

異味氣體之監測

The Monitoring of Odorous Gas

凌永健、曾新華、徐明聖、陳思偉、陳仁焜、劉人鎔、蕭文修、周姿君

Yong-Chien Ling, Hsin-Hwa Tseng, Ming-Sheng Hsu, Joseph SW Chen, Ren-Kun Chen, Jen-Yu Liu,
Wen-Hsiu Hsiao, Tze-Thun Chou

人類要生存不能片刻沒有空氣，安全和品質生活須有優質空氣。空氣中若有我們不曾經驗過的氣味，如芬芳氣味可以激起愉快的心情，反之，惡臭氣味卻會造成不快、甚至不安。2004年諾貝爾生理醫學獎頒給理查艾克瑟和琳達巴克兩位科學家，以表彰其「氣味受器和嗅覺系統之組織」的研究，顯現嗅覺系統和氣味對人類生活品質的重要性。本文先簡介嗅覺系統之組織和原理、國內外和氣味相關之環保法規，其次為儀器分析和感官測定方法，最後以筆者實驗室之異味氣體監測的實例說明儀器分析之應用範疇，以供感興趣之讀者參考。

Human can not survive a moment if without air. Safe and quality life requires good air. The presence of gaseous odor which we have not experienced before, such as fragrance odor could stimulate pleasant mood. On the contrary, offensive odor could make people feel unpleasant or even unsafe. The 2004 Nobel Prize in Physiology or Medicine was awarded jointly to Richard Axel and Linda B. Buck for their discoveries of “odorant receptors and the organization of the olfactory system”, which clearly reflects that olfactory system is important for life quality. This manuscript first introduces the organization and fundamental of olfactory system, followed by both domestic and foreign environmental regulations concerning odor. The instrumental and olfactory measurements of offensive odor are introduced next. Finally, application cases of monitoring odorous gases are provided to demonstrate the capability and extent of instrumental measurements.

一、前言

地球的表面為大氣所包圍，大氣主要由氮和氧等氣體組成，主要氣體組分如表 1 所示⁽¹⁾，因此背景大氣空氣，都是由沒有味道的氣體組成。隨著工商活動的增加和擴張，人類生活所處的大氣或室內空氣，其組分往往受到所處環境之影響，主要多是微量氣體組分不同而有所差別。尤其是隨著科技之

進步和資訊時代之來臨，追求舒適之工作、學習和居家環境室內空氣，現代人處在室內的時間已越來越長，平均達 80%—90% 的時間，因此工廠以外的室內空氣品質，如學校、辦公室、醫院、住家、餐廳、百貨公司等，已漸成為公眾關注之焦點。

國內環保署使用污染標準指標 (pollution standard index, PSI) 表示空氣品質，然而從國人對空氣品質之公害陳情，按中華民國環境保護統計年

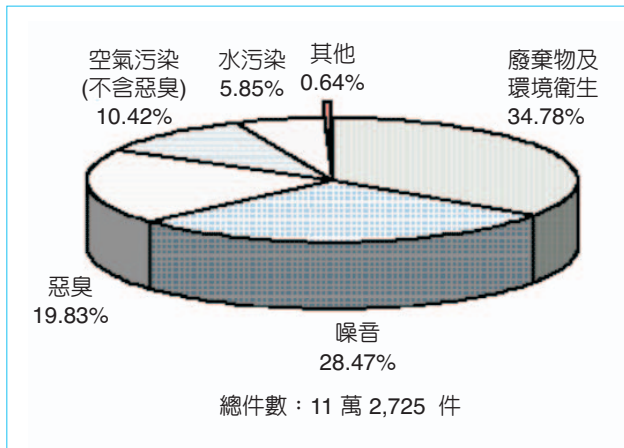


圖 1. 國內 2003 年公害陳情受理案件：污染物項目別示意圖⁽²⁾。

報所示如圖 1 之國內 2003 年公害陳情受理案件—污染物項目別示意圖⁽²⁾，民國九十二年各環保局處理民眾陳情案件計 3 萬 5,845 件，按污染項目區分，以惡臭 2 萬 453 件占 57.06% 最高，顯示國人很難接受引起不快、造成不安之惡臭異味氣體。然而，來自香水、精油、或佳餚之芬芳氣體，雖然有別於上述異味，許多也是我們以往不曾經驗過，但是卻能愉快的接受和享用。

可能之原因為人類的感官知覺包括視、聽、觸、味、嗅覺等 5 大類，除嗅覺外，其他 4 種感覺在進入腦部辨識之前，都得經過層層關卡的轉接站；嗅覺則是可由器官直通腦中處理中樞，而處理整合嗅覺的神經位置，正與主管情緒控制的中樞緊密相連，因此氣味會強烈影響個人的感覺和情緒。研究⁽³⁾指出人們對氣味之記憶，一年之後仍可達 65% 的正確性，但對影像之記憶，3 個月後就會下降至 50%。2004 年的諾貝爾生理醫學獎頒給理查艾克瑟 (Richard Axel) 和琳達巴克 (Linda Buck) 兩位科學家，以表彰他們發現「氣味受器和嗅覺系統之組織」(odorant receptors and the organization of the olfactory system) 的研究⁽⁴⁾，從此可見嗅覺系統和氣味對我們生活品質的重要性。

異味氣體的監測因此可利用儀器分析，從化學組成區分氣味種類，亦可以利用感官測定，從心理和生理，敘述氣味特性。本文因此先簡介嗅覺系統之組織和原理、國內外和氣味相關之環保法規，其

表 1. 大氣 (近海平面的乾燥空氣) 的氣體組成⁽¹⁾。

組成	成分 (摩爾分率)	摩爾質量
氮氣	0.78084	28.013
氧氣	0.20948	31.998
氬	0.00394	39.948
二氧化碳	0.000375	44.0099
氖	0.00001818	20.183
氦	0.00000524	4.003
甲烷	0.000002	16.043
氫	0.000000114	83.80
氫氣	0.00000005	2.0159
一氧化二氮	0.00000005	44.0128
氫	0.0000000087	131.30

次為儀器分析和感官測定方法，最後以筆者實驗室之異味氣體監測的實例說明其應用範疇，以供感興趣之讀者參考。

二、嗅覺系統之組織和原理

嗅覺系統對我們生活品質很重要，一種獨特的氣味可以勾起我們清楚的記憶，來自對童年時期或在生命中稍後的感性片刻，無論正面或負面的，當品嚐到不錯的東西，主要是因為嗅覺系統的激活作用。失去嗅覺是嚴重的障礙；我們不再能覺察到不同品質的食品，我們不再能偵測到警告的訊號，譬如來自火災的煙味⁽⁵⁾。嗅覺上皮含有數百萬個神經元，可以直接傳遞訊息到腦中的嗅球。嗅覺受器細胞是神經系統中唯一直接暴露到外界環境的神經元⁽⁶⁾。如圖 2⁽⁴⁾ 所示，空氣中氣味分子 (分別以不同顏色和不同形狀表示) 會接合到各別的受器 (1)，嗅覺受器細胞因此被激活和傳遞電流訊號 (2)，這些訊號會經過鼻上皮和骨，中繼在小球處 (3)，再經過僧帽狀細胞，將訊號傳送到腦部的高階區域 (4)。

艾克瑟和巴克於 1991 年發表他們研究基礎的論文⁽⁷⁾，闡述一大家族的氣味受器的基因密碼，氣味受器位於鼻腔內的嗅覺受器細胞，每一嗅覺受器細胞只能表現出一種氣味受器，每一受器只能偵測到限量的氣味物質。每一受器由一經過細胞膜七次的蛋白質鏈組成，當一氣味物質連接到一個嗅覺受

器時，受器蛋白質的型狀會改變，誘導 G 蛋白質的激活。所有的氣味受器都由相關的蛋白質組成，差異僅在部分氨基酸殘基的不同，蛋白質鏈的微妙差異可以解釋為何受器可以被不同氣味分子所啟動⁽⁸⁾。艾克瑟和巴克尋找在嗅覺上皮有獨享表現之蛋白質的基因密碼，他們使用分子生物學技術發現到嗅覺受器的一大組基因，這一大家族的基因由數百個不同基因密碼的受器分子組成。今天我們知道這些基因占哺乳動物類全部基因的百分之三⁽⁹⁾。如圖 3⁽⁹⁾ 所示，氣味受器家族利用組合原理，以獨特的偵測方式將氣味編碼。不同的氣味會被不同組合的受器所偵測，因此有不同的受器密碼，腦會將這些密碼轉變為不同的氣味印象。潛在的受器組合數量非常的多，這是我們可以區分和記憶一萬種以上不同氣味的基礎⁽¹⁰⁾。腦會將此訊息擴散到腦的邊緣系統及視丘下部。邊緣系統為扁桃腺及海馬回，是記憶中樞，負責將訊息加以解析；視丘下部則將訊息調節與轉換，再送到腦的其他部門，如視神經、神

經縫、神經角、腦下垂體等，而腦下垂體主宰著甲狀腺、腎上腺和性腺等內分泌。總而言之，嗅覺藉由腦神經系統傳達訊息刺激各部門，認識各種氣味分子，總合其信息，形成對物象的嗅覺印象，達到影響精神、心理、生理與行為的效果⁽¹¹⁾。

三、國內、外和氣味相關之環保法規

國內之空氣污染防治法第三十一條和氣味相關的法條有：在各級防制區及總量管制區內，不得有下列行為：三、置放、混合、攪拌、加熱、烘烤物質或從事其他操作，致產生惡臭或有毒氣體。四、使用、輸送或貯放有機溶劑或其他揮發性物質，致產生惡臭或有毒氣體。五、餐飲業從事烹飪，致散布油煙或惡臭。固定污染源污染物排放標準中之臭氣或厭惡性異味，如表 2 所示⁽¹²⁾。

日本於 1972 年開始管制令人不快 (國內法規稱為惡臭) 物質 (Offensive Odor Control Law)⁽¹³⁾，定

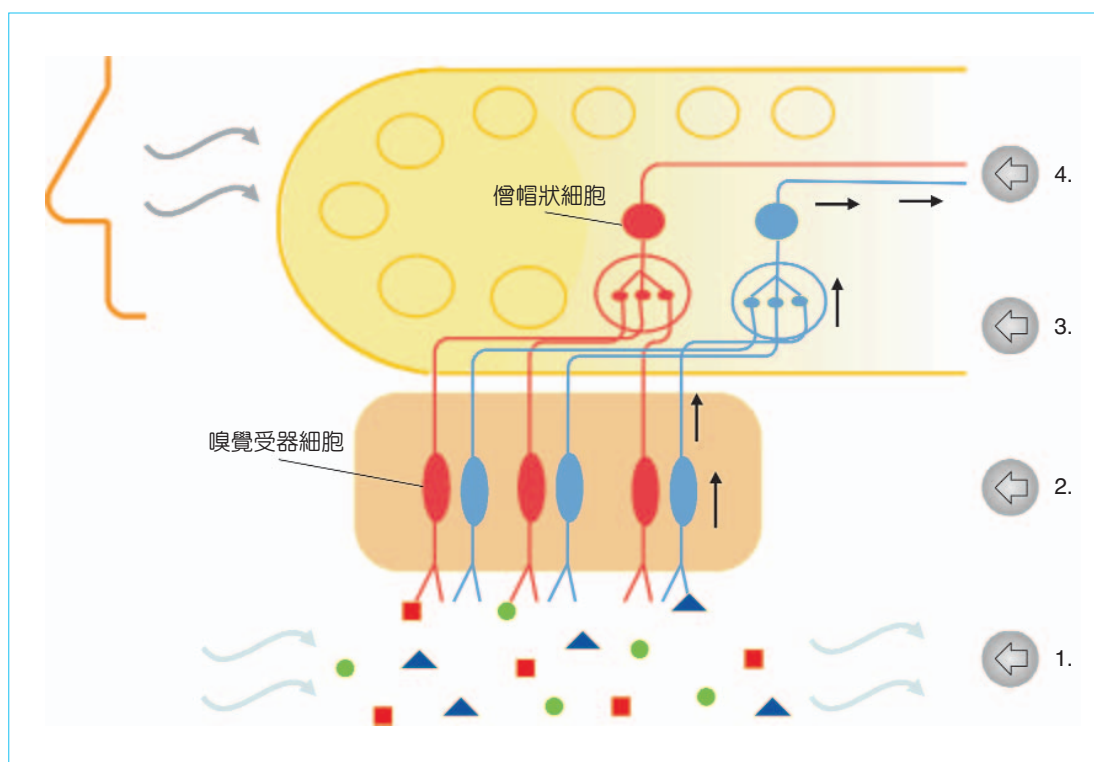


圖 2. 空氣中氣味分子 (分別以不同顏色和不同型狀表示)，會接合到各別的受器 (1.)，嗅覺受器細胞因此被激活和傳遞電流訊號 (2.)，這些訊號會經過鼻上皮和骨，中繼在小球處 (3.)，再經過僧帽狀細胞，將訊號傳送到腦部的高階區域 (4.)。

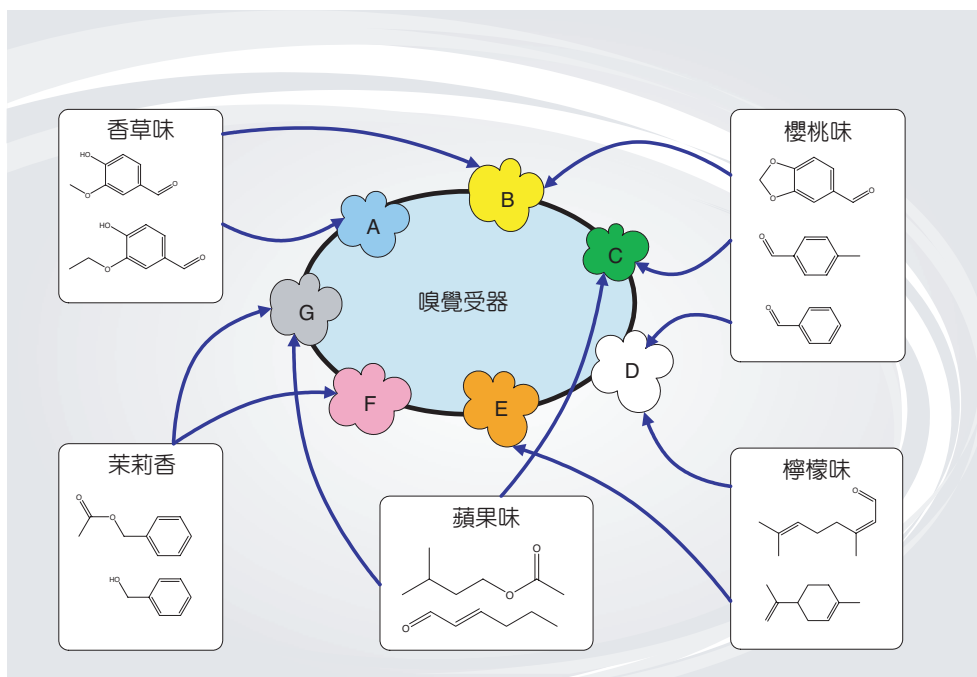


圖 3.
氣味受器家族利用組合方式以偵測和獨特編碼氣味，不同的氣味會被不同組合的受器所偵測。

義惡臭物質是會令人不愉快之氣味，可能有損生活環境的物質。規定工廠及其他事業場 (如圖 4) 的惡臭物質排出，以保全生活環境，保護國民健康。若有惡臭氣味，必有惡臭原因物，若能測出其主要物質，即可謀求對策。若能分類測定惡臭物質，即可

評價惡臭。管制之惡臭物質有 (1) 氮等含氮化合物，(2) 甲基硫醇等含硫化物，(3) 其他醛類、脂肪酸類、碳化氫類。管制的要件有 (1) 成為惡臭公害主因的物質，(2) 可測定該物質的大氣中濃度者，表 3 為日本於 1972 年管制的 22 種惡臭物質與臭氣

表 2. 臭氣或厭惡性異味⁽¹²⁾。

	高度 h (公尺)	臭氣濃度	區域別	臭氣濃度	
臭氣或 厭惡性異味	$0 < h \leq 9$	1000	工業區及農業區	50	1. 臭氣或厭惡性異味濃度係無因次之數學運算值，故無單位。 2. 工業區定義： 工業用地之地區、零星工業區或都市計畫工業區。 3. 農業區定義： (1) 都市計畫農業區，或依法劃定之分區，經都市計畫主管機關認定屬於農業經營之分區。 (2) 依區域計畫法劃定之特定農業區、一般農業區、森林區及非屬上述分區之其他分區內使用地編定為農牧用地、養殖用地、林地用地及特定目的事業用地內作為農、牧業及其廢水處理設施等用途之土地。 (3) 其他經中央主管機關會商中央農業主管機關認定之土地。 4. 以採樣位置所屬區域別適用之標準為依據。
	$9 < h \leq 18$	3000			
	$18 < h \leq 30$	9000			
	$30 < h \leq 55$	30000			
	$h > 55$	50000	工業區及農業區 以外地區	10	

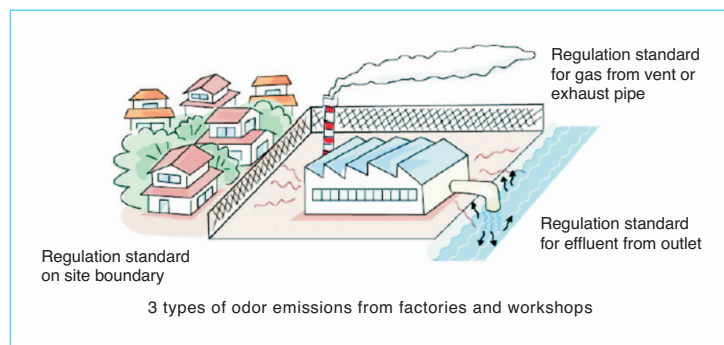


圖 4. 日本管制惡臭排放之場所⁽¹³⁾。

(資料來源：<http://www.env.go.jp/en/>)

強度⁽¹³⁾。由於陳情的惡臭物質越來越多係來自於表 3 以外之物質和複雜之氣味，因此日本環境廳於 1997 年修定惡臭物質管制法，導入使用嗅覺測定

(olfactory measurement) 得到之氣味指標 (odor index) 作為管制之參考。

德國管理臭味源自 1974 年聯邦政府的「Federal act on protection against detrimental effects on the environment caused by air pollution, noise and vibration」，簡稱 BImSchG。11 個州政府按此訂定各自的法規。Northrhine-Westfalia 於 1990 年訂定「最小距離規定」，規定工業區或商業區和住宅區的距離介於 100－1500 公尺間，污水處理廠和住宅區的最近距離不得小於 300 公尺。於 1986 年規定使用擴散模式計算氣味濃度。於 1995 年規定用 1 OU/m³ 初嗅數於擴散模式計算，計算值再乘以 10。「既有影響」和「新增影響」的和須小於「最大許可影響」。住宅區和工業區的「最大許可影響」分別不得超過 0.1 和 0.15⁽¹⁴⁾。

表 3. 日本管制的 22 種惡臭物質和臭氣強度⁽¹³⁾。

(單位：ppm)

臭氣強度 物質名	1	2	2.5	3	3.5	4	5*
氨	0.1	0.6	1	2	5	1 × 10	4 × 10
甲基硫醇	0.0001	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.03	0.2
硫化氫	0.0005	0.006	0.02	0.06	0.2	0.7	8
二甲硫	0.0001	0.002	0.01	0.05	0.2	0.8	2
二甲二硫	0.0003	0.003	0.009	0.03	0.1	0.3	3
三甲胺	0.0001	0.001	0.005	0.02	0.07	0.2	3
乙醛	0.002	0.01	0.05	0.1	0.5	1	1 × 10
苯乙烯	0.03	0.2	0.4	0.8	2	4	2 × 10
丙酸	0.002	0.01	0.03	0.07	0.2	0.4	2
正丁酸	0.00007	0.0004	0.001	0.002	0.006	0.02	0.09
正戊酸	0.0001	0.0005	0.0009	0.002	0.004	0.008	0.04
異戊酸	0.00005	0.0004	0.001	0.004	0.01	0.03	0.3
甲苯	0.9	5	1 × 10	3 × 10	6 × 10	1 × 10 ²	7 × 10 ²
二甲苯	0.1	0.5	1	2	5	1 × 10	5 × 10
醋酸乙酯	0.3	1	3	7	2 × 10	4 × 10	2 × 10 ²
甲基異丁酮	0.2	0.7	1	3	6	1 × 10	5 × 10
索普塔諾爾	0.01	0.2	0.9	4	2 × 10	7 × 10	1 × 10 ²
丙醛	0.002	0.02	0.05	0.1	0.5	1	1 × 10
正丁醛	0.0003	0.003	0.009	0.03	0.08	0.3	2
異丁醛	0.0009	0.008	0.02	0.07	0.2	0.6	5
正戊醛	0.0007	0.004	0.009	0.02	0.05	0.1	0.6
異戊醛	0.0002	0.001	0.003	0.006	0.01	0.03	0.2

* 對應於臭氣強度 2.5 的濃度與對應於 3.5 的濃度為規制基準值範圍

四、儀器分析

惡臭物質多為揮發性及小分子量之氣味分子，種類很多，大多用氣相層析儀和適當之偵測器予以測定。氣相層析儀使用載流氣體（稱為動相），一般多使用高純度之氮氣或氬氣，載流氣體樣品流經於烘箱內溫控之分離管柱（內徑小於 0.53 mm 且填充或積覆有固定相），控制流速和溫度，可以將多重組分樣品之各個組分予以分離和偵測，比對已知惡臭物質之滯留時間，即可判定其物種。比對已知惡臭物質滯留時間之判定方法，在我們生活環境持續變糟時，已不足以解決越來越複雜之惡臭原因，也無法找出越來越多之未知惡臭物質，使用泛用型質譜儀偵測器之分析方法，應運而生。其它問題包括：如何採樣到有效的惡臭氣體樣品，以代表惡臭污染源的組分，也是使用氣相層析儀測定臭味物質時，須克服的重要問題。

氣味感測器 (odor sensor) 和電子鼻 (electronic nose)^(15,16) 使用對氣體敏感且具有選擇性之材料當作感測器，後者通常由數個感測器組成陣列。氣味感測器和電子鼻之體積小、重量輕、易攜帶、操作簡便，檢測人員可以在事故現場完成初步測定，提供惡臭污染源訊息，協助取得有效樣品，攜回實驗室後，再以氣相層析儀進行確認分析，使用時須注意溫濕度的影響。筆者實驗室使用之氣味感測器和電子鼻內對氣體敏感之材料，包括：金屬氧化物半導體 (metal oxide semiconductor, MOS) 型、導電性高分子 (conducting polymer) 型、表面聲波 (surface acoustic wave) 型、電化學 (electrochemical) 型等。

MOS 氣味感測器利用半導體吸著氣味分子時，會增高或減低導電度。N 型 MOS 如 SnO_2 、 ZnO 吸著電子接受型氣味分子，導電度降低；吸著電子供給型氣味分子，導電度增大；亦即，MOS 表面的氧化、還原反應直接改變導電度。N 型 SnO_2 、 ZnO MOS 因此用在捕捉廣範圍氣味分子的感測器。以 SnO_2 MOS 氣味感測器的工作原理為例，在一定溫度下來自空氣的氧分子溶入感測器的晶格，產生背景導電度；當電子接受型氣味分子如甲烷 (CH_4)，被吸附和吸收在感測器的表面，發生氧化反應，會致使導電度下降；感測器再經空氣的氧分子流過，導電度再變回背景值，可以再偵測新流入的氣體樣品⁽¹⁷⁾。

圖 5 為使用 32 個感測器的 Cyranose 320™ 電子鼻（該公司於 2004 年 3 月已被 Smiths Detection 公司⁽¹⁸⁾ 併購），每個感測器為各自獨立的導電高分子薄膜。當感測器暴露在氣味分子時，選擇性吸附氣味分子後，薄膜會腫漲像海綿一樣，導電通道被打斷，導致電阻質的增加，等到空氣再流過感測器將高分子吸附之氣味分子釋出後，薄膜又回到原本的體積及原來的電阻值。每個導電高分子薄膜的化學性質不一樣，因此即使吸附相同的氣味分子，也會產生不同的吸附程度，其偵測機制類似人類嗅覺系統之組織和原理，暴露在複雜的氣味時，每一個感測器的電阻值 (R) 皆會產生變化，藉由紀錄最大質 R_{MAX} 及最初的電阻質 R_0 ，計算其差異 ΔR ，再除以 R_0 ，得到 $\Delta R/R_0$ 。組合運算後，產生 2 維 (2D) 或 3 維 (3D) 主成分分析圖 (PCA) 與已知的氣味比

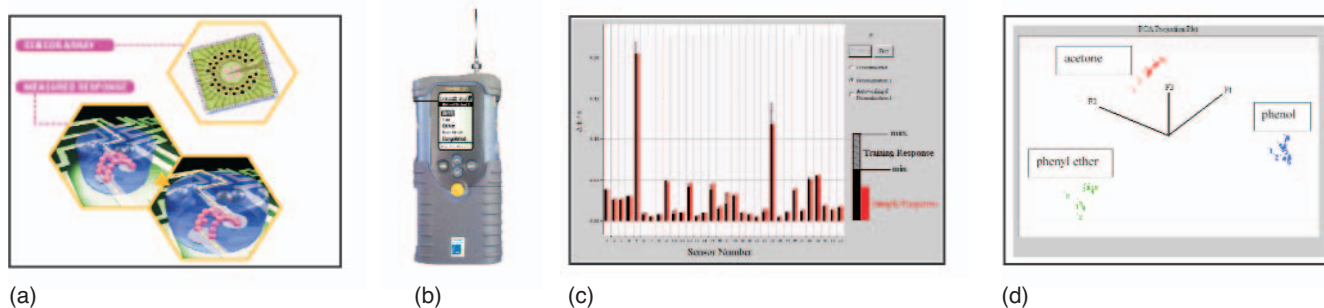


圖 5. (a) Cyranose™ 320 電子鼻；(b) 32 個感測器為各自獨立的導電高分子薄膜；(c) 當感測器暴露在氣味分子時，選擇性吸附氣味分子後，電阻質改變，產生信號；(d) 組合運算後，產生 PCA 圖與已知的氣味比對，得知氣味的種類。

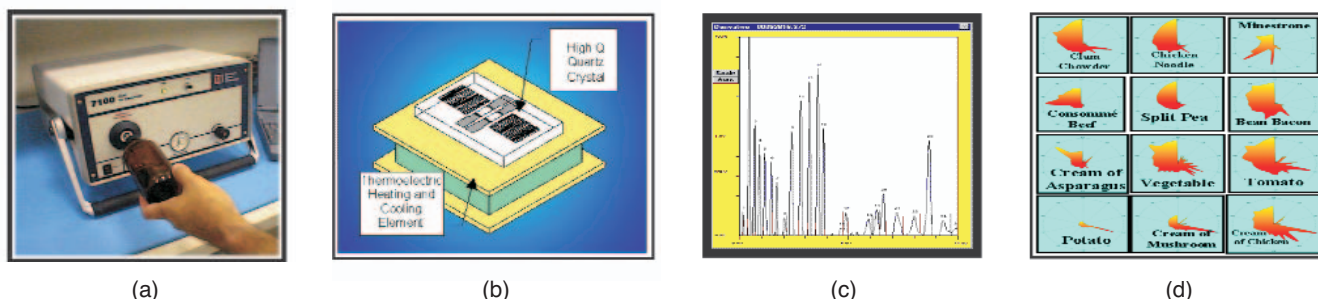


圖 6. (a) 7100 Fast GC Analyzer zNose[®] 電子鼻，(b) 表面聲波共振器；(c) 於 10–20 秒內完成層析分離；(d) 繪製嗅覺影像圖，與已知的氣味嗅覺影像圖資料比對，得知氣味的種類。

對，得知氣味的種類。使用此類型之電子鼻，由於各個感測器對不同氣體具有不同之選擇性，因此無法分辨出複雜氣味中的各單一組成，也無法進行定量工作。

圖 6 為 7100 Fast GC Analyzer 電子鼻 (簡稱 zNose[®]，Electronic Sensor Technology⁽¹⁹⁾)，使用 Tenax 為吸附劑，待吸附氣味分子後，利用熱脫附裝置，使氣味分子快速進入層析系統，於 10–20 秒內完成分離後，以表面聲波共振器 (surface acoustic wave resonator) 偵測，記錄各分離物種之滯留時間與信號強度，繪製嗅覺影像圖，與已知的氣味嗅覺影像圖資料比對，得知氣味的種；圖 7 為 zNose[®] 檢測氣味和人類鼻子嗅覺氣味之比較圖⁽²⁰⁾。

圖 8 為 Alpha MOS⁽²¹⁾ 由 6 個氣體感測器陣列所組成的 RQBOX 模組氣體監測系統，具有無線訊號傳輸裝置，模組內的無線傳輸裝置可提供即時的遠端訊號傳輸，實際測試的結果顯示，其傳輸距離可達三百多公尺遠。藉由連接有訊號接收器的電腦，可以提供遠端遙控即時空氣品質監測的功能。筆者實驗室共擁有 3 個 RQBOX，每一 RQBOX 具有 6 個氣體感測器，包括：(1) 2 個電化學感測器，可偵測特定的氣體，分別為 NH₃ 和 H₂S 等。(2) 1 個光游離偵測器 (photo-ionization detector, PID)，可偵測多數的揮發性有機物，偵測濃度可達數十 ppb，使用能量 10.6 eV 的紫外光將氣體樣品游離以產生訊號，游離電位 (ionization potential, IP)

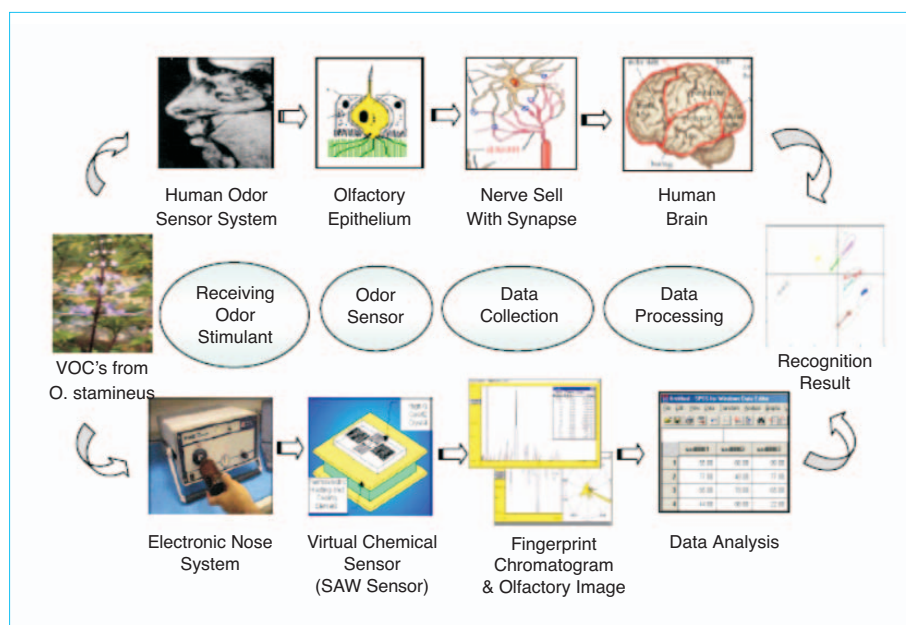


圖 7. zNose[®] 檢測氣味和人類鼻子嗅覺氣味之比較圖⁽²⁰⁾。(資料來源：Sensors, 3, 458 (2003))

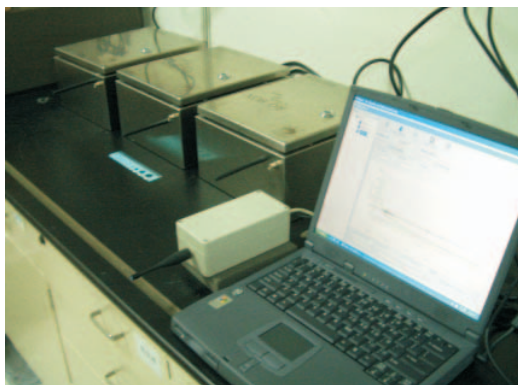


圖 8. Alpha MOS 具有無線訊號傳輸功能的RQBOX 模組氣體監測系統。

低於 10.6 eV 之氣體才會被游離，而 CO (13.79 eV)、H₂O (12.59 eV)、O₂ (12.02 eV) 等氣體，因 IP 高於 10.6 eV，故不會被偵測到。(3) 3 個 MOS 感測器可偵測惡臭異味之物質，其中 2 個相同，可分別偵測丙酮、NH₃ 和 Cl₂、NO₂、SO₂、CO、N₂O、O₃；第 3 個則是各 RQBOX 皆不相同，可分別偵測 H₂；丙酮、乙醇、NH₃、H₂S；和 NH₃、乙醇、丙酮、HCl、NO₂、H₂S、SO₂、N₂O。

RQBOX 由 4 個系統組成，說明如下。(1) 量測單元 (measuring unit)：由兩個獨立的感測腔室 (sensor chamber) 所構成，分別裝置有 3 個氣體感測器。腔室 1 有光游離偵測器、2 個電化學感測器，加上溫度與溼度感測器；腔室 2 有 3 個 MOS 感測器，加上溫度感測器，溫度控制在 65 °C。(2) RQNet 操作軟體：以控制系統之網路連線與數據的擷取。(3) 氣體取樣系統：使用幫浦以每分鐘 400 毫升之流速將空氣吸入，各腔室的流速為每分鐘 200 毫升。另外使用 60 μm 孔徑之微粒過濾裝置 (particle filter) 將塵埃及微小粒子去除。(4) 電腦控制系統：可控制整個監測系統與網路之個人電腦。暴露在複雜的氣味時，每一個感測器的電阻值 (R) 皆會產生變化，藉由紀錄最大質 R_{MAX} 及最初的電阻質 R_0 ，計算其差異 ΔR 。組合運算後，與已知的氣味圖譜資料比對，得知氣味的種類。使用氨水 (NH₃ aqueous solution)、丙酮及乙醇蒸氣，對 RQBOX 進行簡單的重複測試，顯示感測器 3 和 6 可得到相似的圖譜。

五、感官測定

惡臭是大氣污染的型態之一，直接作用於人的嗅覺系統，所以國人對其感覺特別敏感，為受害陳情件數最多的公害之一。惡臭物質種類繁多，對人的嗅覺之刺激濃度 (稱為氣味閾值，odor threshold) 也大不相同，因此由儀器分析測得之結果，不一定和感官測定一致。感官測定法中又可細分為直接評分法、稀釋法。氣味評價法、T&T 嗅覺計及一比較法。比較儀器分析和感官測定二法，前法的特色為在確任氣味物質後，可準認定量，分析結果再現性佳，缺點則是在遇到未知氣味時，不一定可以鑑定出該氣味物質。後法的特色是可高感度判定令人不快之氣味物質，但此嗅覺感度卻往往因疲勞程度、環境而變動，而有不易辨別氣味強度之缺點。

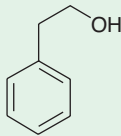
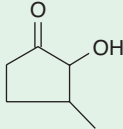
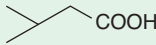
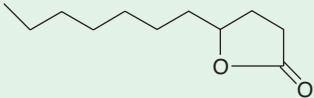
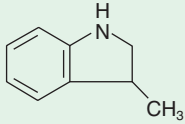
德國從 1960 年代起，就開始研發氣味測定方法，德國使用的氣味測定方法分為排氣和評估兩類⁽¹⁴⁾。前者之氣味物濃度測定，乃用無臭水將水樣每次稀釋一倍，反覆持續此動作，至可覺察出水樣氣味之程度，取從不可察覺到可察覺的稀釋倍數，計算幾何平均數，稱為「初嗅數」(threshold odor number)，單位為 OU/m³。不需稀釋即可察覺的水樣的濃度為 1 OU/m³。氣味強度測定，由嗅覺判定員依據嗅得之強度，判定為七等級，6 特強 (extremely strong)、5 極強 (very strong)、4 強 (strong)、3 明確 (distinct)、2 弱 (weak)、1 極弱 (very weak)、0 無感覺 (not perceptible)。經驗累積指出 4 OU/m³ 相當於強度 3。氣味物愉快度由嗅覺判定員依據嗅出之感覺，判定為九等級，從 -4 非常不愉快，0 既愉快也不愉快，到 4 非常愉快。後者之氣味影響評估的網格點，距離界於 100—1000 公尺間，通常為 250 公尺，每半年或一年量測一次。每一點由一位評估員每 10 秒測定一次，共測定 10 分鐘。問卷調查需由專業人員，對影響區內外各 40 戶住戶進行調查。單一住戶結果，以 0 表示未受煩惱，10 表示特別受煩惱，再以平均值表示整體結果。

日本使用三點比較式嗅袋法，用人的嗅覺測定氣味廣播性。人的嗅覺可綜合捕捉判斷氣味，卻受精神狀態左右。因而，實施三點比較式嗅袋法其管

理的人 (操作者) 之任務、責任重大，對測定結果最具影響力。因此日本環境廳對合格者授予「臭氣判定技士」資格，亦即三點比較式嗅袋法操作者的國家考試。臭氣判定技士的責任是採取試料、選定和管理嗅覺評味者，實施三點式嗅袋法、整理結果。基準嗅液一組包括 5 種化合物，如表 4 所示。下述 5 種基準嗅液亦被提出：cyclopentadecanolid (合成麝香的一種)、phenol (酚)、dl-camphor (合成樟腦)、diallyl sulfide (惡臭之一，淡薄時類似海苔

氣味)、acetic acid (醋酸)⁽²²⁾。日本於 1970 年確定氣味物強度表示法，和愉快、不愉快表示法。前者分為六級，分別為 0：無臭，1：勉強可察覺的臭味，2：知道是甚麼惡臭的弱臭味，3：容易察覺的臭味，4：強臭味，5：強烈臭味。後者分為九級，分別為 +4：極端愉快，+3：非常愉快，+2：愉快，+1：稍微愉快，0：不覺愉快或不愉快，-1：稍微不愉快，-2：不愉快，-3：非常不愉快，-4：極端不愉快⁽²²⁾。

表 4.
基準嗅液組成⁽²²⁾。

	名稱	特性
A	Phenethyl Alcohol	<p>別名 Rose-P，無色透明液體，有玫瑰香氣，廣用於各種玫瑰香料，用於化粧品、廁所香精等。0 的稀釋濃度 (感知閾值濃度) 為 $10^{-5.2}$。玫瑰花氣味，輕甜氣味。</p> <div>  <p>β-phenylethyl alcohol $C_8H_{10}O = 122.17$</p> </div>
B	Methyl Cyclopentenorone	<p>商品名為 cycloten，無色粉狀，有甜牛奶糖香氣，常用為布丁、牛奶糖等甜點香料素材，感知閾值濃度為 $10^{-5.6}$。焦臭，牛奶糖氣味。</p> <div>  <p>Methylcyclopentenolon $C_6H_8O_2 = 112.13$</p> </div>
C	Isovaleric A	<p>異戊酸，無色透明液體，有潮熱發霉的襪臭或汗臭，為代表性惡臭之一，感知閾值濃度為 $10^{-6.0}$。腐敗臭，舊襪氣味，汗臭氣味，發酵大豆的氣味。</p> <div>  <p>異戊酸 $C_5H_{10}O_2 = 102.13$</p> </div>
D	γ -undecalactone	<p>介於無色及淡黃色之間的液體。有桃子香氣，廣用為飲料、甜點等食品用香料，也用為化粧品用香料。感知閾值濃度為 $10^{-5.1}$。表現的氣味：桃子罐頭，甜重氣味。</p> <div>  <p>γ-undecalactone $C_{11}H_{20}O_2 = 184.28$</p> </div>
E	Skatole	<p>糞臭素，有不愉快的糞臭，但稀釋後成為稍有清涼感的愉快香，本是白色板狀結晶，含於天然麝香貓，可少量添加於高級化粧品用香料，感知閾值濃度為 $10^{-6.1}$。表現的氣味：糞臭，蔬菜屑氣味，口臭，討厭的氣味。</p> <div>  <p>Scatol $C_9H_9N = 131.17$</p> </div>
	流動石蠟	對照液

環保署公告的「臭氣及異味官能測定法－三點比較式嗅袋法」(NIEA A201.10A)⁽²³⁾，參考前述之日本的三點比較式嗅袋法，係將試樣氣體以純淨空氣適當稀釋後，置於三個嗅袋中的一個(另二個嗅袋裝純淨空氣)，由六名合格嗅覺判定員在官能測定室內分別以嗅覺判斷那個嗅袋含有臭氣(即試樣氣體)，再平均算出嗅覺判定員可聞出之稀釋倍數，以臭氣濃度表示。環保署公告的「水中臭度檢測方法－初嗅數法」⁽²⁴⁾，初嗅數乃水樣以無臭水作系列稀釋後，檢驗員仍可偵測到臭度之水樣最高稀釋比率。適用於飲用水、表面水、含鹽分水、家庭廢水以及工業廢水之初嗅數偵測。高臭度樣品在檢驗時必須以無臭水稀釋之，以降低濃度。所以，本方法之應用範圍可從幾乎無臭的自然水至初嗅數為數千的工業廢水。新鮮之家庭污水略有肥皂及油臭，陳腐污水則有硫化物及硫化氫臭。環保署公告的「水中味檢測方法－味閾值檢定法」，不含病原性微生物、寄生蟲或有害化學物質(如去氯試劑亞砷酸鈉)之水樣，以無味水作系列稀釋，經檢測人員由濃度低至高之順序，將各稀釋樣品與無味水作比較，以找出具有味覺反應之最低濃度樣品，其稀釋倍數即為味閾值(flavor threshold number, FTN)。為避免因個人味覺差異而影響測定之結果，本檢測方法應由5或5位以上檢測人員共同進行。本方法僅適用於可安全飲用之水樣中味之檢測⁽²⁵⁾。飲用水水質標準規定初嗅數為3⁽²⁶⁾。

六、實例說明

1. 油管漏油事件^(27,28)

輸油管不論是遭受意外或人為蓄意破壞，漏油所影響的面積和環境污染程度最為嚴重。因此須有即時、現場分析，先找出漏油處，緊急應變處置，降低災害至最低。2002年新竹市區發生油管漏油事件時，漏油地區如圖9⁽²⁸⁾所示，可能漏油(spilled oil)來源包括：加油站汽油(gasoline)、加油站柴油(diesel)、玻璃工廠用燃料油(fuel oil)和噴射機用燃料油(jet fuel)。筆者實驗室使用2部電子鼻，Cyranose 320TM和zNose[®]分析結果，分別如圖10⁽²⁷⁾和圖11⁽²⁷⁾所示，(a)圖為電子鼻分析結果，(b)圖為

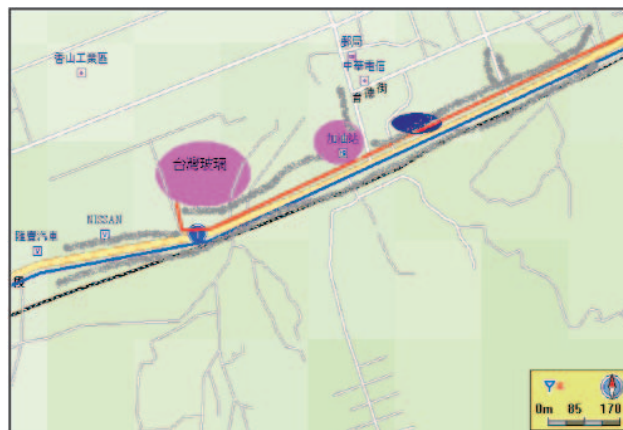


圖9. 新竹市區油管漏油地區⁽²⁸⁾。

數據處理後之圖，二圖樣皆顯示滲漏油比較接近噴射機用燃料油。經由GC-EIMS(電子游離)分別分析油樣中不同標的物，如直鏈碳氫化合物、多環芳香烴(PAH)及烷基化多苯芳香烴寡聚物，結果如圖12(a)⁽²⁷⁾之GC-CIMS(化學游離)選擇離子(烷基苯環芳香烴)層析圖、圖12(b)⁽²⁷⁾之GC-CIMS選擇離子層析的條狀示意圖、圖12(c)⁽²⁷⁾之GC-EIMS總離子層析圖，確認電子鼻分析結果。顯示整合現場快速判定未知樣品之電子鼻分析技術，協助取得代表性樣品，藉由GC-MS確認分析，同時達到緊急應變處置，降低災害至最低，有效搜證提供環境法律訴訟所需要的證據及污染相關資訊，達到勿枉勿縱之目標。

2. 雨水放流口臭味事件⁽²⁹⁾

2002年4月16日20:05筆者實驗室人員接獲新竹市環保局人員及科園里監測網成員通知，新竹科學園區D03雨水排放口(位於靜心湖北側，收集水土保持、二、三期及部分一期逕流水)傳出臭味，隨即準備相關的採樣設備。20:35抵達園區靜心湖之D03雨水放流口，發現當時空氣中氣味並不十分濃，靠近D03採樣點後，味道較重，採集D03水樣，現場量測pH為6.88，電導度為0.585 ms/s，均屬正常範圍。20:50至污水處理廠採集D01污水處理廠放流水樣，做為比對樣品。現場量測其pH為7.03、電導度為3.14 ms/s，pH正常但電導度高。鑑於過去現場分析之經驗，D01污水

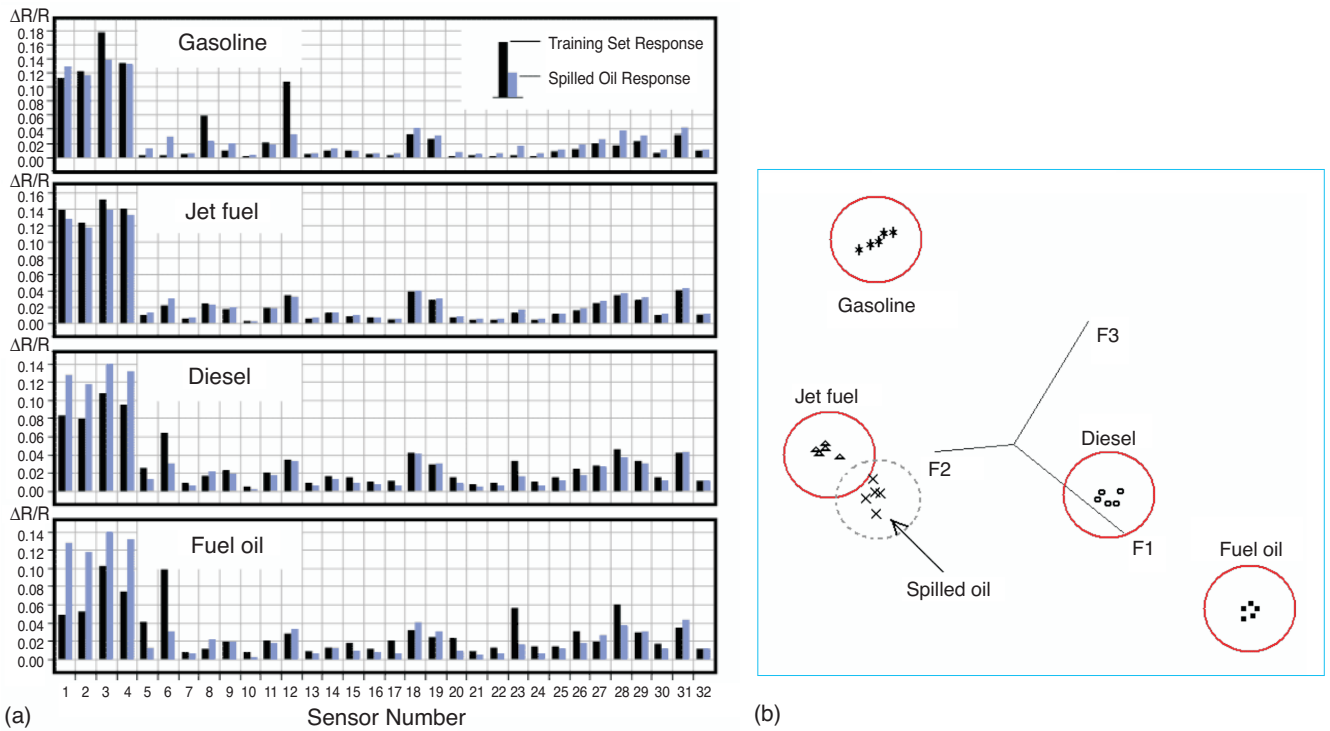


圖 10. 各類油樣之 (a) Cyranose 320TM 分析結果，(b) 主成分分析 (PCA) 圖⁽²⁷⁾。

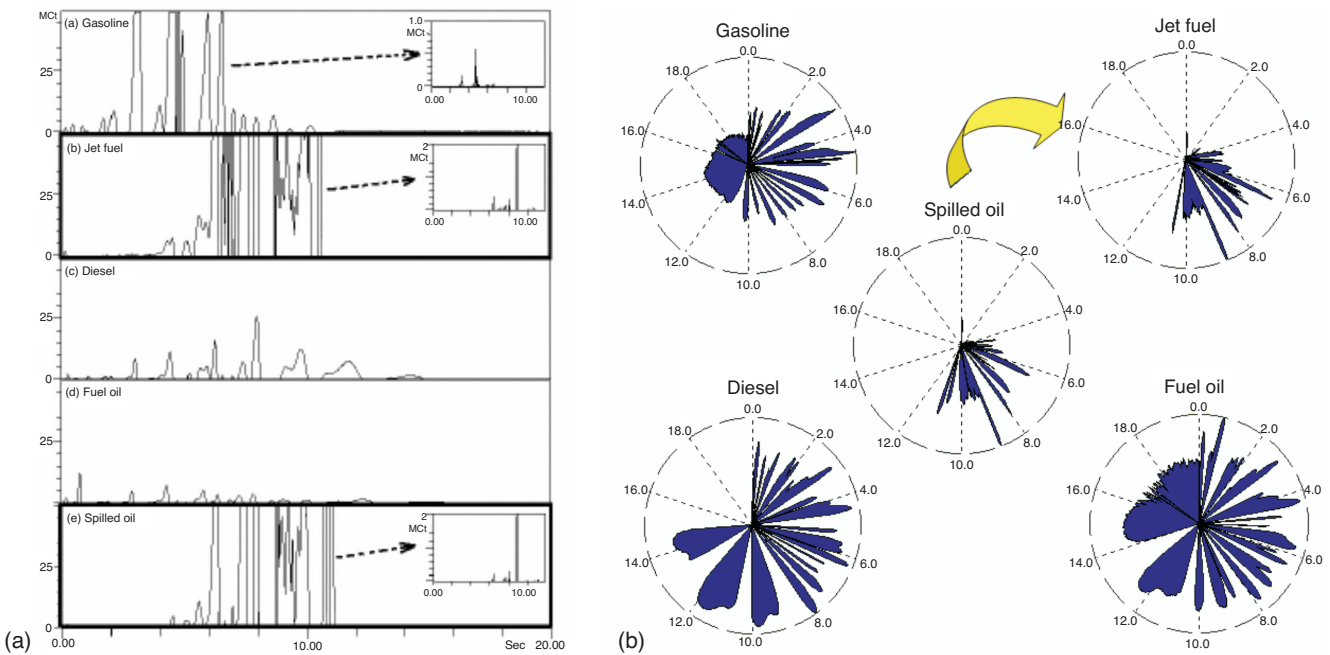


圖 11. 各類油樣之 (a) zNose[®] 分析結果，(b) 嗅覺影像圖⁽²⁷⁾。

處理廠排放口之水樣電導度一向較高，大約都在 1.5 ms/s 以上，故依現場量測值初步判斷，D03 之水樣應非來自 D01 之放流水。為謹慎起見，仍將

D01 水樣帶回實驗室分析確認。

實驗室分析方法包括：(1) Cyranose 320TM 分析採集的 D01、D03 水樣，及約 6 個月前採集的

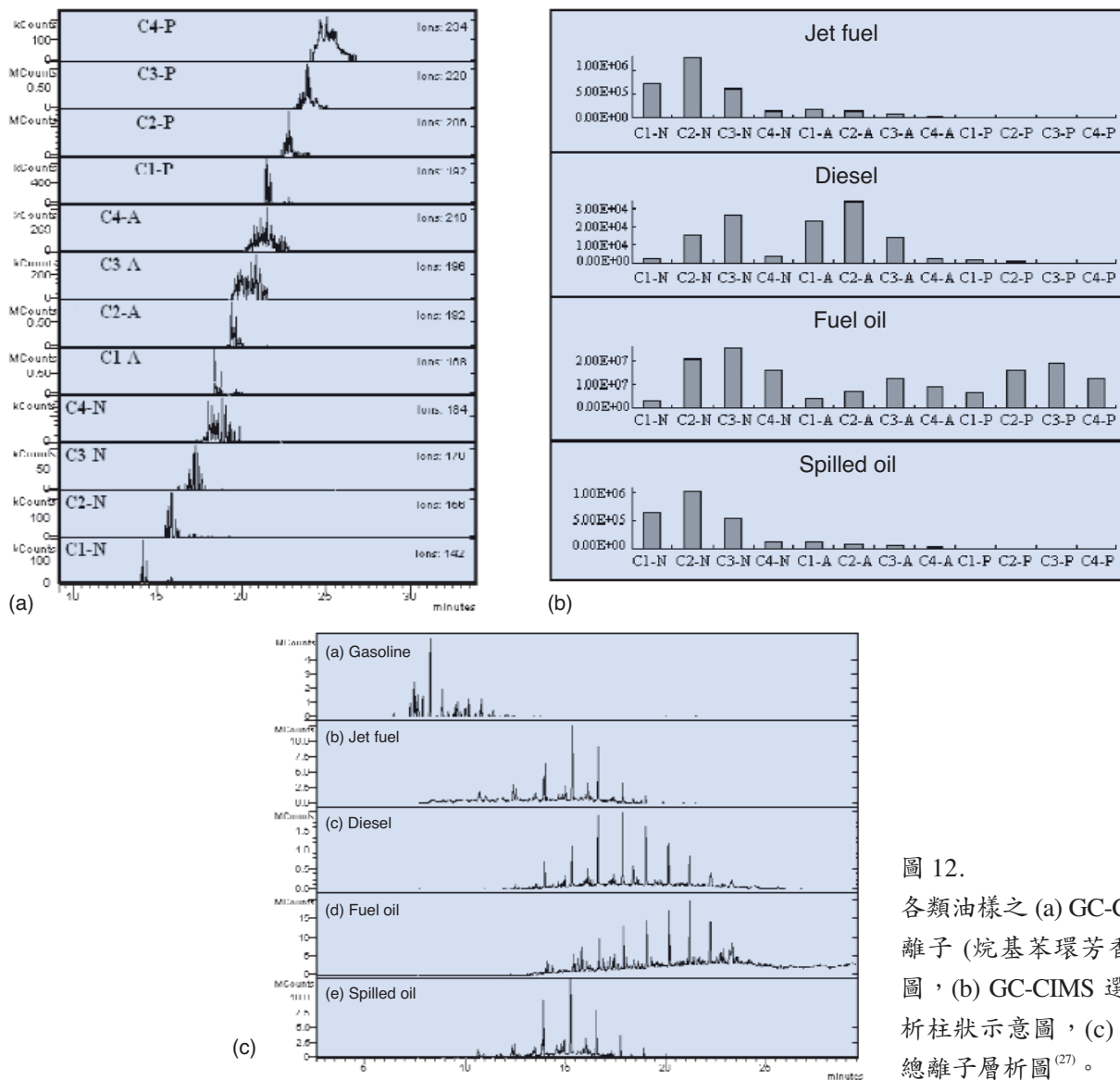
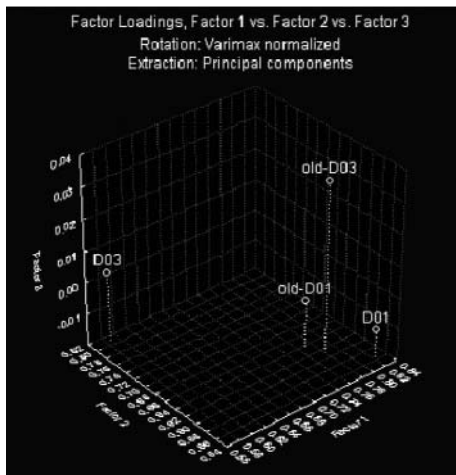


圖 12.

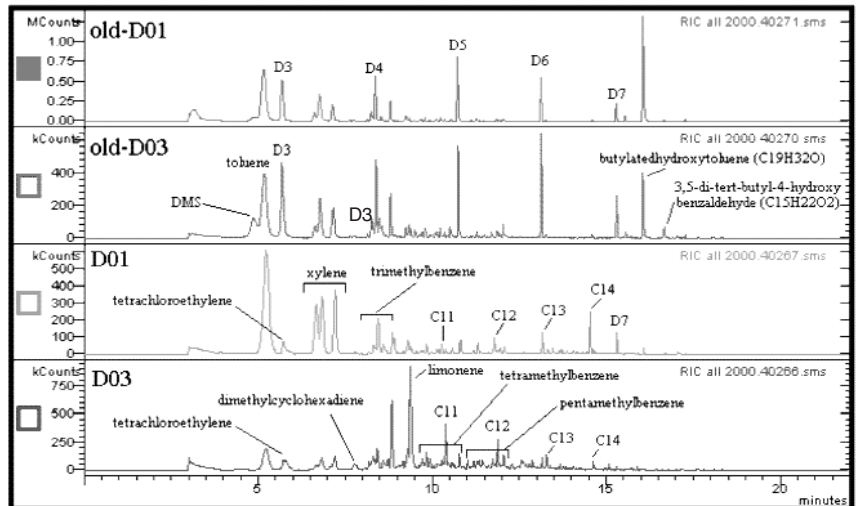
各類油樣之 (a) GC-CIMS 選擇離子 (烷基苯環芳香烴) 層析圖, (b) GC-CIMS 選擇離子層析柱狀示意圖, (c) GC-EIMS 總離子層析圖⁽²⁷⁾。

D03、D01 水樣 (簡稱 old D03、old D01), 再以主成分分析法 (principal component analysis, PCA) 分析水樣之差異。(2) 氣相層析質譜儀 (GC-MS) 分析水樣中的揮發性物質。(3) 離子層析儀 (ion chromatograph, IC) 分析水樣中 8 種陰離子及 5 種陽離子。(4) 總有機碳分析儀 (total organic carbon analyzer, TOC) 分析水樣中總有機碳 (TOC)。分析結果包括圖 13(a)⁽²⁹⁾ Cyranose 320TM 之 3D PCA, 顯示 D01 與 D03 兩水樣有明顯的不同。圖 13(b)⁽²⁹⁾ 之 GC-MS 圖, D03 水樣中有一個 D01 中所沒有的化合物: 寧烯 (limonene), 為家用清潔用品中常見的添加劑, 在工業廢水中並不常見, D01 與 D03 組成

並不相同。D03 水樣有較大量的醋酸根離子及亞硝酸根離子, 且無 D01 中常見的大量氯離子、硫酸根、磷酸根、氟離子及銨根離子。D03 的總有機碳數值高達 175.84 mg/L, 高過 D01 十幾倍, 推測 D03 所採集的水樣含有比較高濃度的有機物質, 未經過處理即排入 D03 中。綜合 D03 水樣的 CyranoseTM、GC-MS、IC 分析結果, 及現場量測值, 發現與 D01 之分析結果不盡相同。故推測當天所採集的 D03 水樣, 應未含有來自 D01 之放流水。推測 D03 水樣應為未經處理含大量有機物質的家庭廢水, 而臭味可能來自氣溫升高, 強化厭氧作用。



(a)



(b)

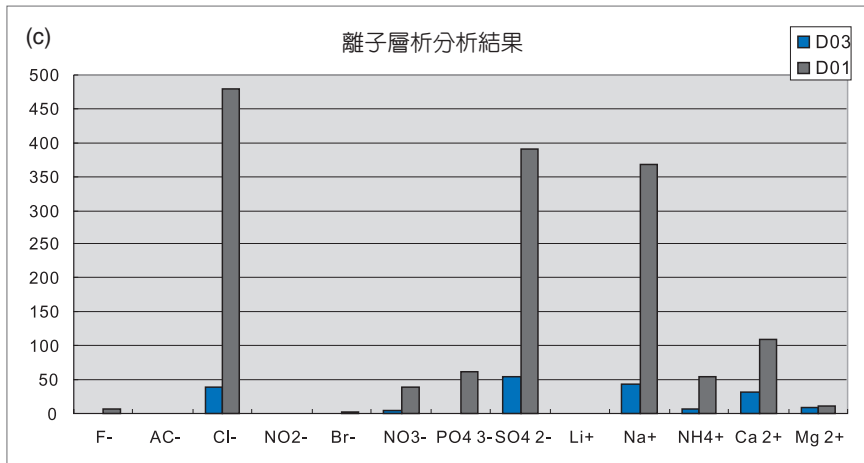


圖 13.

雨水排放口各類水樣之 (a) Cyranose 320™ 分析結果、(b) GC-MS 分析結果、(c) IC 分析結果⁽²⁹⁾。

3. 工業區臭味事件⁽³⁰⁾

2004 年 2 月 3 日桃園縣環保局接獲通知，有民眾檢舉位於中壢工業區東園路與南園路交會口附近，常發現有一股白煙和黑煙飄過天際，伴隨東北季風四處飄散，這股污氣帶有酸味及惡臭，人們聞後會有想吐之感覺。

2004 年 2 月 4 日 09:00 至 10:00，筆者實驗室人員至中壢工業區，沿著普忠路、東園路、南園路、自強三、四、五路附近現場勘查，發現僅在南園二路與東園路交叉路附近，察覺有極弱的化學藥臭味 (陣陣的極弱味)，其餘各勘查地點的空氣品質皆十分良好無異臭味，但因當日東北季風強烈且雨勢強大，所以無法實施各種氣味儀器檢測。2004 年 2 月 9 日 16:00 至 17:00 再至現場沿相同路徑勘查，發現於同樣位置 (南園二路與東園路交叉路附

近)，有極弱之化學藥臭味 (陣陣極弱味)，但當日同樣是雨天，無法實施各種氣味儀器檢測。2004 年 2 月 13 日 15:10 至 17:15，參考前二次勘查結果，決定以南園二路與東園路交叉路為中心，延東園路南北擴向，檢測包括東園二路與自強四路等共 15 個檢測點 (A01—A15)，實施現場檢測。並在 A10、A13 採樣，攜回實驗室以 GC-MS 分析。如圖 14⁽³⁰⁾ 所示。每個測點均實施 5 分鐘檢測，使用國內育強公司之 GT-300 VOC (偵測揮發性有機物) 和 GT-300 AQ (提供空氣品質綜合指標) 氣體偵測器，記錄檢測時間內最大測值，使用日本 Cosmos 公司之 XP-329 臭氣指數計 (簡稱 odor meter) 記錄檢測時間內最小與最大測值。當日風向為北北東風，平均風速 3.2 m/s。17:20 至 18:00 請教當地居民及過路人群，進行相關空氣異臭味問卷調查，共

發出問卷 40 份，有效回收 15 份。依據問卷調查分析，發現有六成受訪者表示曾在此區域察覺到有異臭味，察覺到有異臭味者大多數 (44%) 認為是有一陣陣強度襲來的藥臭味，異臭味出現時間有 66% 受訪者認為是在不特定時間，至於可能的來源地點則有 78% 認為可能是附近工廠。2004 年 3 月 5 日 13:50 至 15:30，至懷疑為污染源的工廠，包括有 A 工廠、B 工廠及 C 工廠，於各工廠實施廠區內空氣檢測及採集樣品。圖 15⁽³⁰⁾ 為 A01—A15 周界空氣之 GT-300 VOC、GT-300 AQ、odor meter 分析結果；圖 16⁽³⁰⁾ 為 A10、A13 周界空氣之 GC-MS 分析結果；圖 17⁽³⁰⁾ 為位於 A13 附近之 A 工廠、A10 附近之 B 工廠廠區內空氣之 GC-MS 分析結果。

從圖 15 所示，異臭味主要發生在 A10 和 A13 之間。有化學藥劑味的空氣中，如圖 16 所示，測到有丙酮 (acetone)、二甲基甲醯胺 (N, N-dimethyl formamide, DMF)、酚 (phenol)、丙二醇單乙醚乙酸酯 (propylene glycol monomethyl ethyl acetate, PGMEA) 等特殊污染物，和圖 17 之 A 工廠廠區內測到之化學物質相同，配合氣象資料及地理位置，初步推論 A 工廠為惡臭物質排放源。

4. 辦公大樓室內空氣異味事件

2002 年 11 月前往內疑有異味且地面有異物之辦公大樓，進行採樣檢測以了解可能原因。該大樓

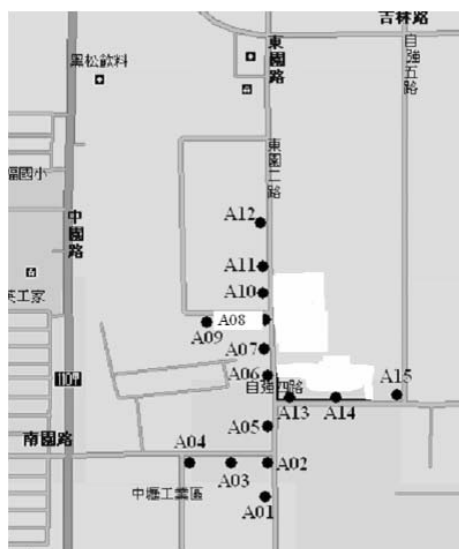
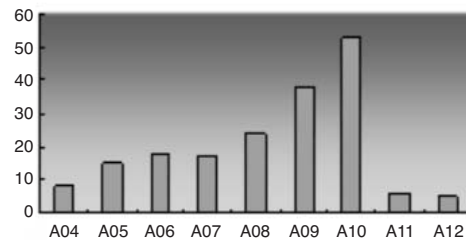
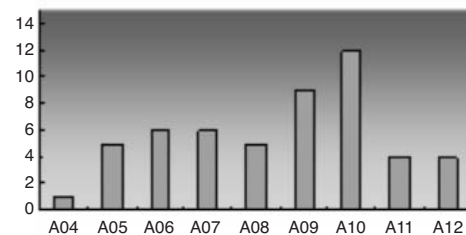


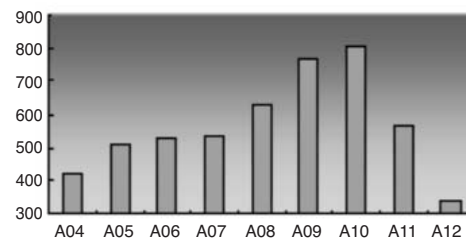
圖 14. 工業區臭味事件之採樣地點示意圖⁽³⁰⁾。



(a) GT-300 VOC



(b) GT-300 AQ



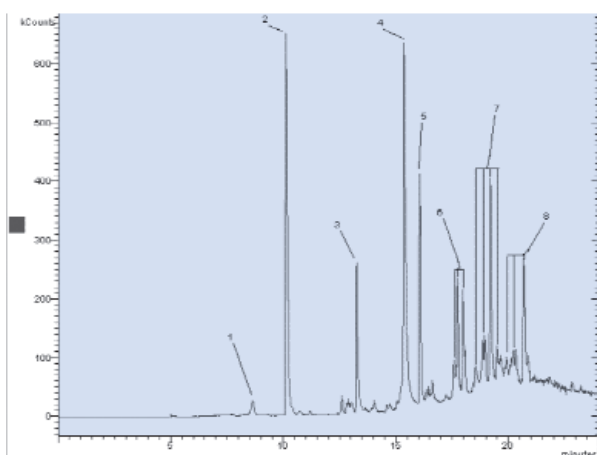
(c) Odor meter

圖 15. A01—A15 周界空氣之 GT-300 VOC、GT-300 AQ、odor meter 分析結果⁽³⁰⁾。

共有八層樓，檢測地點共計 14 點，分別為大樓內八樓 (8F)、七樓 (7F) 各一點，六樓三個點 (6F-1 電梯口外走廊、6F-2 走廊、6F-3 辦公室內)，五樓二個點 (5F-1 電梯口外走廊、5F-2 辦公室內)，此乃因該二層樓工作人員表示異味嚴重，故檢測點較多，四 (4F)、三 (3F)、二 (2F)、一 (1F) 樓各一點，大門室外 (outdoor) 空氣一點，辦公大樓旁之底灰 (bottom ash) 場一點，垃圾車傾倒工作平台 (plate) 一點。檢測儀器包括：GT300-AQ、GT300-VOC、XP-329 臭氣指數計、Cyrano 320TM 電子鼻、7100 fast GC analyzer (zNose[®])、Varian Star 3800 GC/Saturn 2000 ITMS。

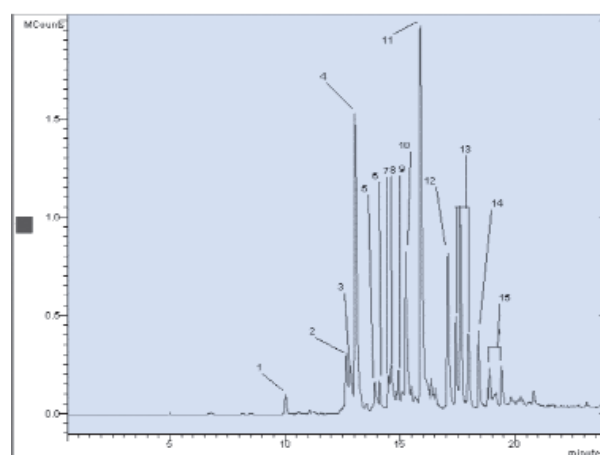
圖 18 為使用 GT300-AQ GT300-VOC 和 odor meter 檢測辦公大樓室內空氣之結果，圖 18(a) 之 GT300-AQ 測值變動不大，五樓有最大讀值 (5F-2)，圖 18(b) 之 GT300-VOC 顯示五、六樓空氣品質較

A10



Num	Height	Time (min)	Qual. Score (%)	Chem. Name	CAS	Area
1	40	8.608	45	Isopropyl alcohol	67-63-0	164462
2	650	10.027	43.58	Acetone	67-64-1	2377223
3	300	13.279	41.57.55	3,4 Dimethyl hexane	503-43-2	303493
4	600	15.249	73.44	N, N, Dimethyl formamide	68-12-2	2141643
5	430	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636
6	480	17.426	91.9%	Xylene homologue		533949
7	400	18.903	115.120	Trimethyl benzene homologue		415755
8	380	20.677	41.57.4.5	2,3,4 Trimethyl hexane	941-47-1	168113

A13

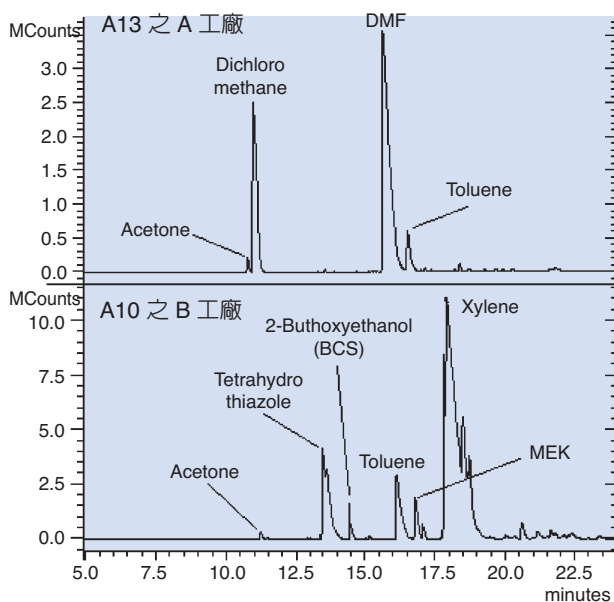


Num	Height	Time (min)	Qual. Score (%)	Chem. Name	CAS	Area
1	100	10.027	43.58	Acetone	67-64-1	2377223
2	350	13.279	41.57.55	3,4 Dimethyl hexane	503-43-2	303493
3	350	15.249	73.44	N, N, Dimethyl formamide	68-12-2	2141643
4	1500	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636
5	700	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636
6	380	17.426	91.9%	Xylene homologue		533949
7	420	18.903	115.120	Trimethyl benzene		415755
8	250	14.027	46.9.820	2 Methyl hexane homologue		209274
9	420	15.249	73.44	N, N, Dimethyl formamide	68-12-2	2141643
10	500	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636
11	2000	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636
12	150	20.677	41.57.4.5	2,3,4 Trimethyl hexane	941-47-1	168113
13	1400	17.426	91.9%	Xylene homologue		533949
14	420	18.903	115.120	Trimethyl benzene		415755
15	500	15.909	91.6%	Toluene	1081-98-3	1033636

圖 16. A10、A13 周界空氣之 GC-MS 分析結果⁽³⁰⁾。

差，圖 18(c) 之 odor meter 顯示五、六、七樓空氣品質較差，四樓與一樓之空氣品質比較好。三種儀器之檢測值在五樓皆最高 (忽略圖 18(a) 底灰場之空氣品質)，表示五樓空氣品質較差。室外 (outdoor)

及垃圾車傾倒工作平台 (plate) 的空氣品質並不差，儀器檢測值低於辦公室五、六、七樓，由此推斷辦公室大樓內空氣品質不良的來源應該不是室外或垃圾車傾倒工作平台處；odor meter 檢測值顯示底灰場的最大讀值與辦公室大樓內五、六、七樓相近，顯示氣味強度相近。圖 19 為使用 Cyranose 320™ 檢測辦公大樓室內空氣之 3D PCA 結果，氣味特徵越相似之檢測點，在圖中之距離也越近，顯示大樓內五、六、七樓之室內空氣，和其他測點間氣味之差異比較大，這和一般垂直擴散式污染情形 (從下至上或從上至下) 不相同，因此初步推論五、六、七樓之室內空氣污染來源不太可能來自於底樓或頂樓，確是和底灰之氣味特性較為接近，表示底灰場有可能是氣味的來源。圖 20 為使用 zNose® 檢測辦公大樓室內空氣之結果，選用不同滯留時間的 14 根峰，依照其面積積分值作出統計圖，顯示五樓以上辦公室之氣體濃度比較高，尤其是第 1 根峰之面積，在五樓以下之樓層，面積相似；在五樓以上之樓層，越往高樓層面積越大，可能是揮發性物質依垂直擴散式從下至上污染所造成；惡臭物質揮發性可能不高，因此仍多停留在五樓樓層。表 5 為使用

圖 17. 位於 A13 附近之 A 工廠、A10 附近之 B 工廠廠區內空氣之 GC-MS 分析結果⁽³⁰⁾。

編號	滯留時間	化合物	分子式	五樓*	八樓*
1	4.98	Toluene	C ₇ H ₈	0.101	0.066
2	5.332	Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	C ₆ H ₁₈ O ₃ Si ₃	0.024	0.04
3	5.599	Pinacol	C ₆ H ₁₄ O ₂	0.029	0.004
4	6.025	Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	0.153	0.034
5	6.139	<i>m, p</i> -Xylene	C ₈ H ₁₀	0.551	0.095
6	6.401	<i>p</i> -Xylene	C ₈ H ₁₀	0.192	0.061
7	6.485	2-Pentanol, propanoate	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.003	0.033
8	7.258	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄	0.135	0.043
9	7.394	1,2-Cyclooctadiene	C ₈ H ₁₂	0.053	0.076
10	7.557	Trimethylbenzene	C ₉ H ₁₂	0.026	0.012
11	7.607	Cyclooctanol	C ₈ H ₁₆ O	0.024	0.038
12	7.87	Cyclohexene,1-(1-propynyl)	C ₉ H ₁₂	0.061	0.021
13	7.952	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.345	0.069
14	8.703	Undecane	C ₁₁ H ₂₄	0.047	0.072
15	8.897	Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	C ₁₀ H ₃₀ O ₅ Si ₅	0.133	0.016
16	9.383	Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	0.012	0.015
17	9.535	Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	0.014	0.004
18	9.696	Naphthalene	C ₁₀ H ₈	0.117	0.067
19	9.746	Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	0.091	0.108

* 半定量結果，單位 ppbV

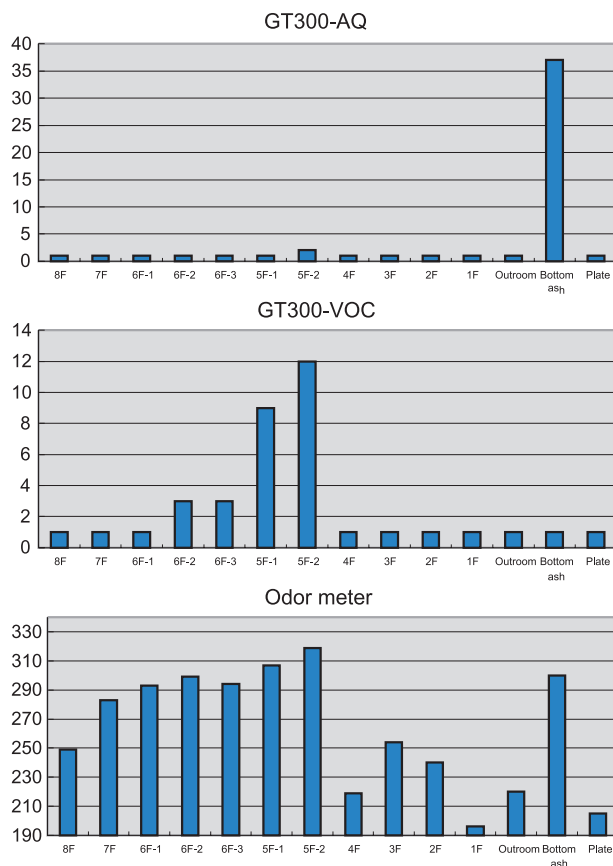


圖 18. GT300-AQ GT300-VOC 和 Odor meter 檢測辦公大樓室內空氣之結果。

表 5.

GC-MS檢測辦公大樓室內空氣之結果。

Tenax-GC 吸附管柱，採集八樓和五樓室內空氣樣，返回實驗室後利用氣相層析質譜儀 (Varian Star 3800 GC/Varian Saturn 2000 ITMS) 進行分析，並選定 19 根峰作質譜圖庫搜尋比對辨識。在這些空氣樣品中大部分是烷烴、環烷烴 (C8-C13)、烯烴及環矽烷類 (D3-D5) 等化合物，這些化合物是垃圾處理場或是垃圾掩埋場的廢氣組成。

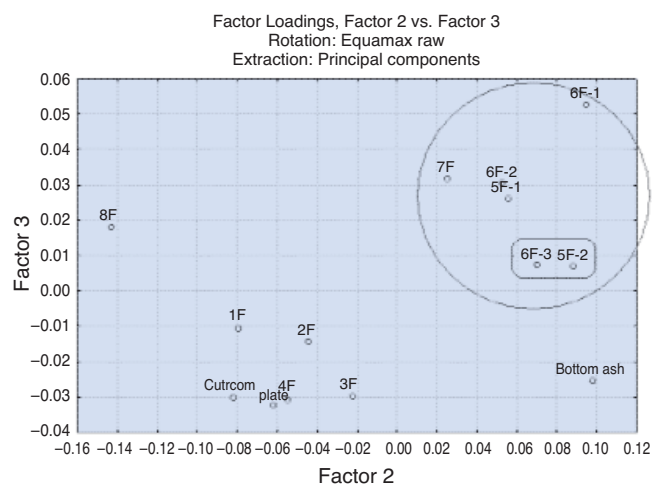


圖 19. Cyranose 320™ 檢測辦公大樓室內空氣之 3D PCA 圖。

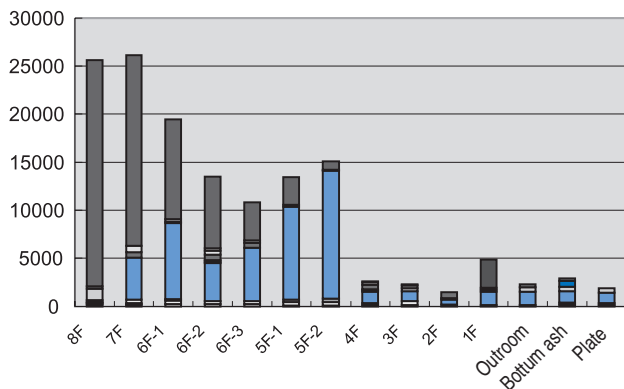


圖 20. zNose® 檢測辦公大樓室內空氣之結果。

5. 羊乳摻牛乳事件

本草綱目記載「羊乳甘溫無毒、益精氣…」，加上羊乳的營養成分容易被人體吸收，因此國人多認為羊乳為優良的健康補品。除此之外，羊乳的產量比牛乳少，因此羊乳之價格一般都比牛乳高，造成羊乳摻牛乳，甚至摻牛奶粉的情形時有所聞。目前使用儀器分析羊乳中是否有牛乳摻假，多利用羊、牛乳中之脂肪酸或蛋白質（酪蛋白或乳清蛋白）組分之差異。筆者實驗室曾研發使用液相層析質譜儀測定乳清蛋白，可以檢測羊乳中低至 5% 的摻假牛乳⁽³¹⁾。使用電子鼻具有檢測時間短、檢測方法簡單、操作方法容易等優點。圖 21 為使用 Cyranose 320™ 分析羊乳中摻有不同比例和不同廠牌之牛乳，A 廠牌之比例分別為 25%、50%、75%、100%，B 廠牌之比例為 33%。比較 A 廠牌和羊乳（圖中標示 0%），清楚顯示摻牛乳比例愈高之摻假羊乳，愈容易和羊乳區分；摻有 33% B 廠牌牛乳之分布並未介於 A 廠牌之 25% 和 50% 比例間，可能是 A 廠牌和 B 廠牌牛乳之氣味不同故。

七、結論

人類要生存，不能片刻沒有空氣，安全和品質生活需有優質空氣。空氣中若有我們不曾經驗過的氣味，如芬芳氣味可以激起愉快的心情，但惡臭氣味卻會造成不快、甚至不安。國人之公害陳情，空氣項目多年來皆以惡臭居第一位。國內之異味氣體監測，從早期的氣相層析儀器偵測、官能測定法、氣相層析質譜鑑定，到電子鼻之現場檢測，乃至連

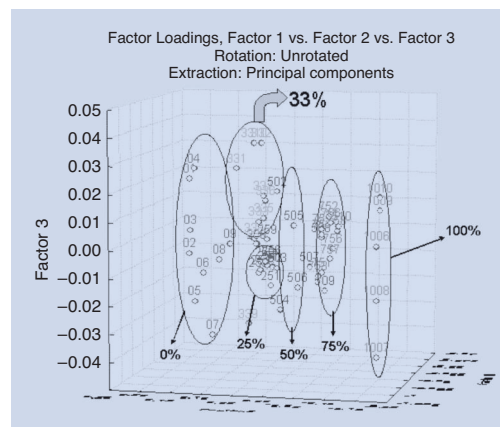


圖 21. Cyranose 320™ 分析羊乳中摻有不同比例和不同廠牌之牛乳的 3D PCA 圖。

續監測無線傳輸等，仍未能有效降低國人生活環境中之惡臭，顯示國內有關異味氣體之管制，舉凡法規層面、採樣技術、分析技術、心理感受、資料庫建立、氣味指標等，仍有很大的發展空間。誠如艾克瑟和巴克所言：「…嗅覺系統結構還有很多有待發掘。我們只是略知皮毛而已…。譬如，對氣味的記憶何以與情緒有關，至今仍是個謎。…將來有一天科學家也許可找出瘡蚊鼻子和致病昆蟲的氣味受體，只要能阻斷昆蟲嗅出食物來源的能力，就能開發出有效的驅蟲劑，不像殺蟲劑，這類驅蟲劑不會危害到其他生物和環境」⁽³²⁾。如何運用和研究生物嗅覺系統或是人工嗅覺系統於日常生活，以保障國人的生存環境、提昇國人的生活品質、創造商業契機等，值得深思和規劃。

誌謝

感謝國立清華大學、國家科學委員會、行政院環境保護署環境檢驗所、新竹市環境保護局、桃園縣環境保護局及新竹科學園區管理局等的資助研究，筆者方得以逐步建立異味氣體監測系統和能力，特此致謝。

參考文獻

1. T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry, the Central Science*, 9th edition, Prentice Hall International Inc. (2003).
2. 中華民國環境保護統計年報，行政院環境保護署編印 (2004).
3. Sense of Smell Institute, <http://www.senseofsmell.org/> (2005).

4. Press Release: The 2004 Nobel Prize in Physiology or Medicine, ©The Nobel Foundation, <http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/press.html> (2004).
5. The Vivid World of Odours, ©The Nobel Foundation, <http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/illpres/index.html> (2004).
6. The Olfactory System, ©The Nobel Foundation, http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/illpres/2_olfactory.html (2004).
7. L. Buck and R. Axel, *Cell*, **65**, 175 (1991).
8. A Large Family of Odorant Receptors, ©The Nobel Foundation, http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/illpres/3_receptors.html (2004).
9. A Large Gene Family, ©The Nobel Foundation, http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/illpres/4_gene.html (2004).
10. Combinatorial Receptor Codes, ©The Nobel Foundation, http://nobelprize.org/medicine/laureates/2004/illpres/6_codes.html (2004).
11. 嗅覺原理, 香水加油站, http://www.2rich.com.tw/perfume/perfum_g.htm (2005).
12. 固定污染源污染物排放標準, 行政院環保署 (2002).
13. The Offensive Odor Control Law in Japan, <http://www.env.go.jp/en/> (2005).
14. F-B. Frechen, *Water Science and Technology*, **41** (6), 17 (2000).
15. 呂志誠 (譯), 科儀新知, **22** (6), 86 (2001).
16. 吳仁彰, 科儀新知, **24** (5), 86 (2003).
17. S. Ampuero and J. O. Bosset, *Sensors and Actuators*, **B 94**, 1 (2003).
18. Smiths Detection, <http://www.smithsdetection.com/Default.asp?bhcp=1> (2005).
19. Electronic Sensor Technology, <http://www.znose.com/> (2005).
20. C. O. Sim, M. N. Ahmad, Z. Ismail, A. R. Othman, N. A. M. Noor, and E. M. Zaihidee, *Sensors*, **3**, 458 (2003) (<http://www.natsci.net/sensors/papers/s31000458.pdf>).
21. Alpha MOS, <http://www.alpha-mos.com/en/index.php> (2005).
22. 莊萬發, 香臭氣味控制應用, 復漢出版社 (1995).
23. 臭氣及異味官能測定法—三點比較式嗅袋法, NIEA A201.10A, 行政院環保署環境檢驗所 (1994).
24. 水中味檢測方法—味閾值檢定法, NIEA W202.50A, 行政院環保署環境檢驗所 (1994).
25. 水中臭度檢測方法—初嗅數法, NIEA W206.50T, 行政院環保署環境檢驗所 (1994).
26. 飲用水水質標準, 行政院環保署 (1999).
27. S. H. Tzing, J. Y. Chang, A. Ghule, J. J. Chang, B. Lo, and Y. C. Ling, *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, **17**, 1873 (2003).
28. 凌永健, 環境法醫研究之展望, 第九屆中華民國實驗室管理與認證論文發表會大會手冊, 專 1 (2004).
29. 「科學工業園區污(雨)下水水道系統內污染物氣(臭、異)味探討計畫」期末報告, 新竹市政府環境保護局 (2002).
30. 「廢棄物焚化爐有害空氣污染物及惡臭物質管理輔導計畫」, 期末報告, 桃園縣政府環境保護局 (2004).
31. R. K. Chen, L. W. Chang, Y. Y. Chung, M. H. Lee, and Y. C. Ling, *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, **18**, 1167 (2004).
32. 「諾貝爾醫學獎追蹤報導」, 邱秀貴編譯, 民生報 / A14 版 / 健康平台 (2004-10-06).

-
- 凌永健先生為美國佛羅里達州立大學化學博士, 現任國立清華大學化學系教授。
 - 曾新華先生為國立清華大學化學博士, 現任陸軍軍官學校化學系助理教授。
 - 徐明聖先生為國立清華大學化學博士, 現任國立清華大學化學研究所博士後研究員。
 - 陳思偉先生為國立清華大學化學博士, 現任茂德科技公司高級工程師。
 - 陳仁琨先生為國立清華大學化學博士, 現任中央研究院生物化學研究所博士後研究員。
 - 劉人鎬先生為國立清華大學化學碩士, 現就讀於國立清華大學化學研究所博士班。
 - 蕭文修先生現就讀於國立清華大學化學研究所碩士班。
 - 周姿君小姐現就讀於國立清華大學化學系。
 - Yong-Chien Ling received his Ph.D. in chemistry from Florida State University, USA. He is currently a professor in the Department of Chemistry at National Tsing Hua University.
 - Hsin-Hwa Tseng received his Ph.D. in Chemistry from National Tsing Hua University. He is currently an assistant professor in the Department of Chemistry at Chinese Military Academy.
 - Ming-Sheng Hsu received his Ph.D. in chemistry from National Tsing Hua University. He is currently a postdoctoral researcher in the Institute of Chemistry at National Tsing Hua University.
 - Joseph SW Chen received his Ph.D. in chemistry from National Tsing Hua University. He is currently a senior engineer in the ProMOS Technologies.
 - Ren-Kun Chen received his Ph.D. in chemistry from National Tsing Hua University. He is currently a postdoctoral researcher in the Institute of Biochemistry, Academia Sinica.
 - Jen-Yu Liu received his M.S. in chemistry from National Tsing Hua University. He is currently a Ph.D. student in the Institute of Chemistry at National Tsing Hua University.
 - Wen-Hsiu Hsiao is a M.S. student in the Institute of Chemistry at National Tsing Hua University.
 - Tze-Thun Chou is a student in the Department of Chemistry at National Tsing Hua University.