

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

正己烷危害探討

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：師資改善專研計劃 CNOS94-02

執行期間：94年1月1日至94年12月31日

計畫主持人：莊依文

共同主持人：

計畫參與人員：

執行單位：嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

中華民國95年2月28日

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

正己烷危害探討

計畫編號：師資改善專研計畫 CNOS94-02

執行期間：94 年 1 月 1 日至 94 年 12 月 31 日

計畫主持人：莊依文 嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

一、中文摘要

正己烷為廣泛使用的有機溶劑，可溶解非極性與低極性有機物質。職業暴露正己烷曾引發暴露勞工多發性周邊神經病變。美國 OSHA 與 ACGIH 將 PEL-TWA 與 TLV-TWA 分別定為 500ppm 與 50ppm，勞委會定正己烷的容許濃度為 50ppm。本研究將做文獻探討研究作業勞工正己烷暴露評估採樣分析方法、勞工暴露現況、作業勞工暴露生物偵測方法與健康危害-辨色力影響評估。

關鍵詞：正己烷、暴露評估、辨色力

n-Hexane a widely used organic solvent, can dissolve non-polar and low polar organic compounds. Occupational exposure to n-hexane induces toxicity on the peripheral nervous system. ACGIH and OSHA of the United States adopt the value of 50 ppm and 500 pm as its TLV-TWA and PEL-TWA respectively. In this report, the sampling and analysis method, biological monitoring, color vision effect of n-hexane are introduced and discussed.

key words: n-hexane, exposure assessment, color vision

二、緣由與目的

正己烷是一種廣泛使用的非極性有

機溶劑，為無色、澄清液體，具汽油味，沸點 68.7 °C，在 25°C 時蒸氣壓 151.3mmHg，高度易燃。急性暴露正己烷可抑制中樞神經系統，引起頭痛、眼花、噁心、頭暈和無意識。慢性吸入暴露會影響周邊神經系統，造成手指及腳趾麻木、刺痛、困倦、抽筋、走路困難、腹部疼痛、食慾喪失、體重減輕；慢性皮膚暴露引起皮膚乾燥、紅、癢；慢性眼睛暴露會引起視覺異常及眼色素變化[1]。美國 OSHA 與 ACGIH 將 PEL-TWA 與 TLV-TWA 分別定為 500ppm 與 50ppm [2, 3]，勞委會定正己烷的容許濃度為 50ppm[4]。本研究將做文獻探討研究作業勞工正己烷暴露評估採樣分析方法、勞工暴露現況、作業勞工暴露生物偵測方法與健康危害-辨色力影響評估。

三、研究方法

經由收集文獻，整理、分析正己烷的採樣分析、生物偵測方法與健康危害評估。

四、結果與討論

1. 正己烷的採樣分析方法

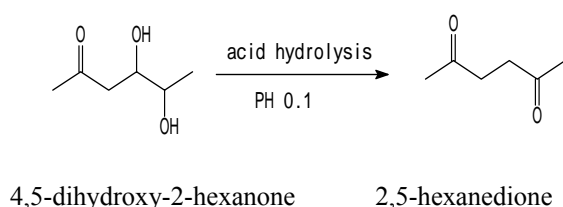
勞委會和 NIOSH 正己烷的採樣方法 [5, 6]，採樣介質使用活性碳管 (100mg/50mg)，採樣流率 10-200mL/min，分析儀器使用氣相層析儀/火焰離子偵檢器 (GC/FID)，脫附劑為 CS₂，採樣分析方法摘要如表一，勞委會和 NIOSH 的採樣分析方法類似，只在 GC 儀器分析條件

有些微差異，如載流氣體，NIOSH 1500 使用氦氣，而勞委會方法 1905 使用氮氣，另外 GC 注入口、偵檢器、管柱設定溫度亦不同。勞委會方法 1905 可測定含正己烷在內沸點 36-126°C 的碳氫化合物，而 NIOSH 1500 可測定含正己烷在內沸點 36-216°C 的碳氫化合物，因此在 GC 分析時使用管柱溫度梯度沖提，較長沖提時間，沖提時間分別為：勞委會方法 1905，10min；NIOSH 1500 37 min。假如作業環境中只有使用正己烷而無其他化學物質時，在 GC 分析正己烷時建議可使用定溫 50°C 沖提，沖提時間 5min。使用定溫沖提節省儀器溫度升降回復就緒再執行下一個樣品所需時間。而正己烷沸點不高，可在 5min 內沖提完畢。

2. 正己烷暴露生物偵測方法

職業暴露正己烷造成多發性周邊神經病變，主要由其毒性代謝物 2,5-己二酮 (2,5-hexanedione) 所引起。正己烷暴露生物偵測方法研究[7]先以鹽酸水解後，再以二氯甲烷萃取尿中 2,5-己二酮；氣相層析儀分析樣品，變異係數 3.49%，相對預測偏差值 < 7%，添加萃取回收率 95% 以上。

正己烷在體內的另一代謝物 4, 5-二氫氧基-2-己酮 (4,5-dihydroxy-2-hexanone)，在酸水解過程會被轉成 2,5-己二酮[8]，其反應式如下：



因此正己烷暴露生物偵測經酸水解、萃取、GC 定量，所得的量包含 2,5-己二酮與

4, 5-二氫氧基-2-己酮。勞工於工作環境暴露空氣中正己烷的濃度正比於代謝後 2,5-己二酮與 4, 5-二氫氧基-2-己酮的總量[8]。若預測得代謝物 2,5-己二酮的量，必須直接以二氯甲烷萃取尿中 2,5-己二酮，(省去酸解的過程)再以 GC 分析。由於 2,5-己二酮是造成正己烷毒性作用的主要代謝物，因此正己烷危害評估生物偵測，被建議針對 2,5-己二酮單獨測定[8]。

正己烷在體內代謝途徑如圖 1 所示[9]。

3. 正己烷中毒案例研究

19 位女性勞工從事鞋底和鞋墊刷膠工作[10]，所用汽油膠含正己烷 61.0-61.7%，其餘含汽油、甲苯、二甲苯與生橡膠。監測工作環境空氣中正己烷與汽油濃度分別為 320mg/m³，88.9mg/m³，常年監測苯 < 0.1mg/m³，二甲苯 < 2.8mg/m³，甲苯 3.37~40.27mg/m³。趕工期間每日工作 15-17 小時，暴露高濃度正己烷 60 天後出現中毒症狀，主要症狀：頭痛頭昏、肢體麻木、肢體乏力、食慾減退、肌力減退、反射降低、皮膚濕冷多汗。經治療與追蹤觀察四年，臨床表現和體徵均已全部恢復正常，但部分患者運動神經傳導速度表現仍存在損害。

在日本[11]由正己烷中毒引發多發性神經病變病例研究發現，暴露正己烷時量平均濃度超過 100ppm，可造成多發性神經病變。因此日本將正己烷容許濃度定為 40ppm 足以保護作業勞工的健康。而空氣中正己烷濃度為 40ppm 時，對應暴露勞工尿液中 2,5-己二酮的濃度為 2.2 mg/L。

1986 年 7 月在桃園縣一製球工廠，有 5 位勞工因正己烷暴露造成中毒[12]，症狀：腳底發熱、酸麻無力、無法爬樓梯、睡眠不良，經診斷末梢神經與中樞神經皆受損。

4. 正己烷健康危害-辨色力影響評估

正己烷暴露除造成中樞與周邊神經效應，亦會作用於視神經，影響眼睛辨色能力[13, 14]。一般天生的色盲為紅-綠色盲，而化學物質暴露引起辨色能力下降，主要在藍-黃色。

評估辨色能力可使用 Lanthony D-15 desaturated panel 法。測試結果可定量計算保曼色混指數(Bowman's Color Confusion Index, CCI) 與金史密斯混淆指數(King Smith's Confusion Index, CI)[15-18]。

職業暴露化學影響辨色能力下降嚴重程度與暴露濃度有關。以 Lanthony D-15 desaturated panel 法監測勞工健康，可早期發現勞工健康問題，並加以防範。由於職業暴露化學物質造成眼睛辨色能力下降，為一相當靈敏的健康危害指標，藉由辨色能力變化與暴露濃度的關係，可建立化學物質的暴露標準，評估目前實施的容許濃度是否足以保護勞工的健康。

五、 結論

化學物質在工作環境中使用相當普遍，如何避免其危害是一個相當重要的課題。避免正己烷危害除了使用工程控制-局部排氣、整體換氣、密閉等外，配合環境監測、生物偵測與健康監督，以達到保護勞工健康的目的。

六、 參考文獻

1. 物質安全資料表，財團法人工業技術研究院工業安全衛生技術發展中心，2005
2. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, OH, 2005
3. United States Department of Labor, 29 CFR, 1910.1000, Table Z-1.

4. 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,2003
5. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Carbon black: Analytical Method 1500. In NIOSH Manual of Analytical Methods, Cincinnati, Ohio: NIOSH, 2003
6. 行政院勞工委員會採樣分析建議方法 1905 碳氫化合物，沸點 36-126，<http://www.iosh.gov.tw/data/f10/oldcl/cl1905.htm>
7. 石東生、郭錦堂，正己烷職業性暴露生物偵測分析技術研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，1997
8. M.J.Prieto, D.Marhuenda, J.Roel and A.Cardona, Free and total 2,5-hexanedione in biological monitoring of workers exposed to n-hexane in the shoe industry, Toxicology Letters, Volume145, Issue 3, 10 December 2003, Pages 249-260
9. C.R.Santos, M.M.Passarelli, E.S.Nascimento, Evaluation of 2,5-hexanedione in urine of workers exposed to n-hexane in Brazilian shoe factories, Journal of Chromatography B, Volume 778, 2002, pages 237-244
10. 包章法、余彬、董煌，19 例慢性正己烷中毒臨床跟蹤分析，環境與職業醫學，2005 年 6 月第 22 卷第 3 期
11. Y.Takeuchi, n-Hexane Polyneuropathy in Japan: A Review of n-Hexane Poisoning and Its Preventive Measures, Environmental Research, Volume 62, Issue 1, July 1993, Pages 76-80
12. 職業性疾病案例，正己烷引起多發性

神經病變，行政院勞工委員會，1997

13. F.Gobba and A.Cavalleri, Color Vision Impairment in Workers Exposed to Neurotoxic Chemicals, *NeuroToxicology*, Volume 24, Issues 4-5, August 2003, Pages 693-702
14. A.Iregren, M.Andersson, and P.Nylén, Color Vision and Occupational Chemical Exposures: I. An Overview of Tests and Effects, *NeuroToxicology* Volume 23, 2002, Pages 719-733
15. K.J. Bowman, "A method for Quantitative scoring of the Farnsworth Panel D-15," *Acta Ophthalmologica* Volume 60, 1982, Pages 907-916
16. K.J. Bowman, et al., "The effect of age on performance on the panel D-15 and desaturated D-15: A Quantitative Evaluation," in *Color Vision Deficiencies VII*, 1984, Pages 227-231
17. A.J. Vingrys and P.E. King-Smith, "A quantitative scoring technique for panel tests of color vision," *Inv. Ophth. & Vis. Sc.* Volume 29, 1988, Pages 50-63
18. D.A. Atchison, et al. "Quantitative scoring methods for D15 Panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiency," *Optometry and Vision Science*, Volume 68, 1991, Pages 41-48

表 1 NIOSH 與勞工委員會正己烷採樣分析方法摘要。

方法	NIOSH 1500[5]	勞工委員會 1905[6]	
採樣介質	活性碳管(100mg/50mg)	活性碳管(100mg/50mg)	
採樣流率	10-200mL/min	≤0.20 L/min	
最小採樣體積	-	10.0	
最大採樣體積	-	15.8	
分析方法	GC/FID	GC/FID	
脫附劑	CS ₂	CS ₂	
溫度	注入口	250°C	225°C
	偵檢器	300°C	250°C
	管柱	35°C(8min)-230°C(1min) 升溫速率 7.5°C/min	50°C(3.5min)-140°C(0.5min) 升溫速率 15°C/min
管柱	Capillary, fused silica, 30m× 0.32mm ID; 3.00- μ m film 100% dimethyl polysiloxane	Fused silica WCOT, DB-1 30m×0.53mm ID	
載流氣體	He , 1 mL/min	N ₂ , 8.9 mL/min	
最小可偵測極限	0.4 μ g/sample	-	
可量化最低濃度	-	0.1 mg/mL	
總變異係數	-	6.2%	
準確度	-	12.5%	

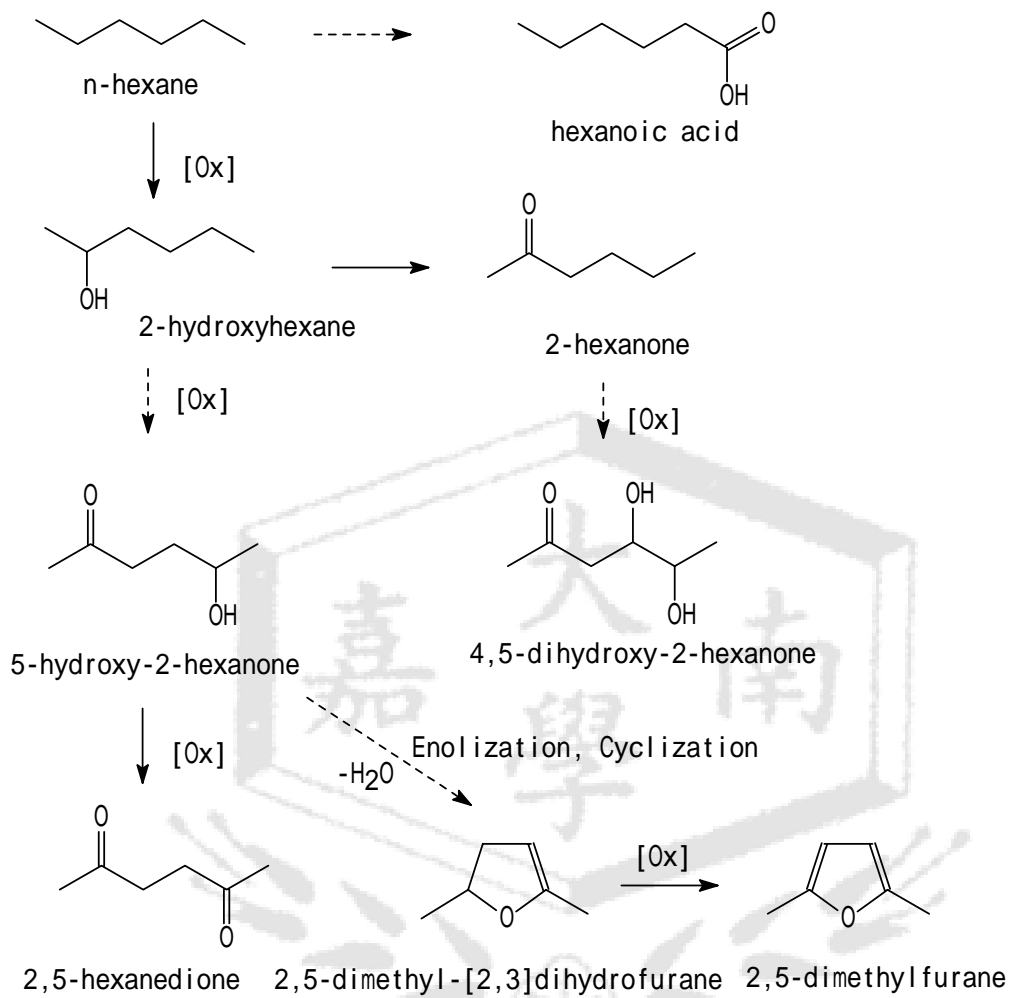


圖 1 正己烷在體內生物轉化簡圖，其他尚有代謝物 pentanoic acid, γ -valerolactone, 2-aminohexanoic acid