキサンとクロロホルム (t_R : 4.51), エチルセロソルブと酢酸 *n*-プロピル (t_R : 6.18), 酢酸メチルセロソルブとテトラクロロエチレン (t_R : 9.15), *m*-キシレンと *p*-キシレン (t_R : 10.93) 及びシクロヘキサノンとシクロヘキサノール (t_R : 11.10) はそれぞれ重複ピークとして現れたが、SP-WAX 10 カラムを用いることにより、*n*-ヘキサン (t_R : 3.17), クロロホルム (t_R : 7.40), エチルセロソルブ (t_R : 12.55), 酢酸 *n*-プロピル (t_R : 6.45), 酢酸メチルセロソルブ (t_R : 13.47), テトラクロロエチレン (t_R : 7.56), *p*-キシレン (t_R : 10.45), *m*-キシレン (t_R : 10.63), シクロヘキサノン (t_R : 15.21), シクロヘキサノール (t_R : 17.89) とそれぞれ良好な分離が認められた。また、SP-WAX 10 カラムの場合、前記 38 種の溶剤中つぎの 13 種、すなわち、メタノールと酢酸エチル、トリクロロエタン (t_R : 5.05), メチルイソブチルケトンと酢酸イソブチル (t_R : 7.17), *n*-プロパノールとテトラクロロエチレン (t_R : 7.56), ジクロロエタンと酢酸 *n*-ブチル (t_R : 8.57), *n*-ブタノールとエチルベンゼン (t_R : 10.16) 及びシクロヘキサノールと *n*-ブチルセロソルブ (t_R : 17.89) はそれぞれ重複ピークとして出現したが、DB-1 カラムでは、メタノール (t_R : 2.87), 酢酸エチル (t_R : 4.45), メチルイソブチルケトン (t_R : 6.80), 酢酸イソブチル (t_R : 7.69), *n*-プロパノール (t_R : 3.81), テトラクロロエチレン (t_R : 9.15), ジクロロエタン (t_R : 4.95), 酢酸 *n*-ブチル (t_R : 8.77), *n*-ブタノール (t_R : 5.20), エチルベンゼン (t_R : 10.64), シクロヘキサノール (t_R : 11.10), *n*-ブチルセロソルブ (t_R : 11.79) と各々良好に分離される (Table II 参照)。

このように、DB-1, SP-WAX 10 両カラムにおける重複ピークは両カラムの併用によって、それぞれの成分へ容易に分離することができる。

4 市販のシンナーの成分分析

前記 38 種の溶剤中、最も多数の物質を分離した DB-1 カラムを用い、A 社から a—d の 4 種、B 社から e—g の 3 種、C 社から h—m の 6 種、D 社から n—o の 2 種及び E, F, G 社から各 1 種、計 18 種の市販シンナーについて、本 GC 条件を適用して成分分析を行った結果、Table IV に示すようにシンナー中の成分をそれぞれ確認することができた。すなわち、メタノール等のアルコール類、酢酸エチル等のエス

テル類、トルエンからなるいわゆるラッカーシンナー及び工業用トルエン類 (e, i, k, q, r) の識別が容易に行い得ることを認めた。

シンナー関連有機溶剤は揮発性が高く、乱用者が所持している液体は吸引のため開封状態での放置等により、もとの製品に比べ組成比が変化している場合もあることから、シンナー成分の含有率による鑑定資料間の同一性の判定や銘柄を特定することは困難である。しかし、製品ごとに含有成分の種類が異なる場合が多いため含有成分すべての同定により、鑑定資料間の類似性や銘柄を言及することは可能であると考ええる。さらに、本法はビニール袋中の気体試料の分析にも適用可能であるが、セロソルブ系の溶剤は他に比べて揮発性が少ないことから、そのピーク高比は実際の液体の組成よりも低いことが認められた。

なお、これら溶剤中の微量成分の同定の際には、SP-WAX 10 カラムとの併用及び GC-質量分析装置の使用が必要である。

また、G 社の r は一般に T-80 と称する工業用 80%トルエンであり、トルエン及び芳香族炭化水素類以外の成分 C_7-C_8 のパラフィン系炭化水素からなるものと考ええる。

総 括

1. 裁判化学の領域における薬毒物の鑑定に繁用される 3 種のキャピラリーカラム DB-1, SP-WAX 10 及び DB-17 を用い、シンナー及びその関連有機溶剤 38 種について検討した結果、キャピラリー GC として一般的な 30 m カラムを用いる本 GC 条件において DB-1 及び SP-WAX 10 が 13—19 分という短時間で良好な分離能を有すること、特に、DB-1 では裁判化学上最も重要であるメタノール、酢酸エチル及びトルエンが他の関連有機溶剤と良好に分離することを明らかにした。また、両カラムの個々において確認困難な溶剤についても、両カラムの併用により容易にそれぞれの有機溶剤成分を確認することができた。

2. 従来、ラッカーシンナー(トルエン、メタノール等のアルコール類、酢酸エチル等のエステルを含む)等の有機溶剤の鑑定は重複ピークの関係で 2—3 種類のパックドカラムを併用して行わなければならなかったが、キャピラリーカラム DB-1 は 1 本のカラムで通常のラッカーシンナーと工業用トルエンの鑑定・識別を容易に行うことができ有用と考える。

以上, 本 GC 条件により, 鑑識化学領域で重要視されつつ正確に行うことができた.¹¹⁾
れるシンナー及びその関連有機溶剤の分析を迅速か

引用文献及び注

- 1) 警察庁刑事局, “犯罪統計便覧,” 昭和 40 年—平成 5 年.
- 2) 日本薬学会編, “薬毒物化学試験法と注解,” 南山堂, 東京, 1992, pp.85—121.
- 3) 作業環境測定基準 (昭和 51 年労働省告示第 46 号).
- 4) 労働省安全衛生部環境改善室編, “新訂作業環境測定ガイドブック 3,” (社) 日本作業環境測定協会, 東京, 1993, pp.148—156.
- 5) 日本薬学会編, “日本薬学会第 114 年会公衆衛生協議会資料,” 東京, 1994, pp.25—27.
- 6) P.J. Streete, M. Ruprah, *Analyst* (London), **117**, 111 (1992).
- 7) T. Inoue, Y. Takeuchi, M. Iwata, M. Ogata, K. Saito, H. Sakurai, I. Hara, T. Matsushita, M. Ikeda, *Ind. Health*, **21**, 175 (1983).
- 8) 浅井勝一, 後藤正志, 渡辺 伸, 石井大道, *分析化学*, **38**, 218 (1989).
- 9) K. Pekari, M.L. Rickkola, A. Aitio, *J. Chromatogr.*, **491**, 309 (1989).
- 10) 安居茂夫, 作業環境, 特集号 No. 25, 56 (1993).
- 11) 本方法の一部は日本薬学会第 115 年会公衆衛生協議会 (平成 7 年 3 月 29 日) において「薬毒物化学試験法」に収載された. 日本薬学会編, “日本薬学会第 115 年会公衆衛生協議会資料,” 仙台, 1995, pp.78—80.