

行政院勞工委員會採樣分析建議方法

方法編號:CLA3301 (等級A)	
化合物中文名 汞	化合物英文名 Mercury
容許濃度	參考資料：NIOSH 6009
勞委會：0.05 mg/m ³ (汞蒸氣及其化合物，皮膚)	(5/8/1994) [1]
OSHA：0.05 mg/m ³ (皮膚)	分子式：Hg
NIOSH：0.05 mg/m ³ (皮膚)	分子量：200.59
ACGIH：0.05 mg/m ³ (皮膚)	別名：quicksilver，水銀
基本物性：	CAS No.：7439-97-6
液態：密度13.55 g/ml @ 20	RTECS No.：OV4550000
沸點：356	
熔點：-39	
蒸氣壓：0.16Pa(0.0012 mmHg，13.2mg/m ³) @ 20	
採	分
樣	析
採樣介質：200mg單段式汞採樣管 (Hydrar or Hopcalite sorbent tube)	方 法：冷汞蒸氣原子吸收光譜 (CVAAS)
流 率：150~250 mL/min	分析物：汞 (Hg)
採樣體積：最小 2 L@0.05mg/m ³ 最大100 L	脫附：濃硝酸、濃鹽酸各2.5mL 最終溶液：加去離子水稀釋至50mL
樣品運送：例行性	火焰：無
樣品穩定性：30 天@ 25	波 長：253.7 nm
現場空白樣品：每批樣品數的10%，至少需二個以上	標準樣品：Hg ⁺² 溶於1%硝酸
準 確 度 [3]	檢量線範圍：2 - 80 µg/L
範 圍：0.5 2.0 µg/樣品	可量化最低量：0.015 µg/sample
偏 差：1.6%	分析變異係數(CV _a)：1.2%
總變異係數(CV _T)：5.1%	
準確度：11.8%	
適用範圍：20L的空氣樣品，本方法有效分析範圍是0.005~0.2mg/m ³ 。採樣介質對汞元素的吸附及氧化為不可逆反應。在採樣管前放置直徑37 mm，孔徑0.8 µm,纖維素酯濾紙，可以隔離或同時採集含汞粒狀化合物。	
干 擾：有機/無機汞(蒸氣以外狀態)可能造成正干擾。對於具有氧化性之氣體包括氯氣不會造成干擾。	
安全衛生注意事項：(1)在危害性物質分類中，汞為第八類腐蝕性物質，其蒸氣可由皮膚或呼吸道進入人體。(2)樣品前處理消化步驟必須在抽氣煙櫃中進行。	
其他方法：勞委會2308建議分析方法採用硼氫化鈉產生冷汞，會還原Hydrar或Hoplicate採樣介質而造成分析干擾。此方法與NIOSH 6009, OSHA 145H分析方法類似。	

1. 試藥

1.1 去離子水。

1.2 高純氮氣 (99.9% 以上)。

1.3 濃硝酸：65% HNO_3 ，分析級，汞含量低於 5ppb。

1.4 濃鹽酸：37% HCl ，分析級，汞含量低於 5ppb。

1.5 氯化亞錫： $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶體，分析級，汞含量低於 10ppb。

1.6 汞標準溶液：1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 市售汞標準溶液。

1.7 1% 硝酸溶液：取 15mL 濃硝酸加入盛有去離子水的 1L 量瓶，再以去離子水稀釋至刻度。

1.8 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 汞檢量儲備溶液：(當日配製) 以微量吸管量取 100 μL 汞標準溶液加入盛有 1% 硝酸的 100mL 量瓶中，再以 1% 硝酸稀釋至刻度。

1.9 5% SnCl_2 溶液溶於 10% HCl ：(當日配製) 以 50mL 濃鹽酸溶解約 12g 氯化亞錫晶體並以去離子水稀釋至 200mL。

2. 設備

2.1 捕集設備：單段式汞採集管 (200mg)，見勞工作業環境空氣中有害物標準分析方法建議方法通則篇之採樣介質[4]。若欲隔離或同時採集含汞粒狀物，可在採集管前加裝含 0.8 μm , 37mm 纖維素酯濾紙之採集器。

2.2 個人採樣泵：流率約 150 250 mL/min。

2.3 原子吸收光譜儀：附冷汞蒸氣產生器 (Cold Vapor Generator)。

2.4 Hg 中空陰極管 (HCL) 或無電極燈管 (EDL)。

2.5 100mL 燒杯。

2.5 50mL 量筒。

2.6 50, 100, 200 mL 及 1L 量瓶。

2.7 200 μ L 及 10mL 吸管。

所有玻璃器皿皆經 1:1 硝酸浸泡 24 小時後，以去離子水清洗晾乾備用。

3.採樣

3.1 個人採樣泵連結採集管，進行流率校正，見勞工作業環境空氣中有害物標準分析方法建議方法通則篇之採樣[4]。

3.2 以正確且已知的流率，採集空氣。採樣泵流率為 150 250 mL/min，應採集的空氣體積約 2 100 L。

3.3 每批樣品需以二支以上同一批號採集管作為現場空白樣品。

3.4 將採集管加蓋並以石臘膜 (parafilm) 封裝後運送。

4.回收率測定與樣品前處理

4.1 回收率測定

4.1.1 見勞工作業環境空氣中有害物標準分析方法建議方法通則篇之回收率 [4]。

4.1.2 準備 4 支同一批號採集管，一為介質空白樣品，其他則以步驟 4.1.3 製備三不同濃度品管樣品。

4.1.3 以微量吸管取適量的分析物，直接添加於採樣介質。添加量為 0.5
2 μ g。

4.1.4 依 4.2 節步驟消化後進行分析。

4.2 樣品前處理（註：以下步驟需在抽氣煙櫃中進行）

4.2.1 打開採集管塑膠蓋，切開兩端，將採樣介質與所有玻璃棉倒入 50 mL
量瓶，以 2.5 mL 濃硝酸沖洗採集管內壁，沖洗液需注入量瓶中。（註：
為避免汞的漏失，需先加硝酸後加鹽酸，使汞保持較為穩定之氧化狀
態）

4.2.2 加入 2.5mL 濃鹽酸至量瓶，適當的搖動，靜置至少 1 小時直到黑色採
樣介質完全溶解。此時溶液為暗棕色但可能含有部份未溶解沈澱物。

4.2.3 以去離子水稀釋至 50mL，溶液轉為淡青色，上一步驟中沈澱物此時
應為白色，若有黑色沈澱物則表示消化未完全。

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標準分析方法建議方法通則篇之檢量線
製作與品管[4]。

5.1.2 取適量 1 μ g/mL 儲備溶液於盛有 1% HNO_3 溶液的 100mL 量瓶中，再稀
釋至其刻度。所建立之檢量線濃度範圍約為 2~80 μ g/L。（註：至少應
配製 5 種不同濃度的標準溶液的測試分析，以建立檢量線。）

5.1.4 將標準溶液與試藥空白樣品（1% HNO_3 溶液）一併分析。

5.1.5 以原子吸收光譜波峰面積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標準分析方法建議方法通則篇之檢量線

製作與品管[4]。

5.2.2 每隔 10 個樣品，測試一次標準溶液，以檢查儀器的狀況是否穩定。

6 儀器分析

6.1 儀器分析條件 (註 1)

儀 器	: CVAAS
波 長	: 253.7nm
燈 管	: 汞燈管(HCL或EDL)
燈管電流	: HCL 15mA, EDL 180mA
光隙(slit width)	: 0.7nm
背景校正	: D ₂ (氬燈)或茲曼(Zeeman)背景校正
火 焰	: 無
氣體流率	: N ₂ 2.5kg/cm ² , 2.0L/min (註2, 參考儀器手冊)
樣 品 量	: 10mL

註：1以Perkin Elmer 5100為例，亦可使用其它廠牌同級之儀器，但分析條件需另訂之。

2以Perkin Elmer 5100 MHS-10為例。

6.2 測定標準溶液、樣品、空白樣品的吸光波峰面積，並加以記錄。

註：如果樣品測定訊號大於本方法的線性範圍，需以去離子水稀釋之並重新測定，計算濃度時，需乘以稀釋倍數。

6.3 回收率*

化 合 物	容許濃度 ** (mg/m ³)	相當採樣 體 積 (L)	添 加 量 μg	平均回 收 率 (%)	分析變異 係數CVa (%)
汞	0.05	10-40	0.5~2	101.6	1.2

* 採樣管為SKC 226-17-1A Hopcalite 採樣管。

** 勞委會民國92年12月之標準。

7.計算

$$C = \frac{(C_s V_s - C_b V_b)}{V}$$

C : 空氣中有害物濃度(mg/m^3)

V : 採樣氣體體積(L)

C_s : 樣品濃度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)

C_b : 現場空白樣品平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)

V_s : 樣品溶液體積 (mL)

V_b : 現場空白樣品溶液體積 (mL)

8.方法驗證

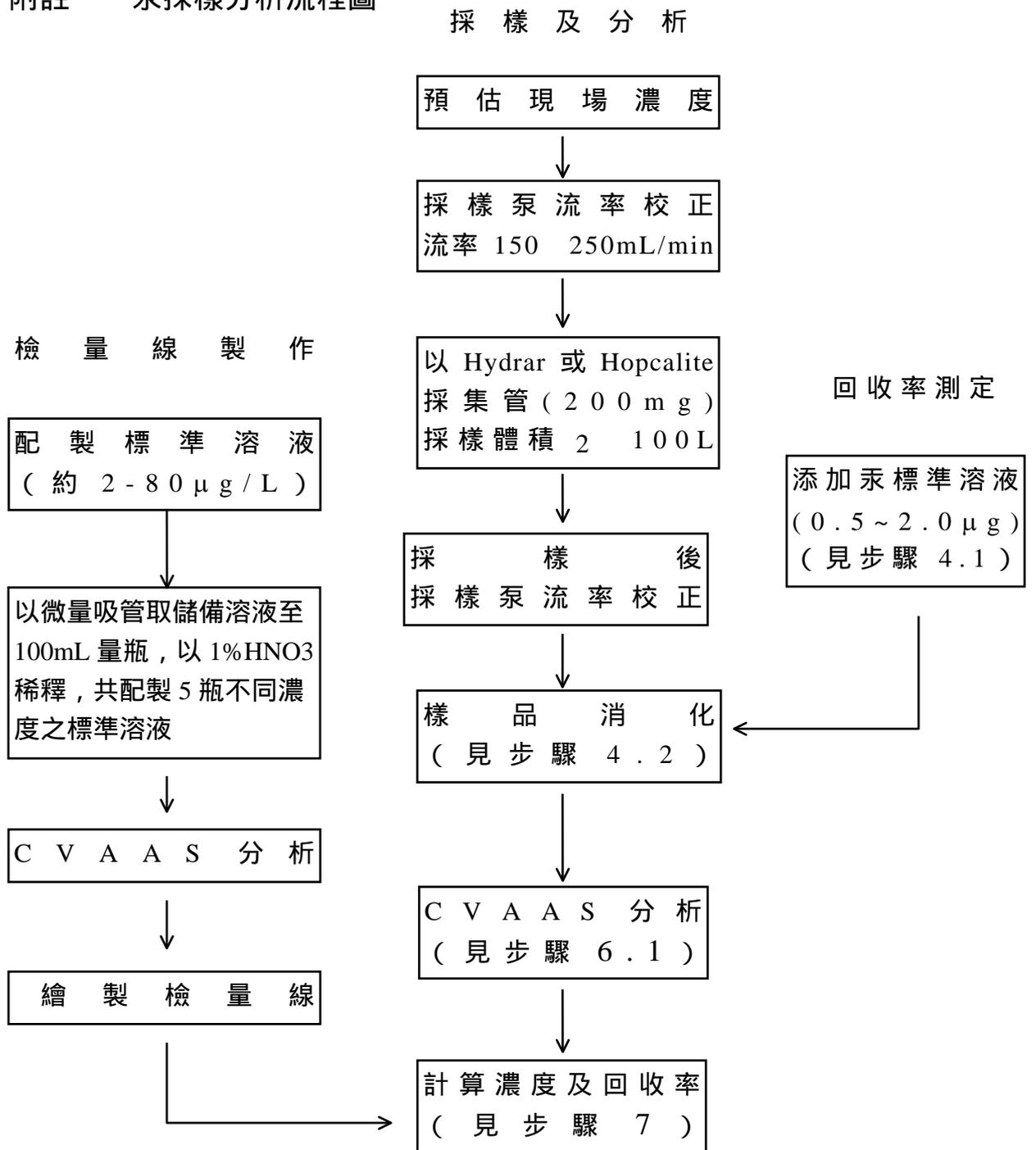
	測 試 1	測 試 2
儀 器	CVAAS(PE1100B)	CVAAS(PE5100)
分析條件		
波 長	253.7nm	253.7nm
燈 管	EDL汞燈管	EDL汞燈管
燈管電流	180mA	180mA
光隙(slit)	0.7nm	0.7nm
背景校正	無	無
火 焰	無	無
氣體流率	2.0L/min	2.0L/min
樣 品 量	10mL	10mL
平均回收率	101.6%	99.8%
分析變異係數 CV a	1.2%	1.6%

9.文獻

[1] NIOSH Manual of Analytical Method (NMAM), 4th ed. , 6009, (1994)。

- [2] 勞工作業環境空氣中有害容許濃度標準，行政院勞工委員會，中華民國
92年12月。
- [3] 汞蒸汽採樣分析技術研發與驗證，勞工安全衛生研究所，IOSH87-A306，
中華民國87年8月。
- [4] 勞工作業環境空氣中有害物標準分析方法建議方法通則篇，行政院勞工委
員會，中華民國84年12月。

附註一 汞採樣分析流程圖



附註二 所參考分析方法之主要資料

1.本分析方法是參照NIOSH6009分析方法而成。

2.儀器分析條件：

方 法：CVAAS

分析物：Mercury

消化：2.5mL硝酸加2.5mL鹽酸

最終溶液：加去離子水至50mL

火焰：無

波長：253.7nm

標準樣品：Hg(II)溶於1%硝酸中

檢量線範圍：0.1 1.2 $\mu\text{g}/\text{sample}$

預估偵測極限：0.03 $\mu\text{g}/\text{sample}$

分析變異係數 (CVa)：4.2%

3.方法評估

Rathji與Marcero最先採用Hopcalite (MSA, Inc.) 作為汞蒸氣吸附劑，後來在測定汞蒸氣方法中，證明較其他採樣介質為佳。在實驗設計中汞蒸氣產生濃度平均在0.05~0.2mg/m³之間，吸附管中平均裝載1~7 μg 之汞蒸氣。目前所使用之Hydrar物質類似Hopcalite，這兩種物質對汞的吸附能力，在實驗室分析顯示並無顯著差異。

OSHA對Hydrar採樣介質進行分析方法驗證，以一已知量(0.9~3 μg $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$)。加在18支採樣管上，平均回收率為99%，相對偏差(Sr)為0.042。樣品置於室溫下三星期或-15 $^{\circ}\text{C}$ 下三個月對回收率並無影響，但更長時期的樣品儲存穩定性尚未探討。