

TdGA 就是 VCM，真的嗎？

總管理處安衛環中心

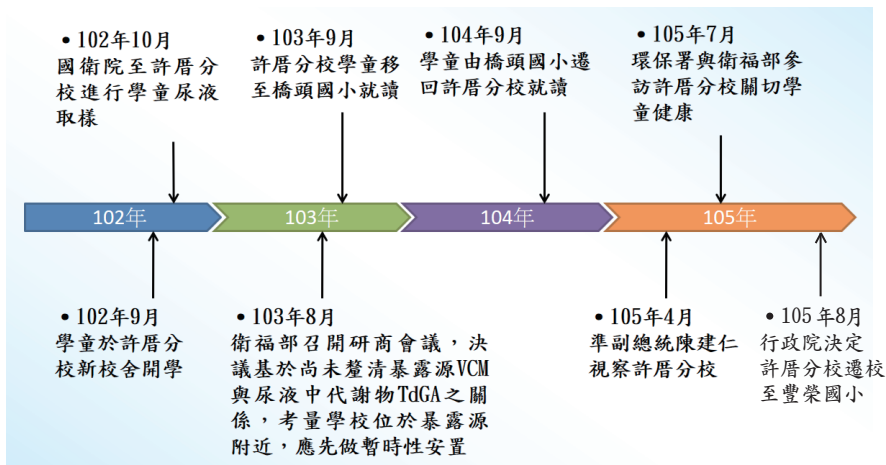
TdGA (Thiodiglycolic acid, 硫代二乙酸) 是從何時開始出現於我們的新聞中，也變成社會大眾討論的議題呢？彙整媒體報導時序（圖一），我們可以看出該議題是從一〇三年八月國家衛生研究院（以下簡稱國衛院）公開「六輕石化工業區附近學童之流行病學研究」之初步調查報告，進而導致一〇三年九月麥寮鄉橋頭國小許厝分校師生捨棄新校舍搬回擁擠的校本部上課，從此之後 TdGA 這一個名詞就開始於國內社會流傳。

國衛院之初步調查報告係以距離六輕園區 VCM (Vinyl Chloride Monomer, 氯乙烯) 製造廠最近之許厝分校學童尿中 TdGA 平均濃度顯著高於其他三所國小，來推論學童暴露於 VCM 環境中，並建議許厝分校遷校。然檢視國衛院初步調查報告發

現，許厝分校學童尿液取樣係於一〇二年十月辦理，其取樣時間距離學童搬至新校舍才短短一個月，不禁令人質疑事實是否為如報告所呈現之結果？在探討前述問題之前，不妨來思考幾個問題：

1. TdGA 是什麼？其來源為何？
 2. TdGA 是否有健康危害標準？
 3. 六輕園區廠、內外空氣中 VCM 濃度為何？
- 一、TdGA 是什麼？其來源為何？

TdGA 是一種生物偵測指標 (Biological monitoring index)，但什麼是「生物偵測指標」，



圖一六輕石化工業區附近學童之流行病學研究相關事件時序

或許不常聽到這一個名詞，但有一句台語的童謠可，以協助理解這一名詞，「呷芭樂放槍仔、呷龍眼放木耳、呷柚仔放蝦米」，此童謠所指的是食物因為不能完全被消化，所以可由排泄物來判斷他吃了那些東西。生物偵測指標亦具有類似的意思，生物偵測指標係指採集生物檢體（如：呼吸氣體、尿液、血液），並分析其中特定物質或其代謝產物濃度，並藉此來評估其健康危害。舉一個常見的例子來說明，有沒有喝酒可利用量測呼出氣體中酒精之含量來評估，研究調查顯示當呼出氣體之酒精濃度超過 0.15mg/L 即會嚴重影響人員判斷力，進而造成駕駛車輛的難度提高，因此目前道路交通安全規則將此濃度作為一管制之標準。

良好的生物偵測指標應具有下列幾項特性：

1. 專一性：指不會因其它物質或因素而造成檢體中生物偵測指標濃度上升。
2. 靈敏度：當暴露濃度很低即可明確的反應出暴露狀況，且隨著暴露濃度上升檢體中生物偵測指標之濃度亦會隨之上升。

尿中TdGA是一種人體的代謝物，其來源相當廣泛（圖一），日常生活中若服用特定抗癌藥

物（如：好克癌注射劑或癌德星錠等）、維他命B群皆會代謝TDGA；甚至是吸入生活周遭之二手菸、清潔劑之揮發氣體、汽機車排氣等亦會代謝TDGA，另外在工作環境吸入VCM或其他具乙烯基化學物質也會代謝TDGA。綜合前述可發現，TDGA之專一性不佳，因此若由尿中檢測出TDGA就指稱是VCM所造成，實無科學上之依據。

二、TDGA 是否有健康危害標準？

生物偵測指標應具有標準或背景值，如此當檢體中生物偵測指標達到一定程度以上，才可評估判定其具有健康危害或判定生物（人員）受特定物質污染。以1,3-丁二烯（1,3-Butadiene）為例，當尿中代謝物DHBMA（3,4-dihydroxybutyl mercapturic acid）濃度超過2.5mg/L時，則表示應追蹤人員健康情形，並加強監測工作場所1,3-丁二烯暴露情形。

由歐洲之文獻中發現，捷克居民尿中TDGA背景濃度為20mg/L，而德國提供之居民參考濃度為1.5mg/L，但文獻並未說明超過此濃度是否會具有健康上之危害，且世界各國均未訂定尿中TDGA濃度之健康危害管制標準。至於國衛院研究所顯示之TDGA濃度最高學童，其上課地點是在該研究所列學校中距離六輕園區最遠之崙豐國小，其

日常活動

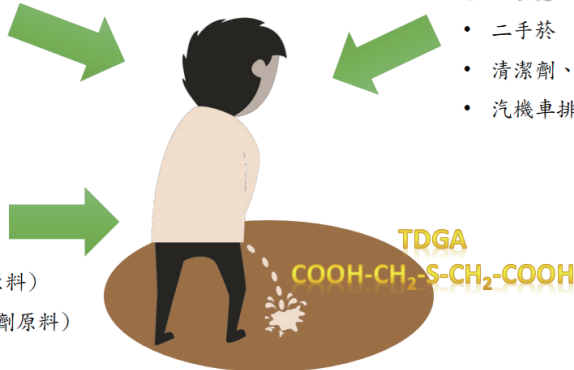
- 攝取維他命B群
- 服用特定抗癌藥物
- 飲食

生活環境

- 二手菸
- 清潔劑、殺蟲劑
- 汽機車排氣

工作環境

- 氯乙烯（塑膠原料）
- 二氯乙醚（清潔劑原料）
- 1,2二溴乙烷（殺蟲劑原料）



圖二 TDGA 的來源

尿中 TdGA 濃度 0.601mg/L，更遠遠低上述之背景及參考濃度，再加上目前無任何標準可以比較，根本無法判定其對人體健康上之危害。

三、六輕園區廠內外空氣中 VCM 濃度為何？

國際研究也指出 VCM 暴露及尿中 TdGA 之濃度需在特定條件下，即 VCM 暴露濃度 >5ppm，尿中 TdGA 濃度方可反應出 VCM 之暴露狀況。根據長期監測資料顯示，不論是在六輕園區工作之員工或是附近居民，其所處環境中 VCM 濃度均遠遠低於 5ppm，因此若僅以尿中 TdGA 之濃度來推論 VCM 之暴露，實無科學上之依據，更何況世界各國亦未將尿中 TdGA 作為 VCM 暴露之生物偵測指標；各國對於 VCM 之暴露均是以空氣中之濃度作為標準，如澳洲、紐西蘭工作環境 VCM 容許濃度為 5ppm，我國則與英國、芬蘭、比利時、西班牙等國相同為 3ppm。而我國對於工廠附近地區也訂定周界標準，為 0.2ppm。

台塑企業六輕園區 VCM 製造廠及 PVC 加工廠在建廠階段即採全密閉化設計，運轉後更嚴格管制各污染源排放，依法令規定及國際作法測定空氣中 VCM 濃度，以勞動部勞安所、台灣職業衛

生學會及勞動部認可機構於國衛院研究期間至六輕園區執行結果（如表 1）來看，員工 VCM 暴露監測一千一百一十人次均未檢出；作業環境 VCM 監測共一千兩百三十二個樣本，僅 3 個樣本（佔 0.2%）有檢出，但也遠低於法令標準。

表 1 六輕園區廠區內 VCM 監測資料

項目	測值	標準
1 勞動部勞安所 101 年 麥寮氯乙烯廠、聚氯 乙烯廠勞工暴露濃度 測定	N.D. (監測 39 人次， MDL：0.121ppm)	3ppm
2 台灣職業衛生學會 102 年麥寮區作業 環境監測實施計畫	N.D. (監測 1,071 人次， MDL：0.003ppm)	
3	N.D. (監測 343 個作業場 所，MDL：0.003ppm)	
4 麥寮氯乙烯廠 (VCM)、聚氯乙烯 廠 (PVC) 100 年～ 103 年上半年法定作 業環境監測	<0.67ppm (僅出現 3 測值，其 餘 886 樣本均未檢出 MDL:0.27ppm)	

另外，雲林縣環保局、台塑企業及環保署許可機構於此期間在六輕園區外執行之空氣 VCM 監測結果也顯示，大部份測值均未檢出，少數有檢出之測值最大為 0.097ppm，也遠低於周界標準 0.2ppm。此外，近期環保署公佈之雲林縣環保局空氣監測結果亦顯示 104 年平均值為 0.00019 ppm（高值：0.017 ppm）及一〇五年（一月至四月為止）平均值為 0.00019 ppm（高值：0.026 ppm），更遠低於周界標準。

四、結語

一〇五年七月二十二日環保署、衛福部及雲林縣政府於許厝國小共同召開說明會，衛福部石崇良主秘表示：「研究顯示學童尿液中代謝物 TdGA 濃度每個地方都不一樣，對男女、年紀大小、本身疾病等對健康影響也尚無定論」。由石主秘之發言中不難看出尿中 TdGA 之濃度目前仍未具有標準，因此難以判定學童尿中 TdGA 之濃度與健康之關係。

另外，環保署李應元署長表示：「根據前兩期報告發現，在寒暑假採樣所檢驗數據會較平常低，但尿液取樣當時，未同時執行大氣採樣，且各校學童尿液樣本取樣也非同一時間進行，另在不同風速風向下，對同一地點影響會有不同檢驗

表 2 六輕園區廠區外 VCM 監測資料

項目	採樣方式	測值	標準
1 六輕環境監測 102 年～ 103 年 第 3 季麥寮廠區周界監測	FTIR 連續監測	<0.078ppm (僅 4 天出現測值，其餘均未檢出 MDL：0.01ppm)	0.2ppm
2 雲林縣政府環保局 103 年 8 月～ 9 月許厝分校氯乙烯監測	FTIR 連續監測	<0.097ppm (僅 6 天出現測值)	
3 六輕環境監測 102 年～ 103 年 第 3 季麥寮鄉豐安國小 VOC 監測	固定測站 連續監測	N.D. (MDL：0.00146ppm)	
4 六輕環境監測 102 年～ 103 年 第 4 季麥寮鄉豐安國小、許厝分校異味採樣監測	採樣檢驗	<0.01423ppm (僅出現 1 個測值，其餘 164 個均未檢出 MDL：0.00024ppm)	
5 台灣檢驗公司 (SGS) 103 年 10～ 11 月麥寮鄉 6 所國小 VOC 監測	採樣檢驗	N.D. (MDL：0.00039ppm)	

結果；會產生TdGA也不只是VCM造成，是否有直接關係，環保署將增設永久監測站，數據傳輸至中央及地方政府，可跟業者與縣府測站數據比對，讓民眾了解環境狀況」。由李署長之發言中亦可看出TdGA並非VCM之專屬生物偵測指標。有鑑於六輕園區及鄰近地區VCM濃度均遠低於法規標準，再加上TdGA來源包括二手菸、汽機車排氣、飲食習慣及居家環境影響等，怎麼可以說TdGA就是VCM。

參考文獻

1. Chen ZY, Gu XR, Cui MZ, Zhu XX, 1983. Sensitive flame-photometric-detector analysis of thiodiglycolic acid in urine as a biological monitor of vinyl chloride. *International Archives of Occupational and Environmental Health*.
2. Cheng T.J., Huang Y.F., Ma Y.C., 2001. Urinary thiodiglycolic acid levels for vinyl chloride monomer-exposed polyvinyl chloride workers. *J Occup Environ Med*. 43 (11) :934-8.
3. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) . List of MAK and BAT Values 2015. 2015, Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area Report 51.
4. Fei L., Andrew DP., Ho " fer C C, Krausz KW, Gonzalez FI., Idle JR., 2010. Comparative metabolism of cyclophosphamide and ifosfamide in the mouse using UPLC-ESI-QTOFMS-based metabolomics. *Biochemical Pharmacology*. 80: 1063 - 1074.
5. Heger M., Müller G., Norpoth K., 1982. Investigations on the correlation between vinyl chloride (VCM) -uptake and excretion of its metabolites by 15 VCM-exposed workers. II. Measurements of the urinary excretion of the vcm-metabolite thiodiglycolic acid. *Int Arch Occup Environ Health*. 50 (2) :187-96.
6. IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs, vol. 1-42. WHO. IARC; 7 (Suppl) : 373-376.
7. Muller G, Norpoth K, Kusters E, Herweg K, Versin E, 1978. Determination of thiodiglycolic acid in urine specimens of vinyl chloride exposed workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 41: 199-205.
8. Navrtil T., Petr M., Senholdova Z., et al. 2007. Diagnostic Significance of Urinary Thiodiglycolic Acid as a Possible Tool for Studying the Role of Vitamins B12 and Folate in the Metabolism of Thioic Substances. *Physiological Research*. 56: 113-122.
9. Pei S et al., 1986. Study on the excretive regularity of thiodiglycolic acid in the urine of vinyl chloride exposed workers. *Chung Hua Yu Fang I Hsueh Tsa Chih*. 20: 87-9.
10. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，一〇〇年・生物偵測暴露指標建議值訂定機制研究
11. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，一〇二年・氯乙烯製造及使用作業勞工氯乙烯暴露評估研究
12. 行政院衛生署國民健康局・2007・人體血液中汞濃度背景值調查研究計畫
13. 雲林縣政府幸福雲林電子報（一〇五年七月二十二日）- 環保署與衛福部參訪橋頭國小許厝分枝