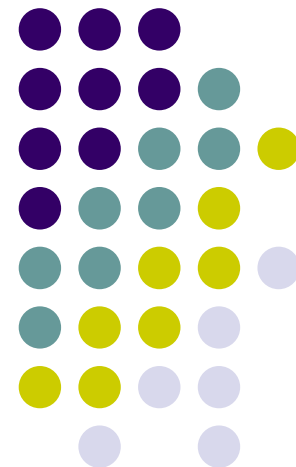


FTIR在毒性化學物質事故空氣品質調查

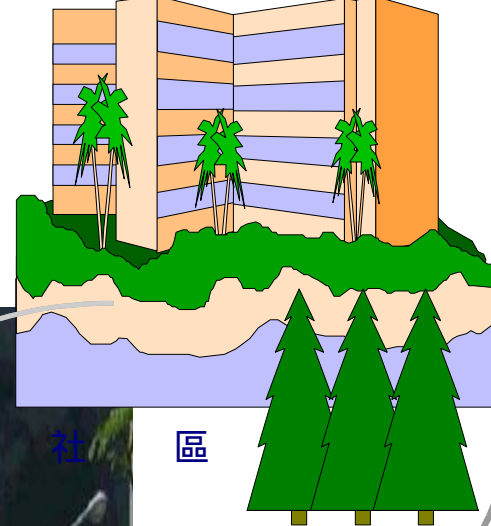
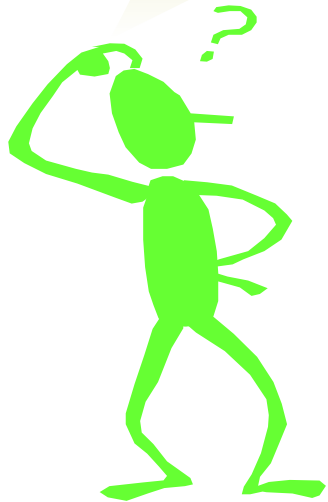
工研院 環安中心
張寶額

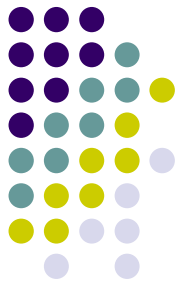
Paulchang@itri.org.tw

中華民國 九十二年七月十八 日



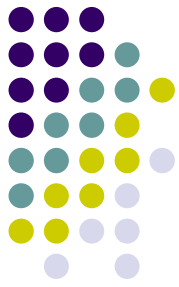
- 有沒有毒化物？
- 濃度多高？
- 黑煙有沒有毒？





災害現場 關注的焦點

- 現場是否有毒性化學物質逸散？
- 現場的濃度多高？有沒有立即危害？
- 是否會對現場救災及應變指揮人員造成健康危害？
- 對附近居民是否有危害？

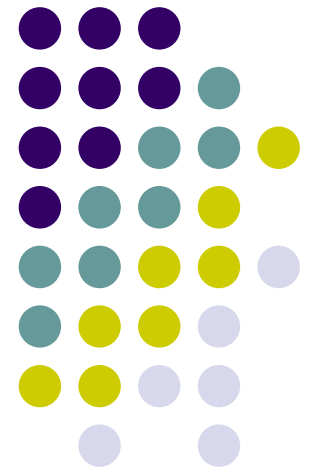


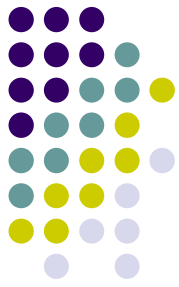
變應災化 - 空氣品質監測之要求

1. 最短的採樣準備時間
2. 最短的時間分析化合物
3. 能辨別多種化合物
4. 能準確地提供指揮及救災人員，現場之毒化物濃度資料

迅速、準確

化災事故之空氣污染物 偵測方法介紹

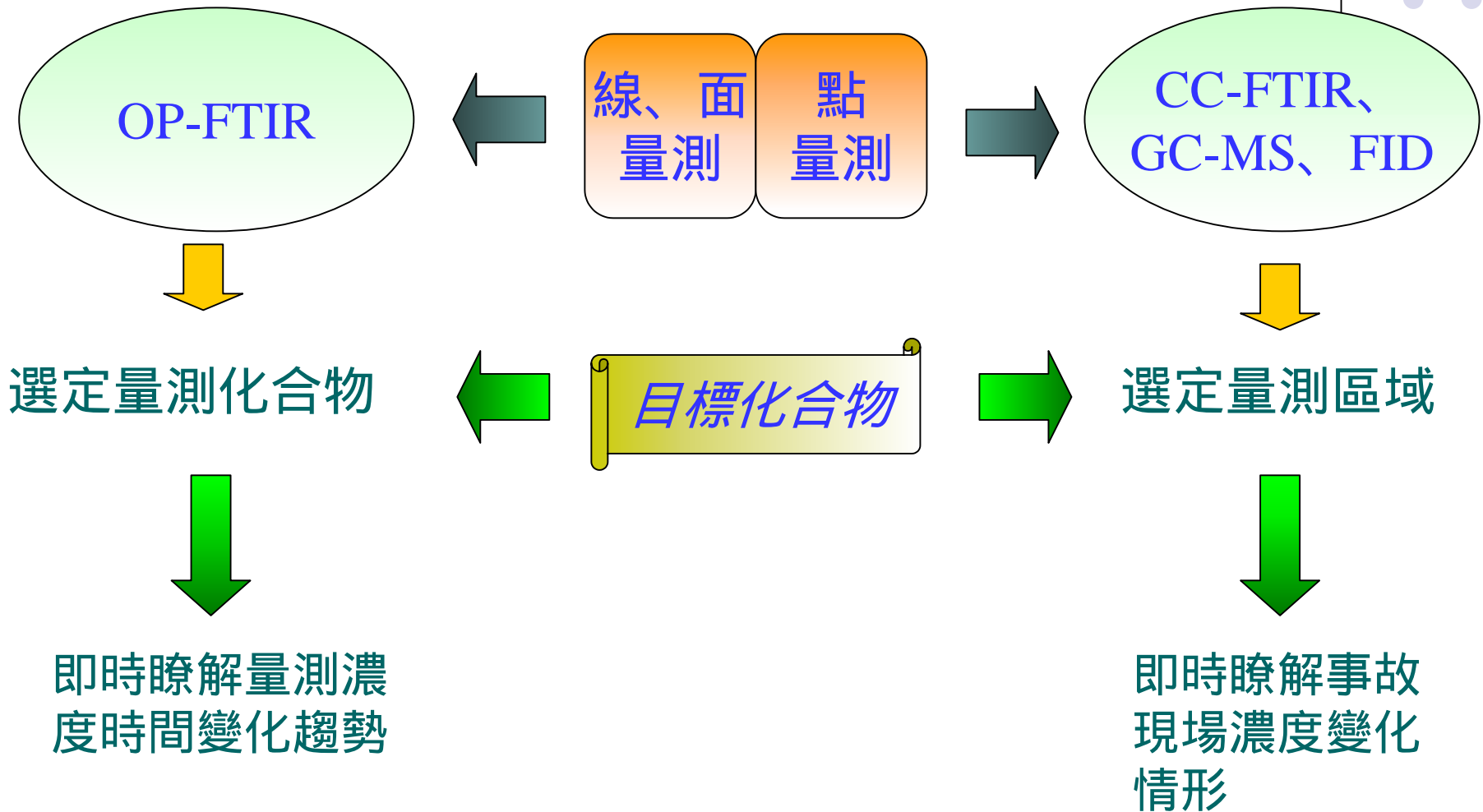
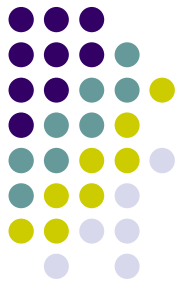


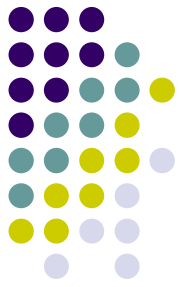


現有氣體偵測技術比較

監測技術	適用化合物	優點	缺點
攜帶式 FID	總碳氫化合物	<ol style="list-style-type: none">1. 攜帶方便2. 操作簡單3. 可快速採樣分析4. 可連續量測5. 儀器設備和分析費用相較便宜	<ol style="list-style-type: none">1. 只能分析總碳氫化合物，無法知道污染物種類2. 分析靈敏度較差（ppm 以上）
真空採樣筒、吸附管 – 氣相層析質譜儀（GC/MS）	4-10 個碳的有機物	<ol style="list-style-type: none">1. 可快速採樣2. 可同時多點採樣3. 可同時分析多種化合物4. 分析靈敏度高(<1 ppb)5. 可分析之污染物種類多（數十萬種）	<ol style="list-style-type: none">1. 需要的分析時間長（數小時）2. 儀器設備和分析費用昂貴3. 技術門檻高，需經專門訓練
紅外光遙測（FTIR）	氨、HCN、鹽酸、氫氟酸和約 250 種有機物	<ol style="list-style-type: none">1. 可實施大範圍的監測2. 可同時分析多種化合物3. 可連續監控污染物隨時間的變化4. 可快速定性定量污染物（約 30 分鐘）	<ol style="list-style-type: none">1. 受限於標準圖譜，可分析物種較少2. 儀器設備和分析費用昂貴3. 技術門檻高，需經專門訓練

工作方式



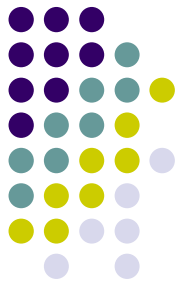


火焰游離偵測器(FID)之特性

- ◆ 反應快速，可立即得知總碳氫(THC)濃度
- ◆ 只能偵測總碳氫化合物（THC），無法分辨個別物種的濃度
- ◆ 偵測下限為1ppm



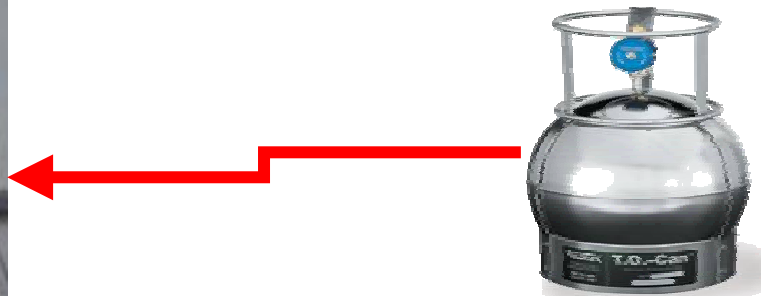
污染物
氣體(1分鐘)



氣相層析質譜儀 (GC/MS) 分析

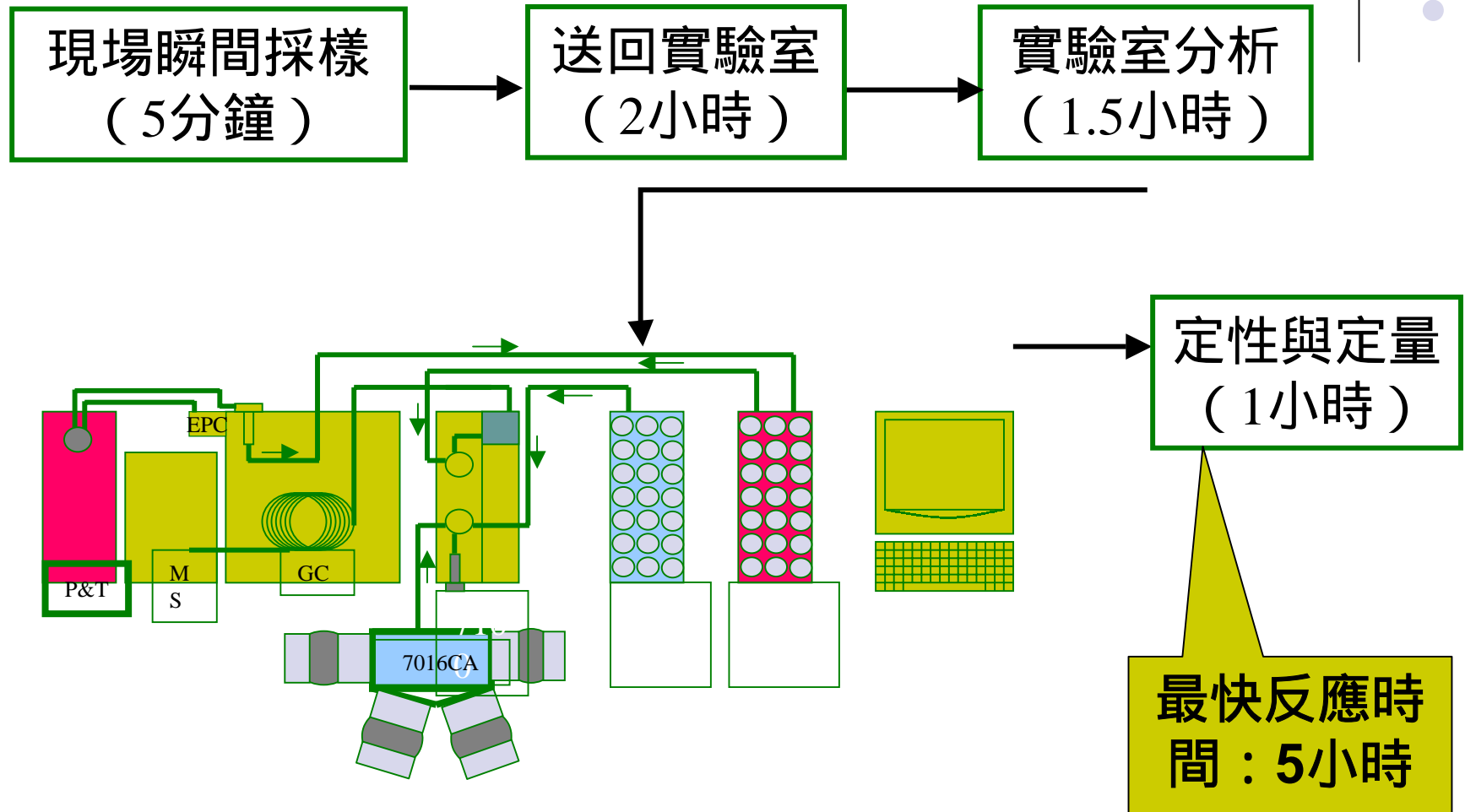
- 可立即進行現場採樣(<1分鐘)
- 可分析多種化合物，物種資料庫達20萬種以上
- 非常低的偵測極限(<0.5 ppb)
- 需要較長時間的定性定量分析(1小時以上)
- 原理

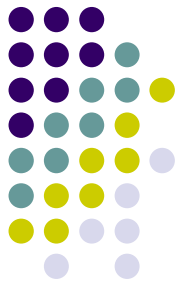
以冷凝濃縮熱脫附儀作樣品取量及濃縮，增加分析的解析度，最後再熱脫附入氣相層析質譜儀分析系統中，進行樣品分離及物種之定性及定量分析





氣相層析質譜儀 (GC/MS) 分析流程





什麼是FTIR?

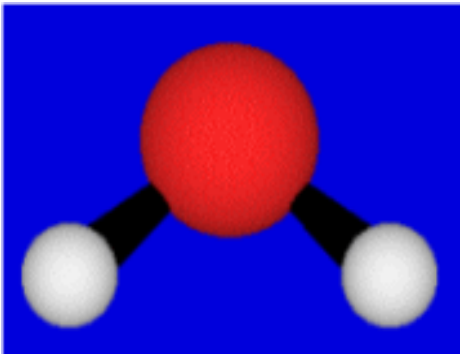
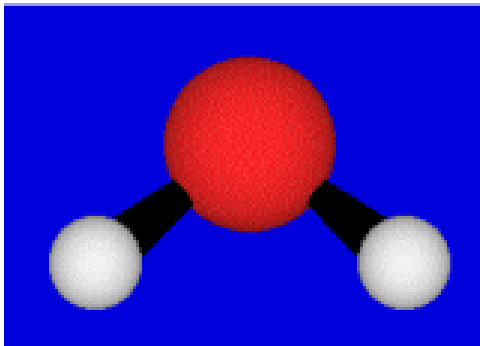
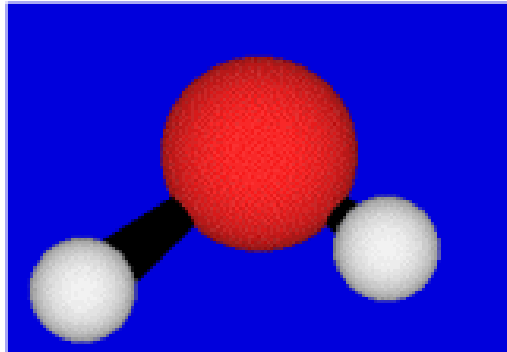


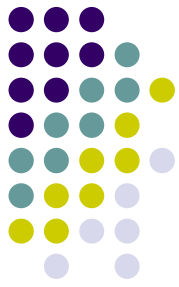
**Fourier Transform
InfraRed Spectrometer**

傅立葉轉換紅外光譜儀



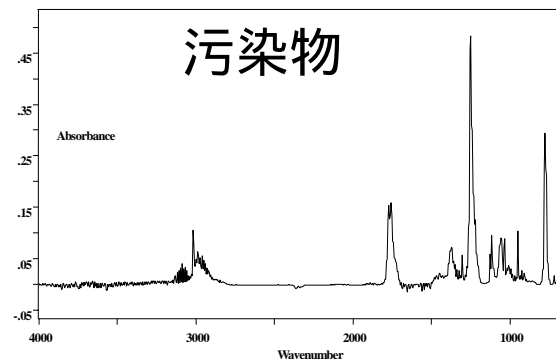
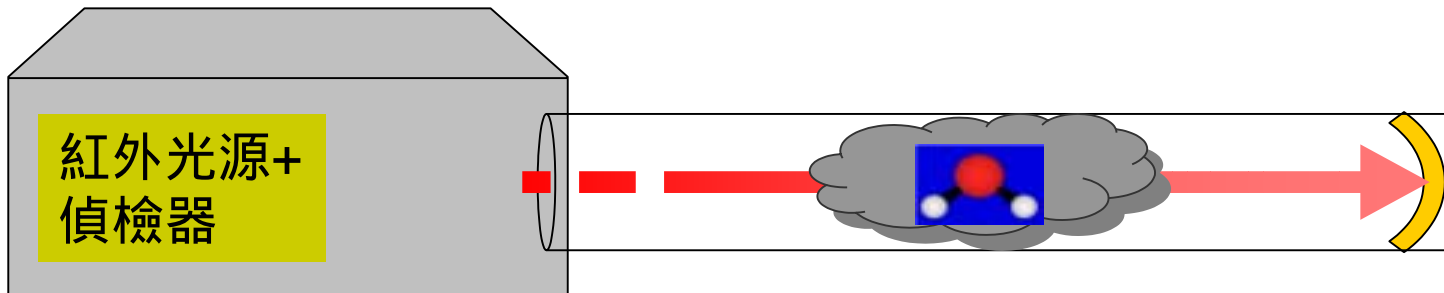
化學分子鍵結之運動模式

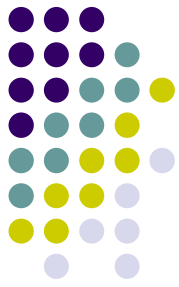
		
對稱伸展	彎曲	非對稱伸展



FTIR原理

- 探討當電磁輻射經過化學物質後，所發生的光譜變化
- 由於每種化學物質的特性各不相同，可產生不同的光譜變化(特性光譜)
- 當電磁輻射通過待測物時，由於分子的振動，部份頻率的光會為其吸收
- 每種分子會吸收特定頻率之光線，構成其獨特之“身分證明”

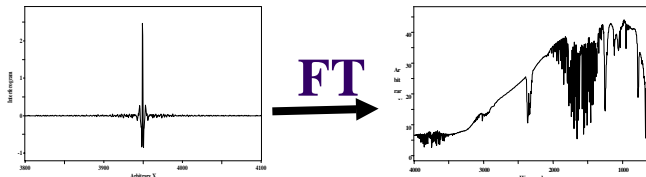




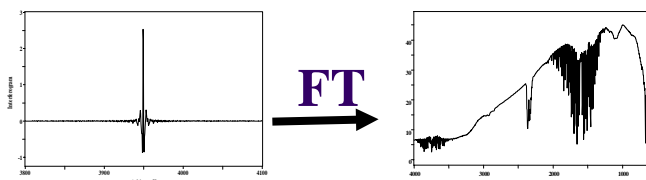
偵測原理與光譜分析流程

- 紅外光源 光束 開放空間 $\xrightarrow{\text{能量被氣體分子吸收}}$ Detector
 \longrightarrow 干涉圖譜 $\xrightarrow{\text{傅立葉轉換}}$ 單光程圖譜(樣品/背景)
 $\xrightarrow{\text{比爾定律運算}}$ 吸收圖譜

樣品干涉光譜 樣品單光程光譜

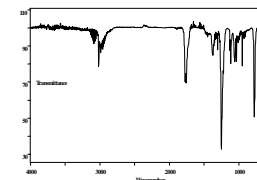


背景干涉光譜 背景單光程光譜

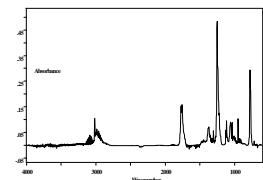


\div

樣品穿透光譜



樣品吸收光譜



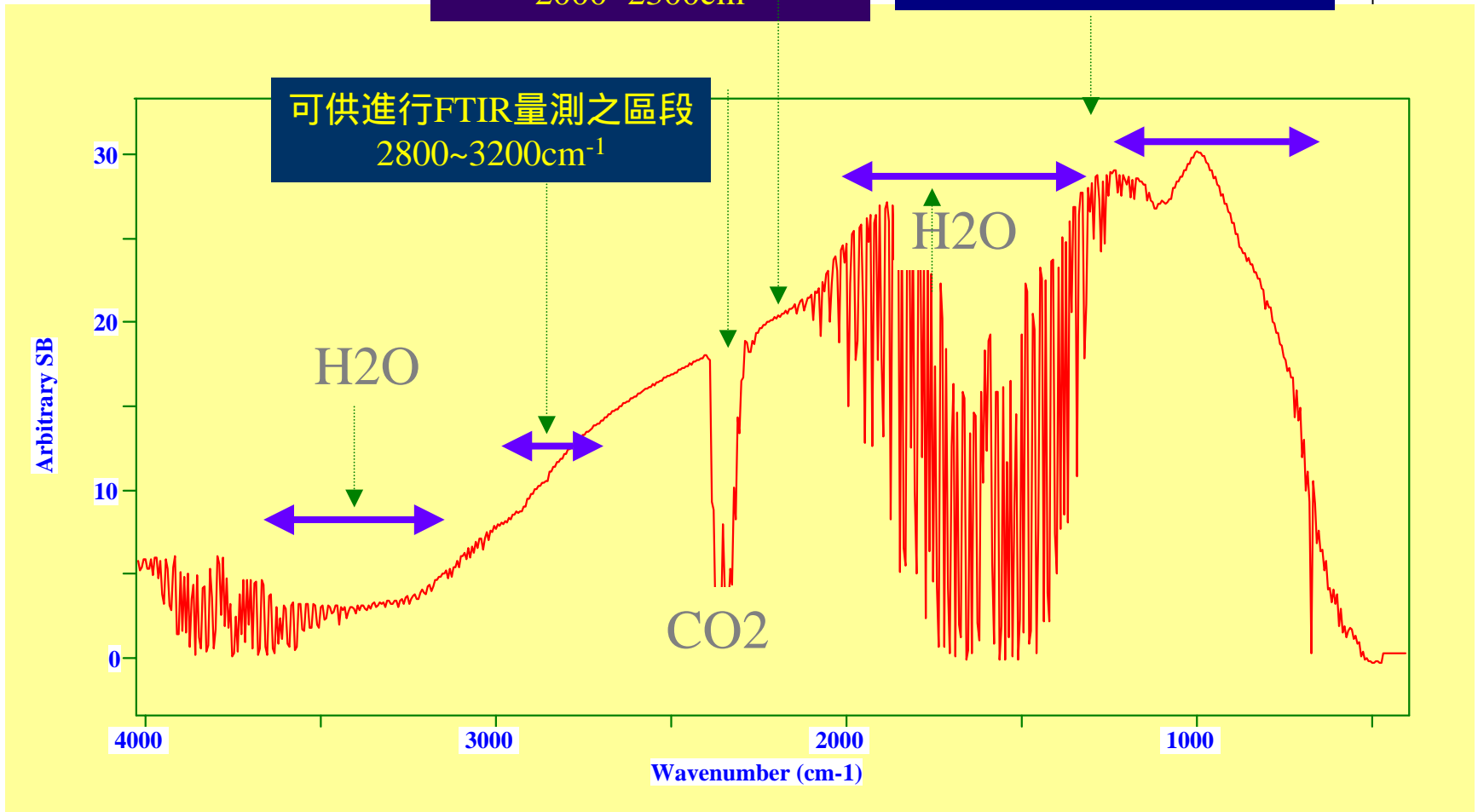
$-\log(T)$



紅外光圖譜分析區段

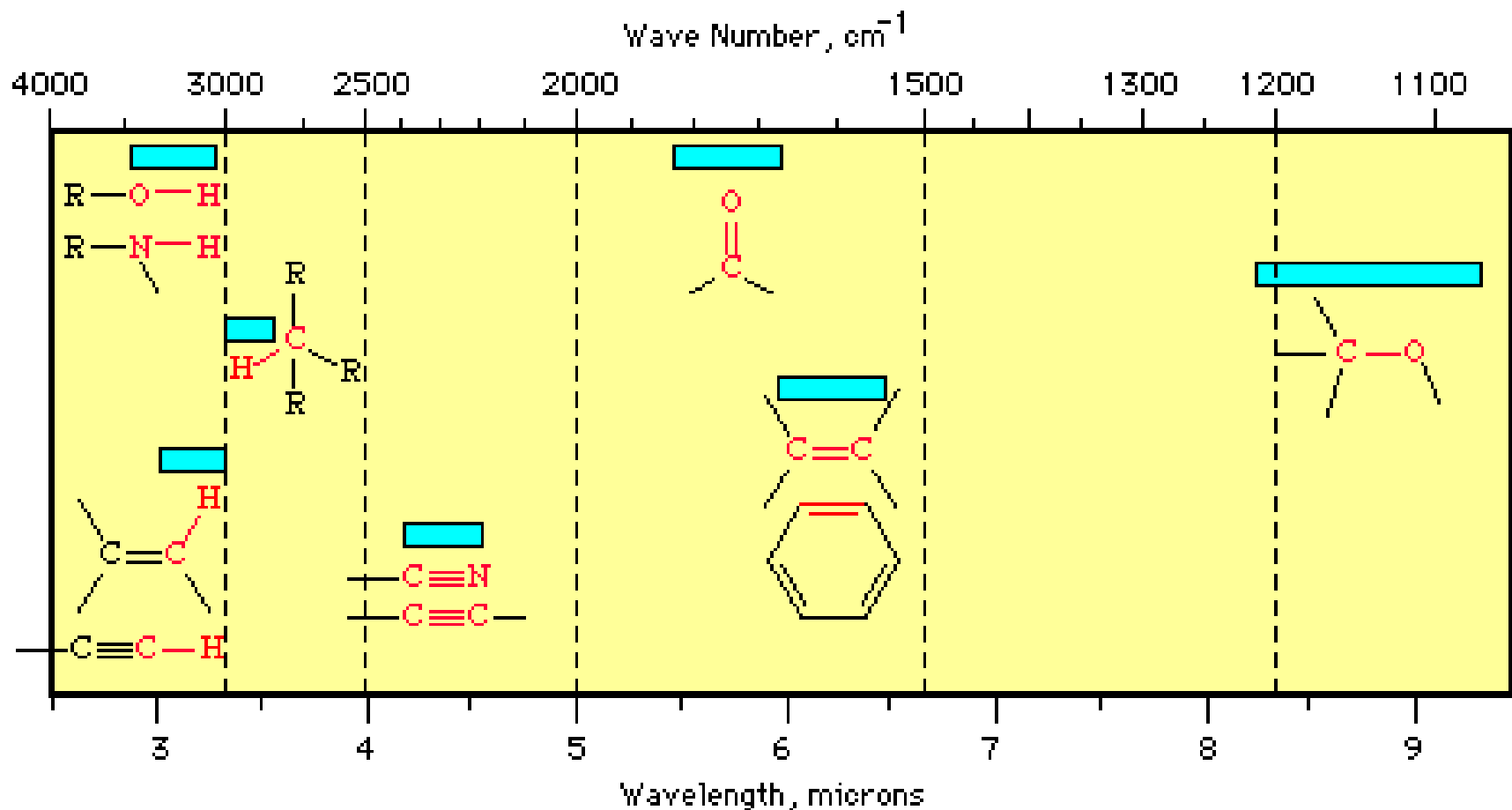
可供進行FTIR量測之區段
 $2000 \sim 2300 \text{ cm}^{-1}$

可供進行FTIR量測之區段
 $700 \sim 1300 \text{ cm}^{-1}$



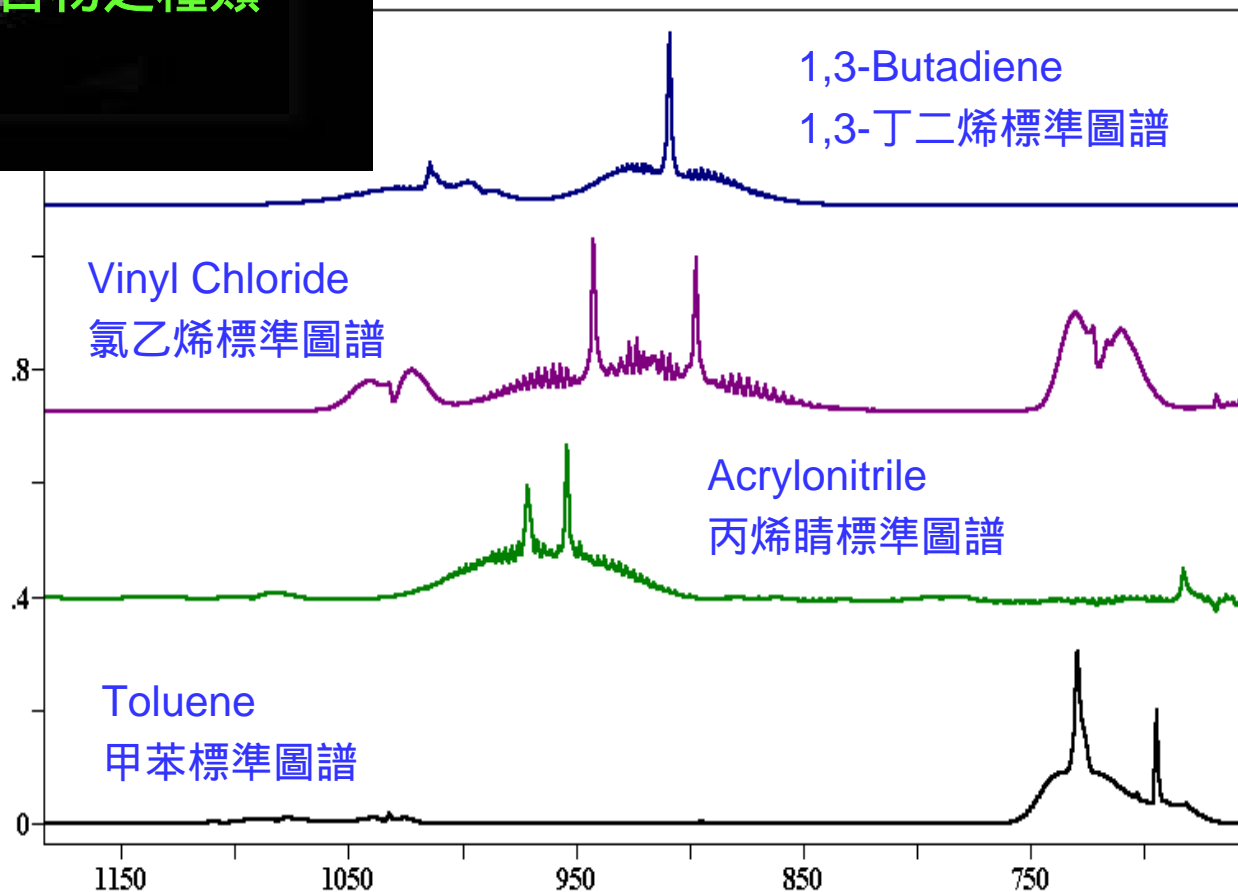
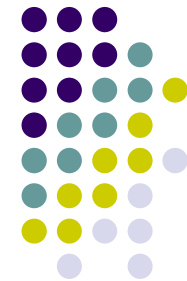


分子的紅外光特性震動

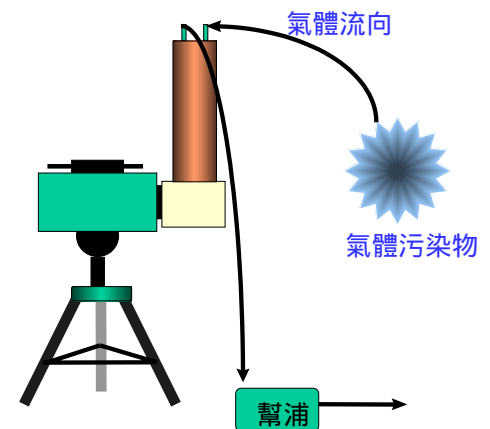
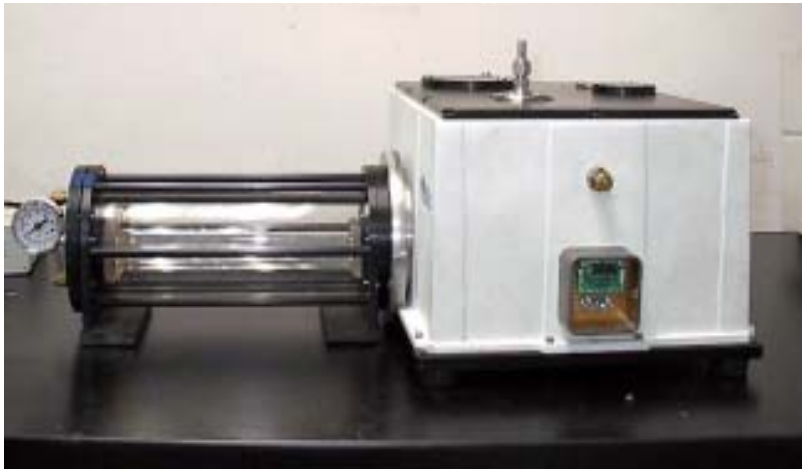


分析原理

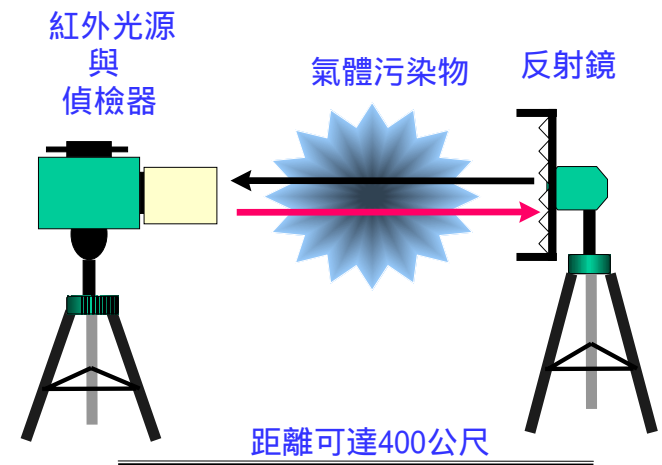
根據光譜圖上化合物的吸收位置、吸收波峰形狀及相對的吸收強度即可判別化合物之種類和濃度。



FTIR儀器型式

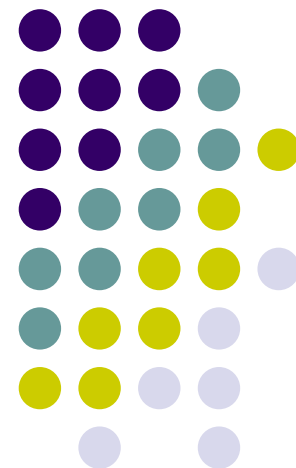


Close-cell FTIR



Open-path FTIR

FTIR應用案例說明— 福國化工爆炸事件





福國化工
Explosion

時間

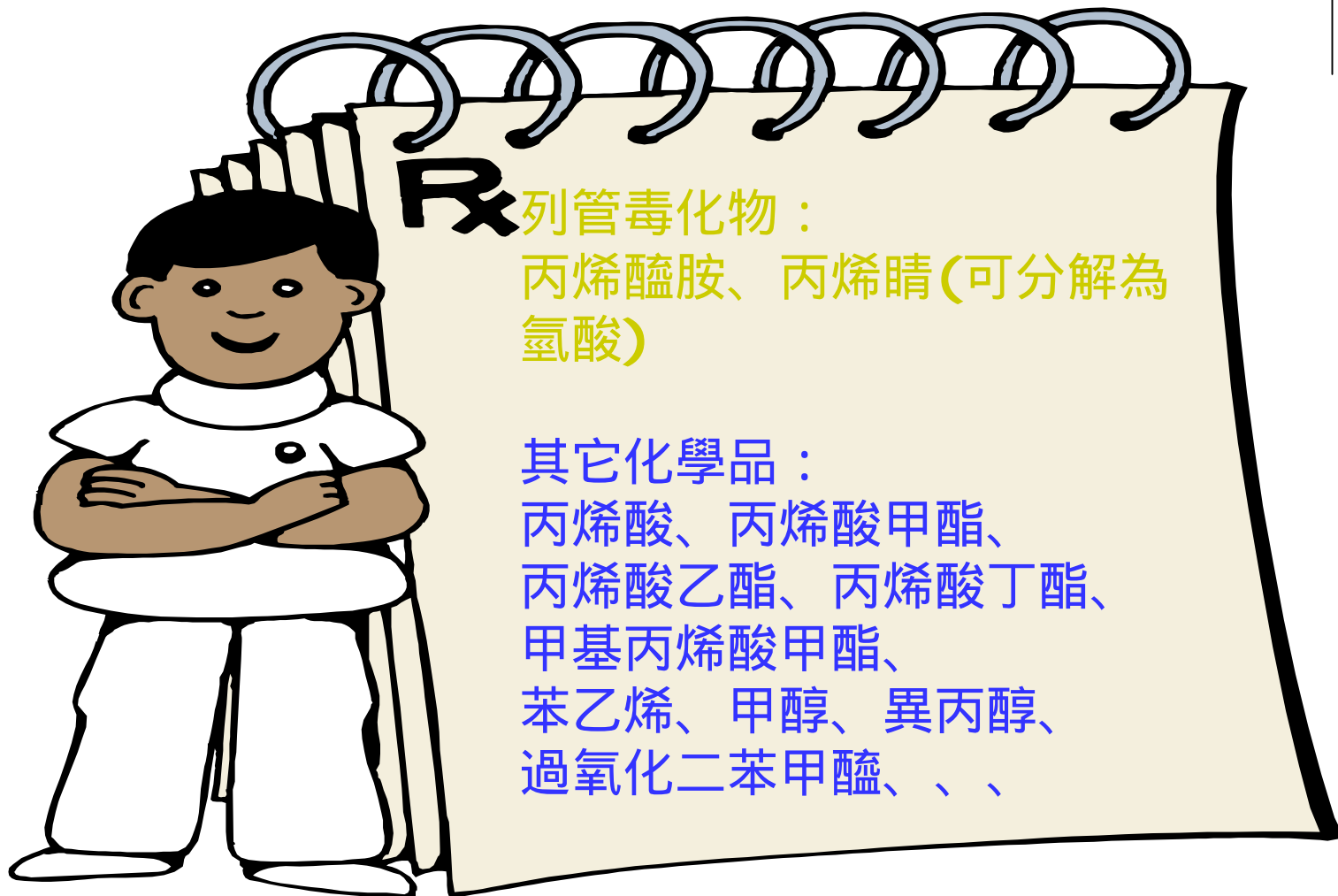
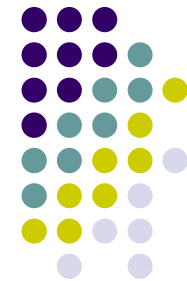
福國化工爆炸事件

- ◆5/18 13:24 福國化工爆炸發生
- ◆5/18 13:37 環保局人員到達現場
- ◆5/18 15:30 工研院環安中心到達災害現場進行空氣量測
- ◆5/19 08:00 工研院環安中心到達災後現場進行空氣量測
- ◆5/20 環保局召開臨時記者會說明空氣品質與水質檢測結果
- ◆5/20開始進行災後清理工作
- ◆5/22 11:00附近中正國中與華興國小反應空氣中化學物質的刺激氣味致多名學生送醫
- ◆5/23 工研院環安中心到達下風處新竹鄉城進行空氣量測

重回現場



福國化工使用化學品





採樣分析方法

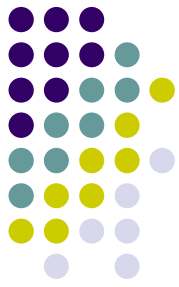
- 環保署沒有這些化學品的標準分析方法
 - 參考方法：
 - 採樣：採樣筒、採樣袋、吸附管
 - 分析：氣相層析質譜儀（GC/MS）
- 勞委會建議的方法為
 - 採樣方法：吸附管
 - 分析方法：GC/FID
- 分析結果數小時後？

Figure 1: Schematic diagram of the remote monitoring system for the fire incident at the Hsinchu County Government Office.

The diagram illustrates the layout of the fire scene, showing the location of the fire (火場) and the surrounding area. Key locations include the fire scene (火場), the fire factory (火廠), and the cultural road (文化路上). The diagram also shows the locations of the sampling points (採樣點) and the equipment used for monitoring.

Time	Location	Equipment	Compound	Concentration (ppm)	Concentration (ppb)	Concentration (ppm)
5/18 15:30	火場周圍	Portable FID	THC	3000-7000	—	—
5/18 17:00	火場周圍	CC-FTIR	甲醇	7000	3300	250
			苯乙烯	273	4.7	75
			丙烯酸甲酯	650	3	150
			二氯甲烷	1500	1200	750
5/18 18:00	火廠外圍 文化路上	OP-FTIR	甲醇	306	3300	250
			丙烯酸甲酯	803	3	150
			苯乙烯	<6	4.7	75

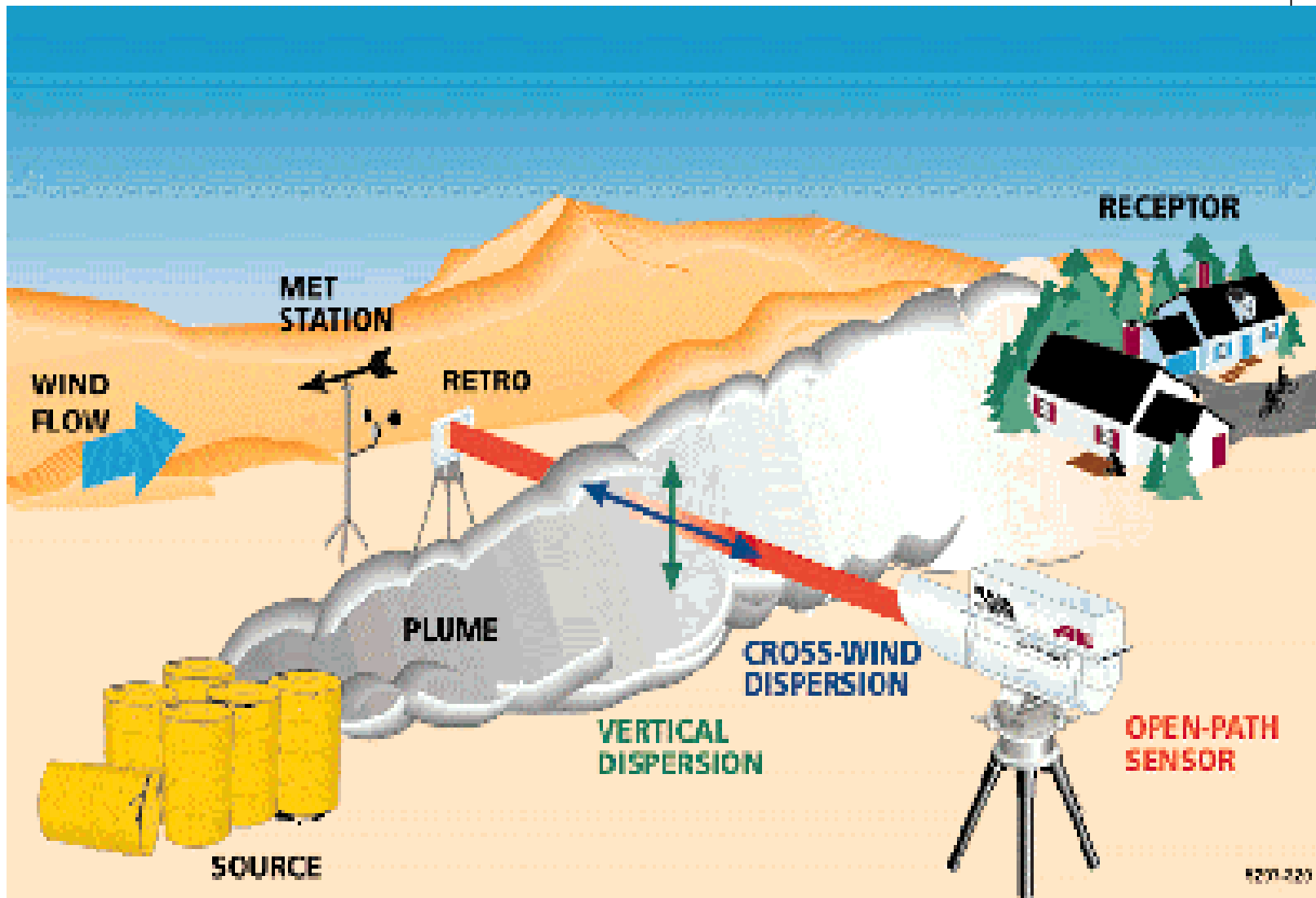
災後現場清理

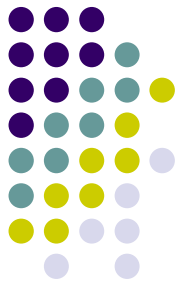


丙烯酸乙酯
苯乙烯
甲基丙烯酸甲酯

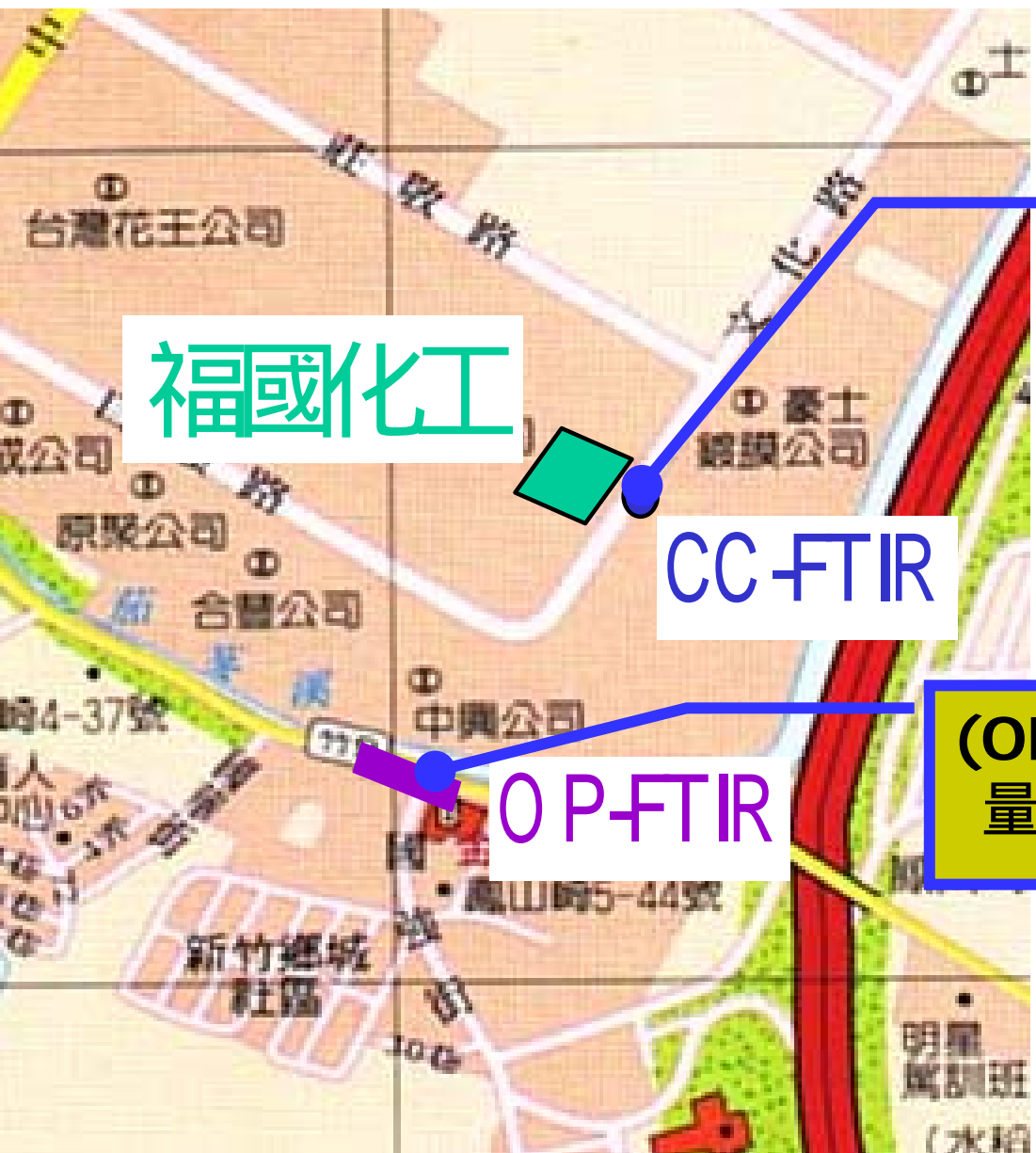


OP-FTIR量測方式示意圖





災後現場清理時FTIR量測規劃



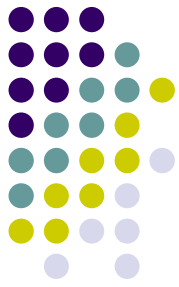
福國化工

CC-FTIR

OP-FTIR

(CC-FTIR)
量測地點：災後現場

(OP-FTIR)
量測地點：下風處新竹鄉城



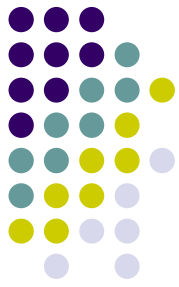
災後現場清理時 CC-FTIR量測結果

化合物	濃度 (ppb)		
	最大濃度	平均濃度	嗅覺閾值
丙烯酸乙酯 Ethyl acrylate	28,086	2,634	0.2
甲醇 Methanol	2,276	616	3,300
甲基丙烯酸甲酯 Methyl methacrylate	N.D.	N.D.	14
苯乙烯 Styrene	2,720	22	5

5/22福國化工現場
CC-FTIR量測結果

5/23福國化工現場
CC-FTIR量測結果

時間	甲醇 (ppb)		丙烯酸乙酯 (ppb)		苯乙烯 (ppb)	
	小時平均	小時最大	小時平均	小時最大	小時平均	小時最大
2001/5/23						
10:00 - 11:00	675.4	1434	195.0	7216	N.D.	N.D.
11:00 - 12:00	851.2	1535	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
12:00 - 13:00	719.9	1262	37.0.	984	N.D.	N.D.
13:00 - 14:00	815.1	1443	1.4	68	N.D.	N.D.



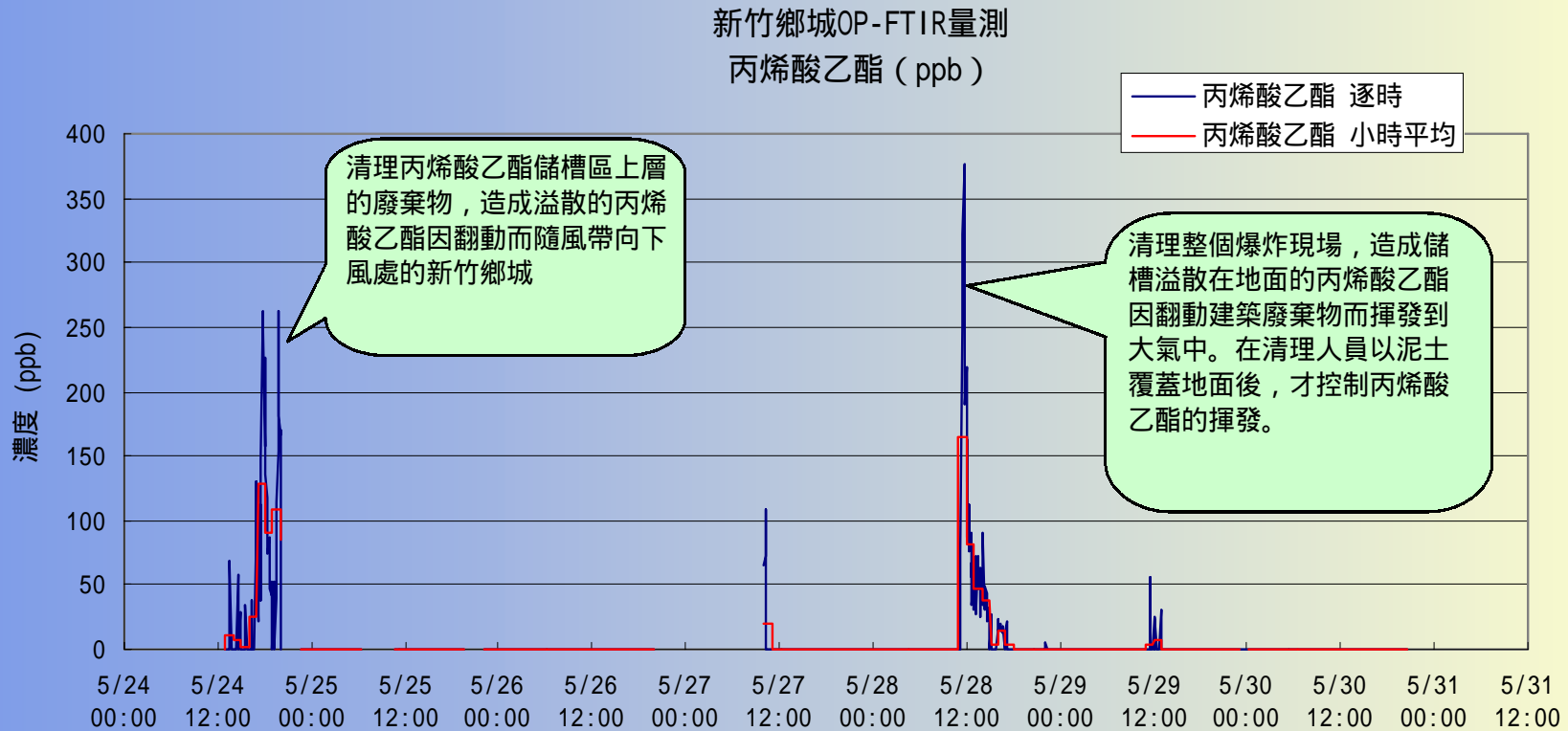
災後現場清理時 OP-FTIR量測結果

下風處新竹鄉城OP-FTIR量測結果總表（5/22~5/30）

化合物	濃度（ppb）		
	最大濃度	平均濃度	嗅覺閾值
甲醇 Methanol	3,415	126	3,300
丙烯酸甲酯 Methyl acrylate	1,465	54	3
甲基丙烯酸甲酯 Methyl methacrylate	501	5	14
丙烯酸乙酯 Ethyl acrylate	377	5	0.2
苯乙烯 Styrene	120	1	5

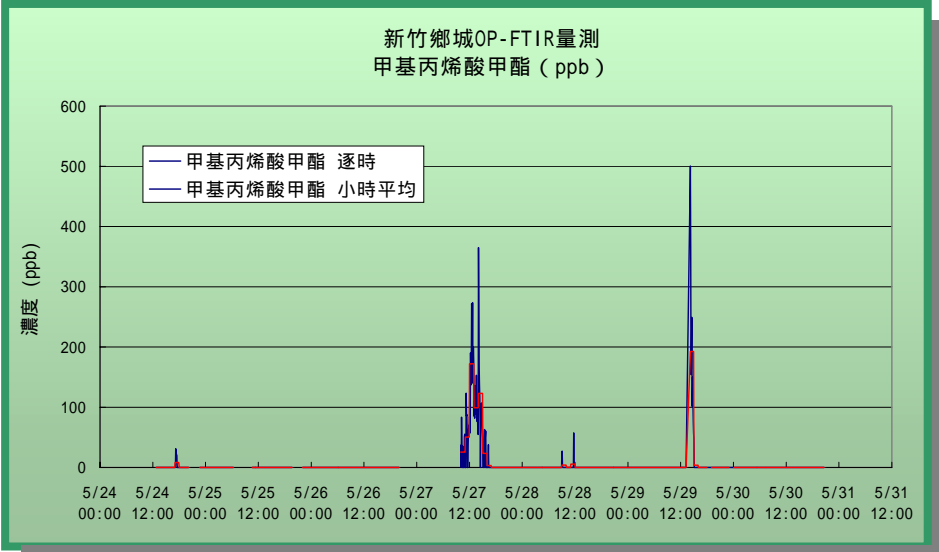
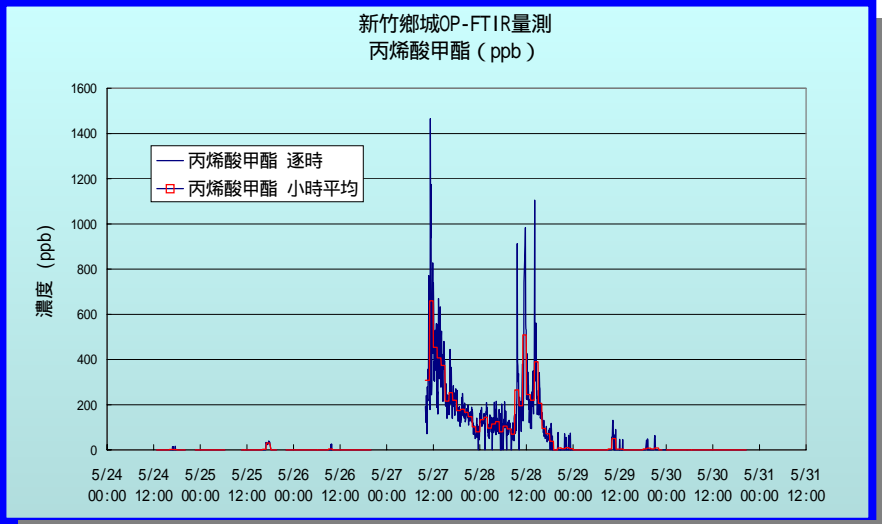
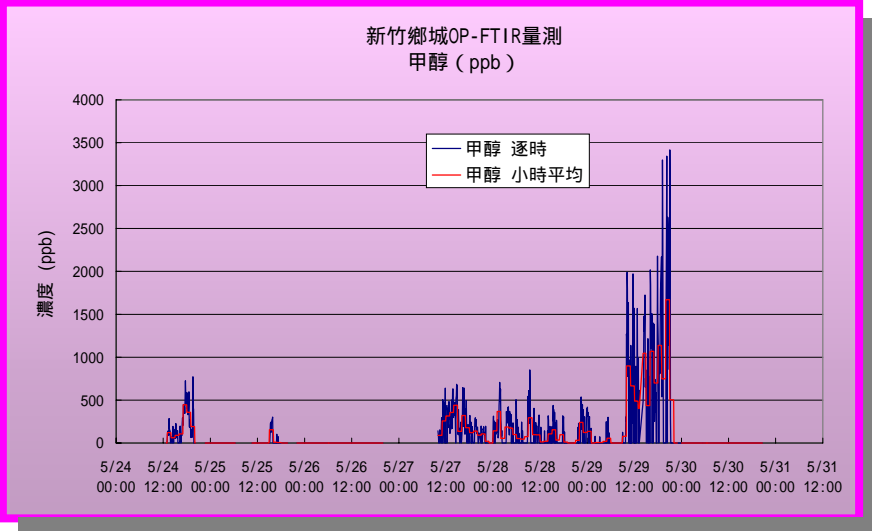


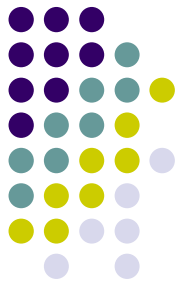
災後現場清理時 OP-FTIR量測結果





災後現場清理時 OP-FTIR量測結果





基隆港卸貨區化學品洩漏量測

- **發生時間：**

91/07/05 上午

- **發生地點：**

基隆港卸貨區

- **事件發生與處理經過：**

七月四日中午基隆港貨櫃場一載滿化學品桶槽之貨櫃，在轉運過程中發現有化學品自貨櫃縫隙流出，由於不確定洩漏化學品之毒性與濃度，因此遲遲無法進行處理。直至隔日七月五日，由相關單位緊急通知FTIR監測小組到達現場，先針對滲漏出的液體進行量測，得知滲漏的化學品並非環保署列管之毒化物，且逸散至空氣中之濃度並不高，這時才開櫃進行檢查，隨即發現有一裝滿化學品的桶槽因未妥善固定與密封，導致桶槽於運送過程中震動而傾倒，化學品自桶槽開口處漏出。

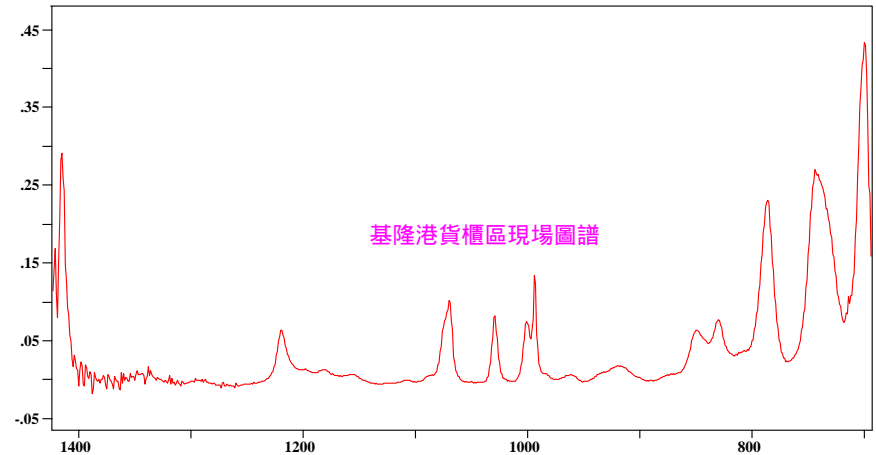




基隆港卸貨區化學品洩漏量測

- **量測結果：**

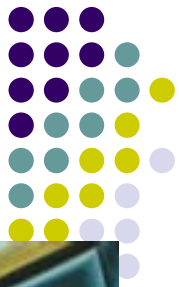
右圖為FTIR測得現場化學品之吸收光譜，經與圖譜資料庫比對的結果顯示，空氣中只有4-Benzylpyridine，濃度約為16ppm，未曾反應生成其他的化合物。



- **毒理資料：**

4-Benzylpyridine的中毒途徑為經由口腔食入時才有毒，當經由皮膚接觸或呼吸道吸入時，因劑量不足，因此不至於對人體產生毒性。





其他意外事故的應用方式



是否有洩漏？



現場的濃度？

30分鐘得知結果



總結

- FTIR在協助類似化災事故空品調查時可能面臨的問題：
 - 可量測的物種有限
 - 定性：8000種左右
 - 定量：350種左右
 - CC-FTIR的偵測極限較高（ 0.20 ppm ）
 - OP-FTIR的濃度為光徑平均濃度，若污染氣雲的範圍較光徑範圍小時，測得濃度會有低估的現象。
 - OP-FTIR無法判定確實污染來源

