

容許濃度：見表一 [6]

參考資料：NIOSH 1300, 1450, 1457, 1501, 2004,
2500

分子式：見表二

分子量：見表二

基本物性：見表二

別名：見表二

CAS No.：見表二

RTECS No.：見表二

採	樣	分	析
採樣介質：活性碳管(100 mg/50 mg)		方 法：GC/FID	
流 率：10-200 mL/min		分析物：如表一化合物	
採樣體積：最小 1.0 L		脫附：1 mL CS ₂ (含 20% n-pentanol)，脫附 30 分	
最大 見表八		注射量：1μL	
樣本運送：例行性		溫度 - 注入口：200 °C	
樣本穩定性：14 天@冷藏		- 偵檢器：250 °C	
現場空白樣本：每批樣本數的 10%，或至少 需二個以上		- 管柱：	
		10 °C/min 10 °C/min	
		30 °C —————> 55 °C —————> 120 °C	
		(3min) (4min) (3min)	
		載流氣體：氮氣，4 mL/min	
準 確 度[1]		管柱：30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX, 管內膜厚 1.0 μm	
範 圍：見表七		標準樣本：分析物溶於 20 % n-pentanol/CS ₂ 中	
偏 差：見表七		檢量線範圍：見表三	
總變異係數(CV _T)：見表七		可量化最低量：見表三	
準確度：見表七		分析變異係數(CV _a)：見表三	

適用範圍：本方法已實際應用於三家 PU 人造皮製造業工廠空氣中含丙酮、丁酮、甲苯及二甲基甲醯胺等有機物之測定。

干 擾：分析物若同時存在有甲醇，將產生干擾，可能無法以本分析方法之條件有效同時分離。

安全衛生注意事項：丙酮、乙酸乙酯、丁酮、甲苯、乙酸正丁酯、二甲基甲醯胺、正戊醇、二硫化碳等化合物均應置放於陰涼且通風良好處，緊蓋容器，並應遠離火源，金屬容器應作接地處理，使用時應配戴護目鏡、口罩及手套。CS₂ 易燃，有毒（閃火點=-30°C），準備樣本及標準品時，需在通風良好的煙櫃中進行。

註：本方法有標出參考文獻處，指內容係直接引用該文獻。

1.試藥

- 1.1 脫附劑：20 % n-pentanol/CS₂(層析級)，內含 0.1 %乙苯內標準品。
- 1.2 分析物：丙酮、乙酸乙酯、丁酮、甲苯、乙酸正丁酯、二甲基甲醯胺。
- 1.3 氮氣。
- 1.4 氫氣。
- 1.5 經過濾之空氣。

2.設備

- 2.1 採集設備：活性碳管（100 mg/50 mg），見「勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇」之採樣介質 [7]。
- 2.2 個人採樣泵：流率約 10~200 mL/min。
- 2.3 氣相層析儀：備有火焰離子化偵檢器(FID)、積分器，以及管柱。
- 2.4 2 mL 玻璃小瓶，備有聚四氟乙烯（PTFE）內襯的蓋子。
- 2.5 1 mL 定量吸管和吸球。
- 2.6 10 µL 之注射針筒。
- 2.7 10 mL 量瓶。
- 2.8 振盪器。

3.採樣

- 3.1 個人採樣泵連結活性碳管，進行流率校正，見「勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇」之採樣 [7]。
- 3.2 以正確且已知的流率，採集空氣。採樣泵流率為 10~200 mL/min，應採集的空氣體積約 1.0~5.2 L。
- 3.3 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜（parafilm）加封後運送。

4.脫附效率測定與樣本脫附

4.1 脫附效率測定

- 4.1.1 見「勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇」之脫附效率 [7]。
- 4.1.2 將活性碳管兩端切開，使開口與管徑同大，倒出後段的活性碳，丟棄之。
- 4.1.3 以注射針筒取適量的分析物，直接注入前段的活性碳上。各化合物之添加量見表三。
- 4.1.4 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜（parafilm）加封，冷藏靜置過夜。
- 4.1.5 以脫附劑脫附後，進行分析。

4.2 樣本脫附

4.2.1 打開活性碳管塑膠蓋，前端之玻璃綿拿出丟棄，前段之活性碳倒入 2 mL 的玻璃小瓶中。取出分隔之聚甲醯胺甲酯(PU)泡綿，後段之活性碳倒入另一個 2 mL 的玻璃小瓶。

4.2.2 每一玻璃小瓶中，加入脫附劑 1 mL，立即蓋上瓶蓋。

4.2.3 以振盪器振盪 30 分後測定。

5. 檢量線製作與品管

5.1 檢量線製作

5.1.1 見「勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇」之檢量線製作與品管 [7]。

5.1.2 以注射針筒直接注入含有 1 mL 脫附劑的玻璃小瓶中。所建立之檢量線濃度範圍見表三。

（註：至少應配製 5 種不同濃度的標準溶液，以建立檢量線。）

5.1.3 將樣本、標準溶液與空白樣本同批一起分析。

5.1.4 以波峰面積（或高度）對分析物的濃度，繪製檢量線。

5.2 品質管制

5.2.1 見「勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇」之檢量線製作與品管 [7]。

6 儀器分析

6.1 儀器分析條件

	條	件
儀器	Shimadzu GC/FID	
管柱	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica, WCOT, DB-Wax, 管內膜厚 1μm	
流率 (mL/min)		
空氣	480	
氫氣	48	
氮氣	4	
分流	未分流	
溫度 (°C)		
注入口	200	
偵檢器	250	
管 柱	10°C/min 30°C → 55°C (3min) 10°C/min 55°C → 120°C (4min) 120°C (3min)	

註：以 Shimadzu 為例，亦可使用其它廠牌同級之儀器，但分析條件需另訂之。

6.2 大約滯留時間

化合物	滯留時間（分鐘）
正戊醇（助脫附劑）	17.05
乙苯(內標準品)	12.15
CS ₂ (脫附劑)	2.82
丙酮	3.79
乙酸乙酯	5.22
丁酮	5.54
甲苯	9.34
乙酸正丁酯	10.50
二甲基甲醯胺	19.73

6.3 脫附效率*

化合物	** 容許 濃度 (ppm)	相當採樣 體積 (L)	添加量 (mg/樣本)	平均脫附 效率(%)	分析變異係數 CVa(%)
丙酮	750	0.248-0.991	0.441-1.765	93.35	1.29
乙酸乙酯	400	0.05-0.2	0.072-0.289	91.75	4.64
丁酮	200	0.162-0.643	0.097-0.386	91.47	1.52
甲苯	100	0.923-3.691	0.347-1.387	94.84	1.56
乙酸正丁酯	150	0.494-1.978	0.352-1.408	96.42	0.90
二甲基甲醯胺	10	7.467-29.80	0.227-0.906	86.23	4.36

* 採樣介質為 SKC 型號 226-01，批號 2000 活性碳管（100 mg/50 mg），或可使用其他廠牌的同級品。

****行政院勞工委員會**民國 84 年 6 月之標準。

6.4 注射樣品進入氣相層析儀，使用自動注射器或採用溶劑沖刷注射技術(solvent flush injection technique)——利用 10 μL 之注射針筒先以溶劑(CS_2)沖刷數次濕潤針管與活塞，約取 3 μL 溶劑後，吸入約 0.2 μL 空氣，以分開溶劑與樣品，針頭再浸入樣品中吸入 1 μL 樣品後，在空氣中後退約 1.2 μL ，以減少針頭樣品蒸發之機會，檢視注射針筒之針管樣品佔 0.9~1.1 μL 。

6.5 以電子積分器或其他適當方法計算面積（或高度），分析結果自檢量線上求出。

7.計算

$$C = \frac{(W_f - B_f + W_b - B_b) \times 10^3}{V}$$

C：空氣中有害物濃度(mg/m^3)

V：採集氣體體積(L)

W_f ：前段活性碳管所含分析物之質量(mg)

W_b ：後段活性碳管所含分析物之質量(mg)

B_f ：現場空白樣品前段的算術平均質量(mg)

B_b ：現場空白樣品後段的算術平均質量(mg)

註：如(W_b) > ($W_f / 10$)即表破出，樣本可能有損失。

8.方法驗證

8.1 方法驗證分析條件

	製訂單位	覆驗單位
儀 器	GC/FID	GC/FID
分析條件		
溫度(°C)		
注入口	200	200
偵檢器	250	250
管 柱	10 °C/min 10 °C/min 30 °C → 55 °C → 120 °C (3min) (4min) (3min)	10 °C/min 10 °C/min 35 °C → 55 °C → 110 °C (3min) (4min) (10.5min)
流率(mL/min)		
空氣	480	400
氫氣	48	30
氮氣	4	2
分流	未分流	未分流
管柱	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX, 管內膜厚 1 μm	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX, 管內膜厚 3 μm

8.2 脫附效率驗證

化合物	添加量 (mg/樣本)	製訂單位 ¹		添加量 (mg/樣本)	覆驗單位 ²	
		平均脫附 效率(%)	CVa (%)		平均脫附 效率(%)	CVa (%)
丙酮	0.441-1.765	93.4	1.29	0.294-1.177	95.5	3.46
乙酸乙酯	0.072-0.289	91.8	4.64	0.048-0.192	99.8	0.25
丁酮	0.097-0.386	91.5	1.52	0.064-0.258	95.2	0.02
甲苯	0.347-1.387	94.8	1.56	0.231-0.925	99.0	1.95
乙酸正丁酯	0.352-1.408	96.4	0.90	0.235-0.939	101.6	0.27
二甲基甲醯胺	0.227-0.906	86.2	4.36	0.151-0.604	85.4	1.61

¹ 製訂單位測試樣本數 n=6

² 覆驗單位測試樣本數 n=3

9.高濕環境下破出測試與樣本貯存穩定性測試

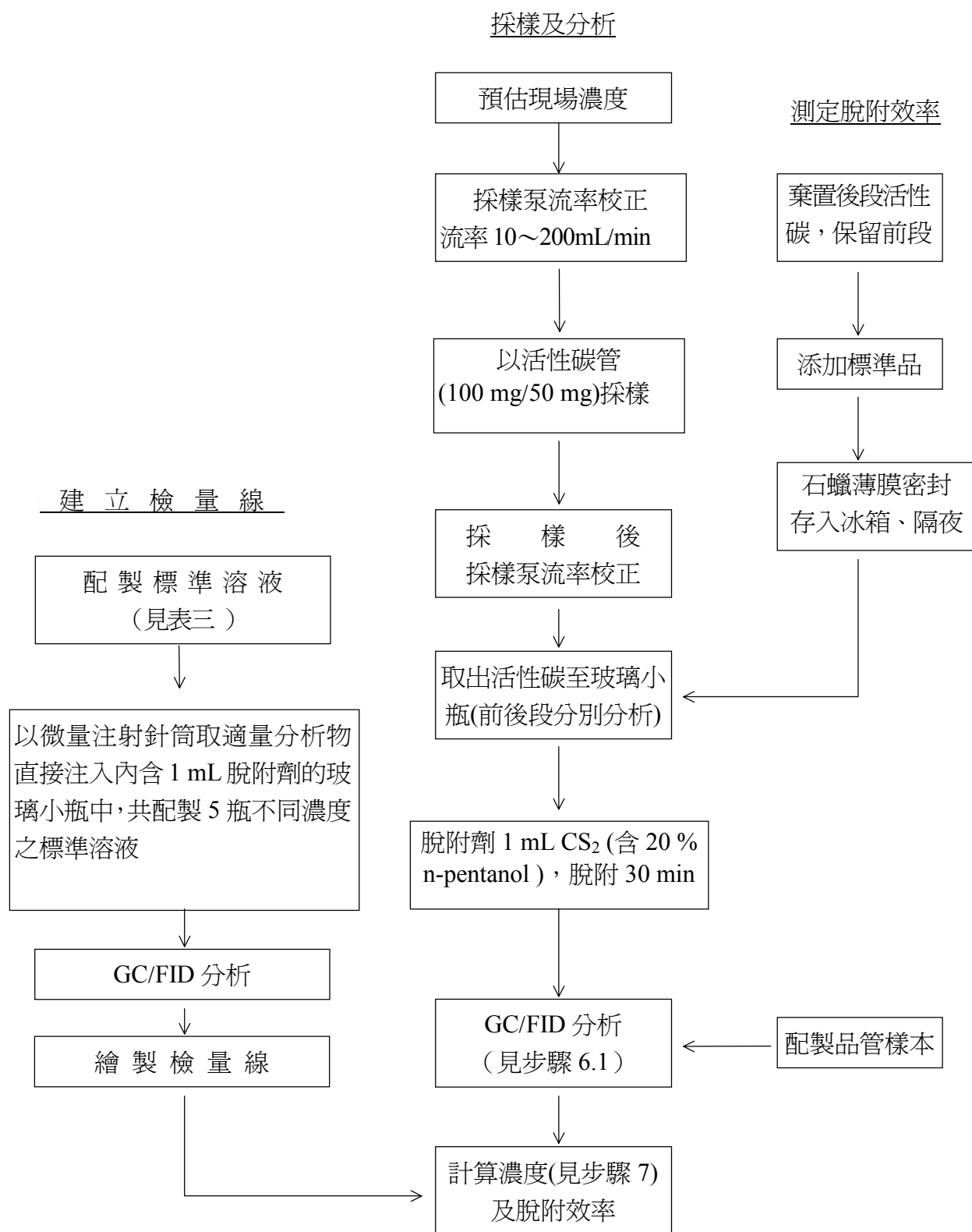
本方法評估是以注射針驅動法產生標準氣體，並於 30.1 ± 0.3 °C， 79 ± 0.9 % RH 高濕環境下，進行 6 個樣本之破出測試，混和氣體測試濃度：丙酮/乙酸乙酯/丁酮/甲苯/乙酸丁酯/二甲基甲醯胺：196 ppm/104 ppm/52 ppm/26 ppm/39 ppm/2.6 ppm，於 50 mL/min 之採樣流率下，152 分鐘後有 5 %破出現象產生，故建議最大採樣體積為 5.2 L，破出測試結果如表八。

樣本儲放穩定性測試，以添加方式分別於室溫及冷藏條件下進行樣本儲放穩定性測試，測試結果如表六，此混存物於 4 °C 冷藏環境下，至少可儲放 14 天。

10.參考文獻

- [1] Documentation of the NIOSH Validation Tests, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH)77-185(1977).
- [2] National Institute for Occupation Safety and Health, 1994, USA : “NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) ”. 4th ED., Method no 1300, 1450, 1457, 1501, 2004, 2500 , U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ.
- [3] Occupational Safety and Health Agency, 1990, USA : “Analytical Methods Manual”, Second Edition, method no.66, Salt Lake City Analytical Laboratory, Salt Lake City, Utah.
- [4] 「PU 合成皮及合成皮製造工廠作業勞工有機溶劑暴露實況與健康影響調查研究」，陳文平，陳俊六，台灣省政府勞工處，1991。
- [5] 作業環境空氣中有害物採樣分析參考方法驗證程序，IOSH85-T-011，勞工委員會勞工安全衛生研究所，1996。
- [6] 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，行政院勞工委員會，民國 84 年 6 月。
- [7] 勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇，行政院勞工委員會，民國 84 年 12 月。

附註一 採樣分析流程圖



表一、PU 人造皮製造業空氣中六種有機物容許濃度標準

單位：ppm

化合物	行政院勞工	OSHA	NIOSH		ACGIH ^{*2}		mg/m ³
	委員會[6]						
	PEL ^{*1}	TWA	TWA	Ceiling	STEL	TLV	STEL
							=
							ppm@NTP
丙酮	750	750			1000	500	750
乙酸乙酯	400	400	400	—	400	400	—
丁酮(甲乙酮)	200	200	200	—	300	200	300
甲苯	100	200	100	—	150	50	—
乙酸丁酯	150	150	150	—	200	150	200
二甲基甲醯胺	10	10	—	—	—	10	—

^{*1} 八小時日時量平均容許濃度，行政院勞工委員會民國 84 年 6 月。

^{*2} ACGIH Booklet 1999

表二、PU 人造皮製造業空氣中六種有機物基本物性資料

化合物 / 別名	CAS No.	分子式	分子量	沸點(℃)	蒸氣壓@25℃		密度 @20℃ (g/mL)
	RTECS No.	/ 簡式			(mmHg)	(Kpa)	
Acetone	67-19-7 AL3150000	CH ₃ COCH ₃ / C ₃ H ₆ O	58.05	56	266	35.5	0.790
Ethyl acetate	141-78-6 AH5425000	CH ₃ COOC ₂ H ₅ / C ₄ H ₆ O ₂	88.10	77	73	9.7	0.902
Methyl ethyl ketone	78-93-3 EL6475000	CH ₃ COC ₂ H ₅ /C ₃ H ₈ O	72.10	79.6	77.5	10.33	0.805
toluene	108-88-3 XS 5250000	C ₆ H ₅ CH ₃ / C ₇ H ₈	92.14	110.6	28.4	3.79	0.867
n-butyl acetate	123-86-4 AF 7350000	C ₆ H ₁₂ O ₂ / CH ₃ COO(CH ₂) ₃ CH	116.16	126	10	1.3	0.883
Dimethylformamide	68-12-2 LQ2100000	CHONC ₂ H ₆ / C ₃ H ₇ ON	73.09	153	3.7	0.49	0.945

表三、測定範圍、可量化最低量、檢量線範圍

化合物	測	定	可量化最低量 (mg/樣本)	檢量線範圍* (mg/mL)
	添加量 (mg)	分析變異係數 CVa (%)		
丙酮	0.441-1.765	1.29	0.033	0.033-1.991
乙酸乙酯	0.072-0.289	4.64	0.009	0.009-0.540
丁酮	0.097-0.386	1.52	0.009	0.009-0.536
甲苯	0.347-1.387	1.56	0.029	0.029-1.758
乙酸丁酯	0.352-1.408	0.90	0.030	0.030-1.810
二甲基甲醯胺	0.227-0.906	4.36	0.023	0.023-1.365

*檢量線濃度為三點多段迴歸

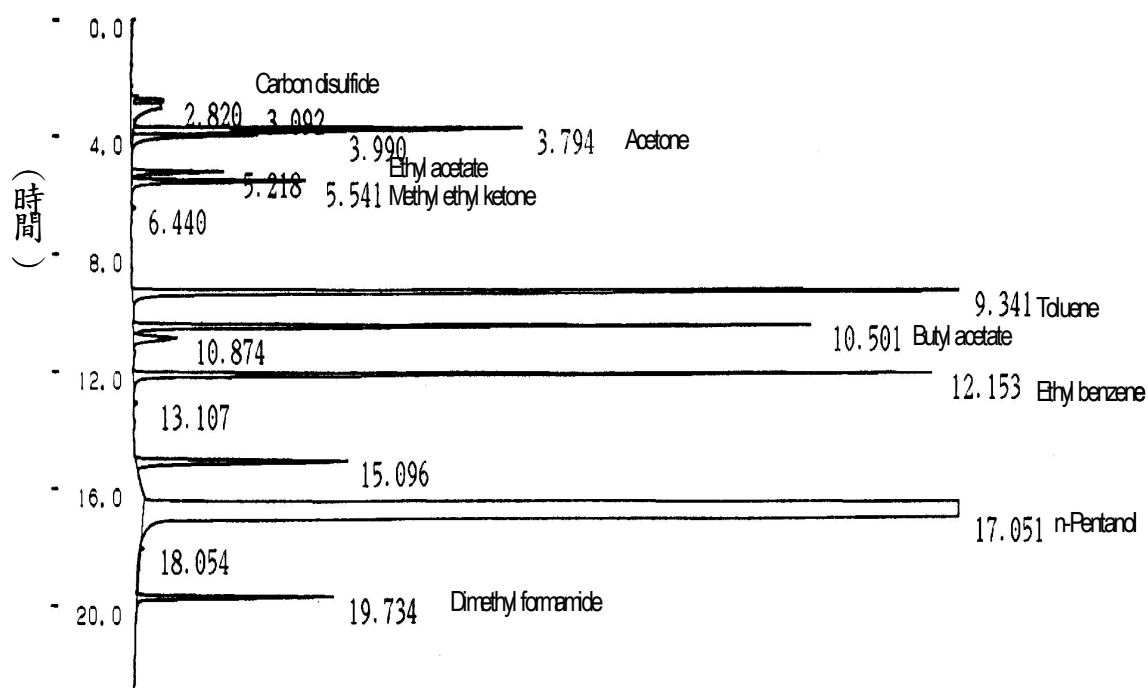
表四、分析方法驗證條件

	製訂單位	協同覆驗單位
儀 器	GC/FID (Shimadzu GC-14A)	GC/FID (HP5890)
分析條件		
溫度(°C)		
注入口	200	200
偵檢器	250	250
管 柱	10°C/min 10°C/min 30°C → 55°C → 120°C (3min) (4min) (3min)	10°C/min 10°C/min 35°C → 55°C → 110°C (3min) (4min) (10.5min)
流率(mL/min)		
空氣	480	400
氫氣	48	30
氮氣	4	2
分流	未分流	未分流
管柱	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX , 管內膜厚 1 μm	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX , 管內膜厚 3 μm

二、分析圖譜及分析條件

1. 圖譜

(反應)



2.分析條件

	條	件
儀器	GC/FID	
管柱	30 m × 0.53 mm ID, Fused silica WCOT, DB-WAX, 管內膜厚 1 μm	
流率 (mL/min)		
空氣	480	
氫氣	48	
氮氣	4	
分流	未分流	
溫度 (°C)		
注入口	200	
偵檢器	250	
管 柱	10 °C/min	10 °C/min
	30 °C —————▶ 55 °C —————▶ 120 °C	
	(3min) (4min) (3min)	

表五、本分析方法實驗室間盲樣測試結果

化合物	添加量(mg)	製訂單位		覆驗單位		平均* ²
		測試值 (mg)	誤差* ¹ (%)	測試值 (mg)	誤差 (%)	誤差 (%)
丙酮	1.10	1.16	5.27	1.17	6.12	5.70
	0.772	0.749	-2.99	0.821	6.26	4.62
	0.331	0.321	-3.03	0.331	0.04	1.47
乙酸乙酯	0.181	0.188	3.87	0.193	6.45	5.46
	0.127	0.122	-3.94	0.135	6.55	5.18
	0.054	0.050	-7.41	0.059	8.42	8.42
丁酮	0.242	0.249	2.89	0.241	-0.40	1.68
	0.169	0.158	-6.51	0.167	-1.04	3.95
	0.073	0.068	-5.56	0.074	2.08	3.83
甲苯	0.867	0.858	-1.04	0.891	2.75	1.91
	0.607	0.569	-6.26	0.617	1.65	3.96
	0.260	0.249	-4.11	0.268	3.03	3.57
乙酸丁酯	0.880	0.908	3.23	0.866	-1.56	2.40
	0.616	0.604	-2.00	0.596	-3.20	1.60
	0.264	0.269	2.05	0.261	-1.10	1.58
二甲基甲	0.566	0.537	-5.12	0.610	7.70	6.41
醯胺	0.397	0.369	-7.04	0.420	5.93	6.49
	0.170	0.164	-3.52	0.200	17.7	10.4

誤差*¹：(測試值-添加量)/添加量

平均誤差*²：兩個單位誤差百分比絕對值之平均

表六 PU 人造皮製造業空氣中六種有機物穩定性測試

儲存天數		第 1 天		第 7 天	第 14 天	第 21 天	第 28 天	第 1 天	第 7 天	第 14 天	第 21 天	第 28 天
樣本數		6	6	3	3	3	3	6	3	3	3	3
分析物	添加量 (mg/樣品)	分析量 (mg/樣品)	冷藏 相對回收率(%)					室溫 相對回收率(%)				
丙酮	1.770	1.682	100.00	100.81	107.27	78.63	88.60	100.00	101.05	102.32	76.91	77.11
乙酸乙酯	0.289	0.291	100.00	98.75	103.75	88.75	93.18	100.00	98.85	103.89	89.69	90.38
丁酮	0.386	0.360	100.00	100.36	103.56	100.09	95.80	100.00	93.99	93.34	87.33	77.80
甲苯	1.387	1.321	100.00	102.27	103.33	101.51	101.01	100.00	100.98	103.46	101.66	99.87
乙酸丁酯	1.408	1.406	100.00	101.49	105.34	100.40	99.10	100.00	97.08	105.05	100.02	99.19
二甲基甲醯 胺	0.906	0.840	100.00	104.18	103.98	103.51	103.71	100.00	101.27	104.72	104.72	102.22

* 回收率：平均分析量/添加量

* 相對回收率：當天回收率/第一天回收率

表七、PU 人造皮製造業空氣中六種有機物準確度一覽表 [1]

化合物	丙酮	乙酸乙酯	丁酮	甲苯	乙酸丁酯	二甲基甲醯胺
採集介質	活性炭管	活性炭管	碳分子篩	活性炭管	活性炭管	矽膠管
脫附效率	0.86	0.91	1.03	-----	0.94	0.92
脫附溶劑	二硫化碳	二硫化碳	二硫化碳	二硫化碳	二硫化碳	甲醇
分析儀器	GC/FID	GC/FID	GC/FID	GC/FID	GC/FID	GC/FID
穩定度	-----	6 天@5 °C	6 週@25 °C	至少 2 週	未測	5 天@25 °C
範圍(mg/m ³)	1200~4500	704~2950	295~1180	548~2190	352~1475	11~61
偏差(%)	-----	-2.1	6.21	1.6	0.3	-0.8
總變異係數	0.23	0.058	0.069	0.052	0.069	0.067
準確度(%)	± 8.2	± 11.8	± 17.8	± 10.9	10.4	± 11.7
參考資料	NIOSH 1300	NIOSH 1457	NIOSH 2500	NIOSH 1501	NIOSH 1450	NIOSH 2004

表八、破出測試結果

	測 試 條 件 ¹
溫度	30.1 ± 0.3 °C
溼度	79 ± 0.9 % RH
採樣流率(mL/min)	50
5%破出時間(分)	151.6 ± 1.8
5%破出體積(L)	7.77 ± 0.12
最大採樣體積 ² (L)	5.20

註：1.混和氣體測試濃度：丙酮/乙酸乙酯/丁酮/甲苯/乙酸正丁酯/二甲基甲醯胺分別
為 195.7 ppm/ 104.4 ppm/ 26.1 ppm/ 39.1 ppm/ 39.1 ppm/ 2.6 ppm。

2.最大採樣體積=0.67 × (5 %破出體積)；0.67 為安全係數。