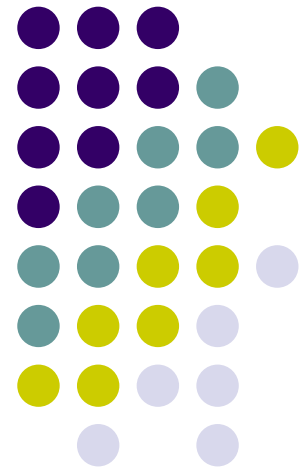


# FTIR在毒性化學物質事故空氣品質調查

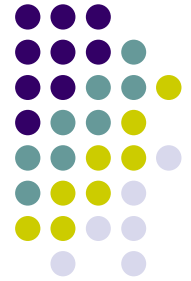
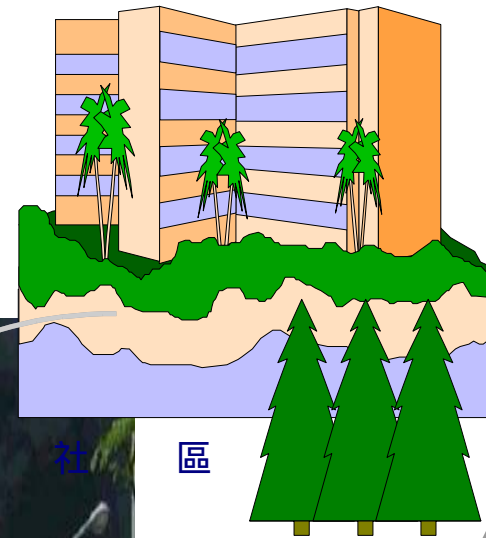
工研院 環安中心  
張寶額

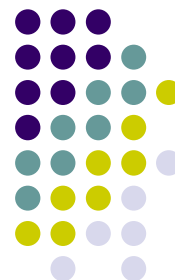
[Paulchang@itri.org.tw](mailto:Paulchang@itri.org.tw)

中華民國 九十二年七月八 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？

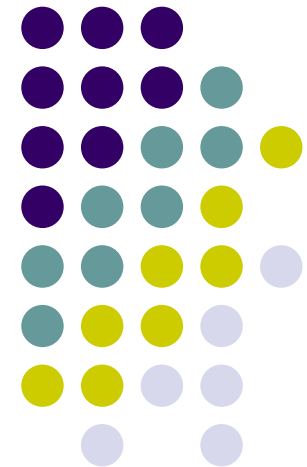
# 化災應變 - 空氣品質監測之要求

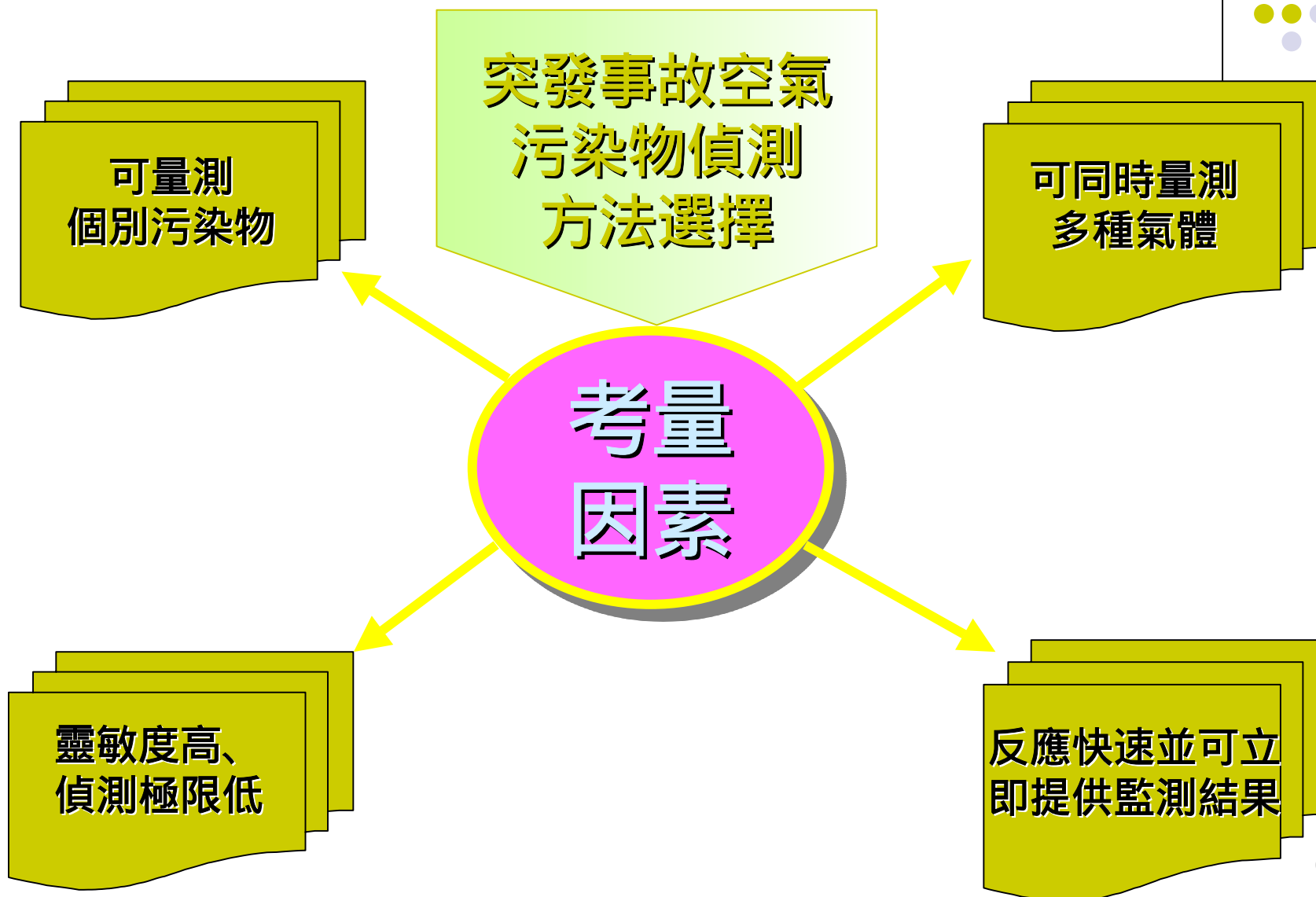


- 最短的採樣準備時間
- 最短的時間分析化合物
- 能辨別多種化合物
- 能準確地提供指揮及救災人員，現場之毒化物濃度資料

迅速、準確

# 突發事故空氣污染物 偵測方法介紹



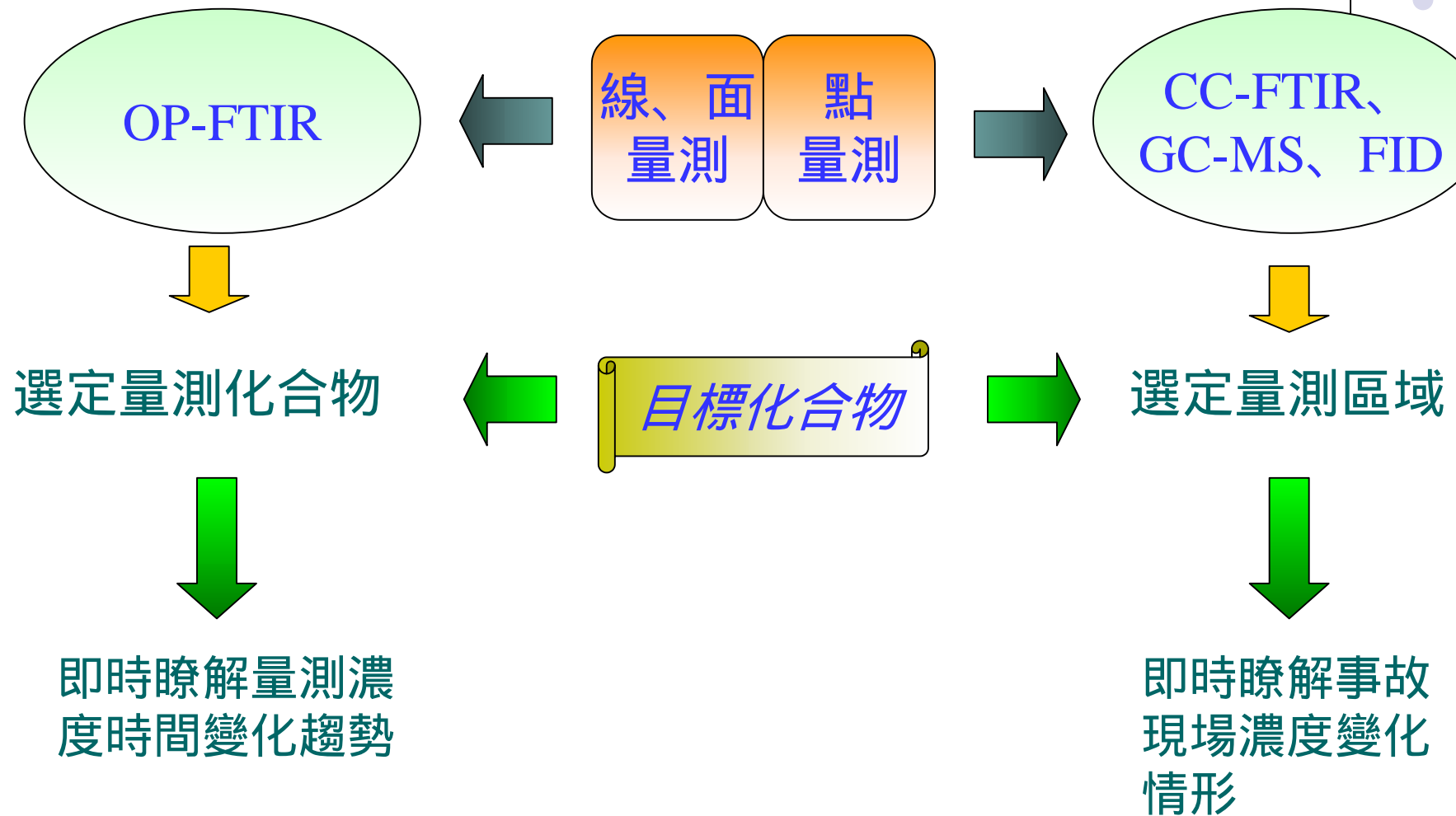
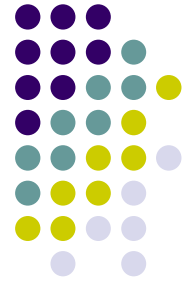


# 現有氣體偵測技術比較



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

# 工作方式

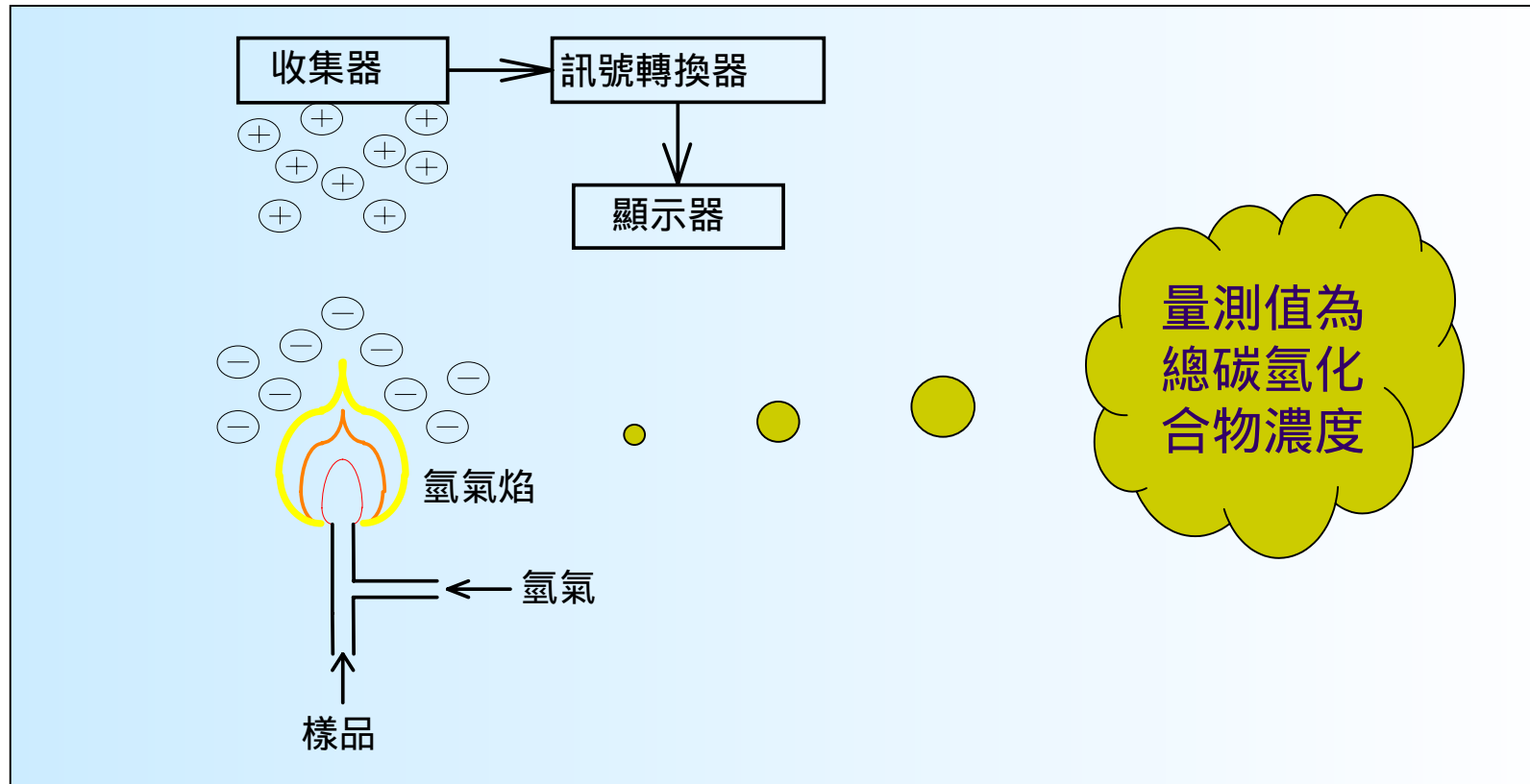




# 火焰游離偵測器（攜帶式FID）



- ◆ 利用火焰燃燒裂解有機物，當物質進入火焰且被燃燒游離時，會使電流增加，此電流訊號與火焰中化合物之碳數(-CH-基)成正比。



# 火焰游離偵測器之特性



- ◆ 氧氣濃度不足：容易造成熄火
- ◆ 可燃性氣體濃度過高：造成氧氣供應不足
- ◆ 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
- ◆ 與氣相層析儀配合：可偵測較低濃度

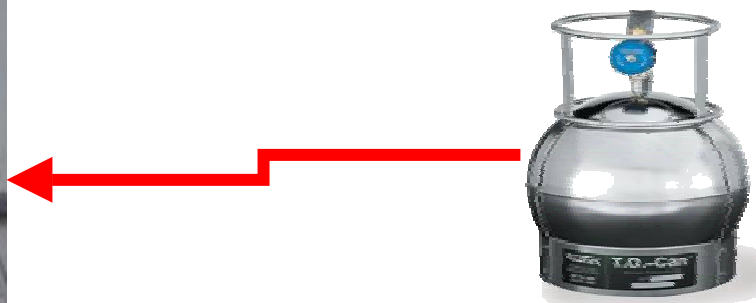


污染物  
氣體(1分鐘)

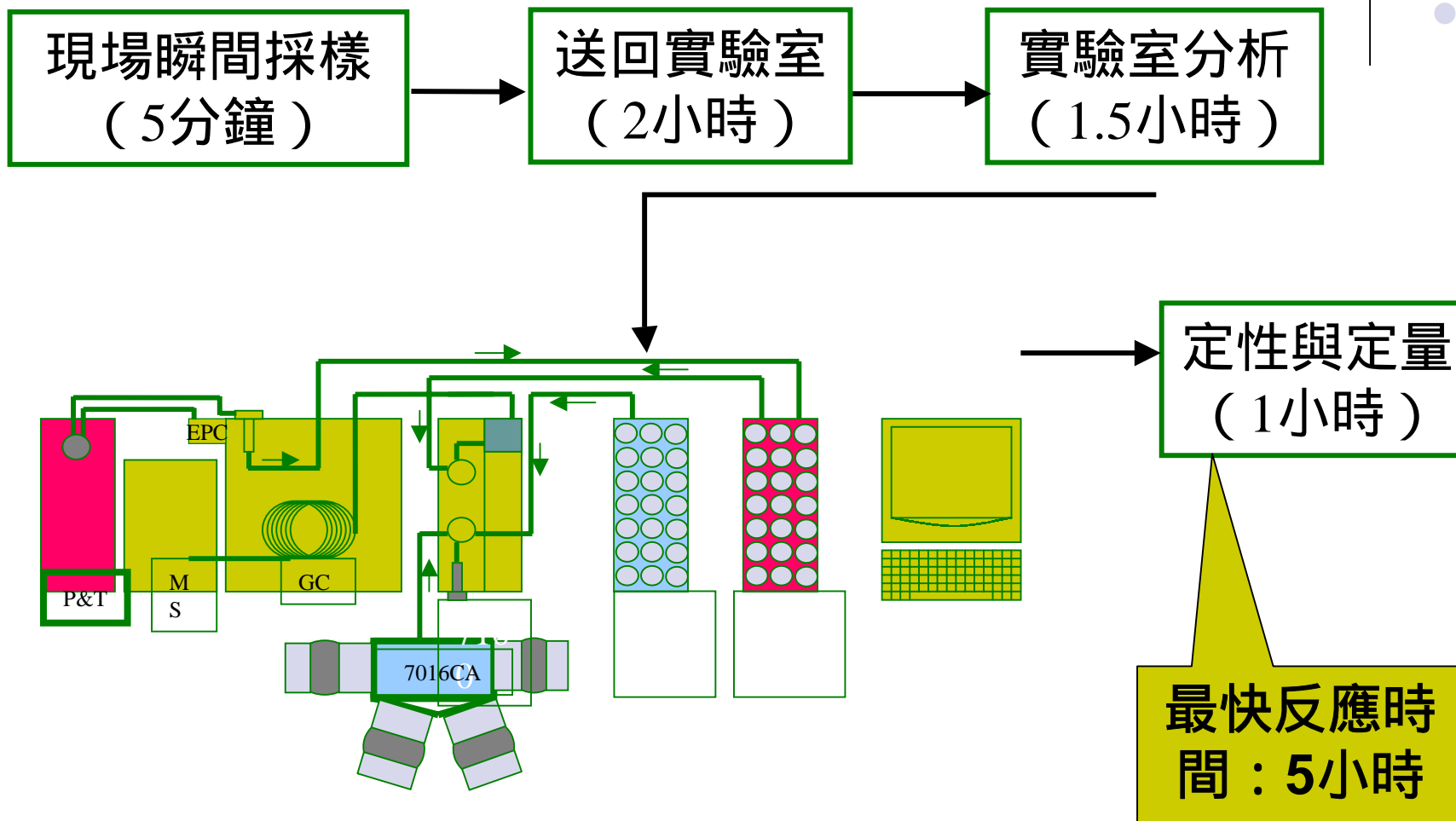
# 氣相層析質譜儀 (GC/MS) 分析



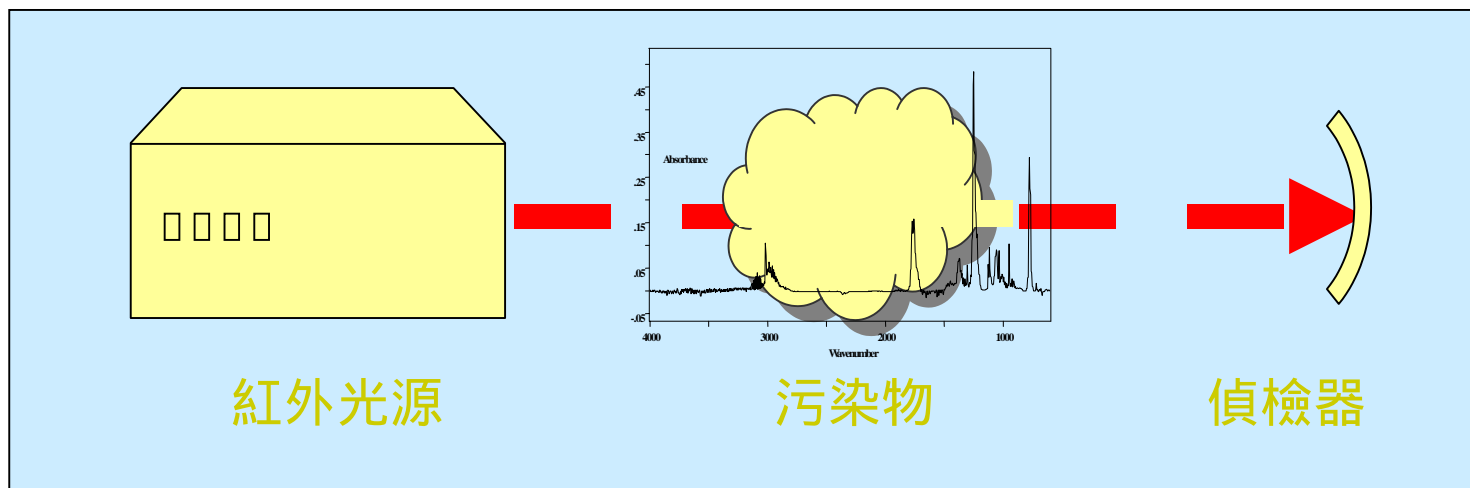
- 揮發性有機化合物檢驗方法  
美國EPA：1988年公告，TO-14, EPA-600/4-84-04  
國內EPA：1994年公告，NIEA A715.10A
- 原理  
以冷凝濃縮熱脫附儀作樣品取量及濃縮，增加分析的解析度，最後再熱脫附入氣相層析質譜儀分析系統中，進行樣品分離及物種之定性及定量分析



# 氣相層析質譜儀 (GC/MS) 分析流程



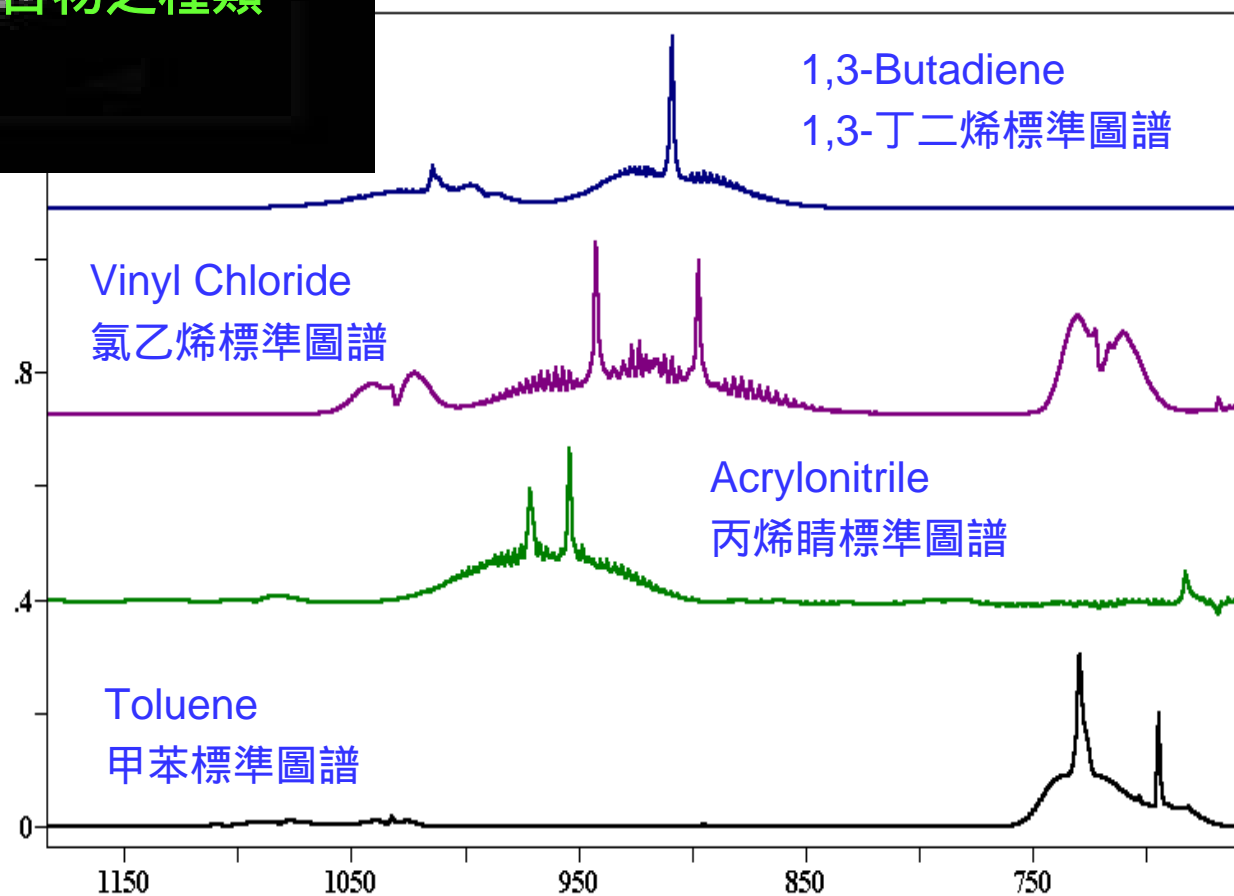
# 傅立葉轉換紅外光譜儀 (FTIR)



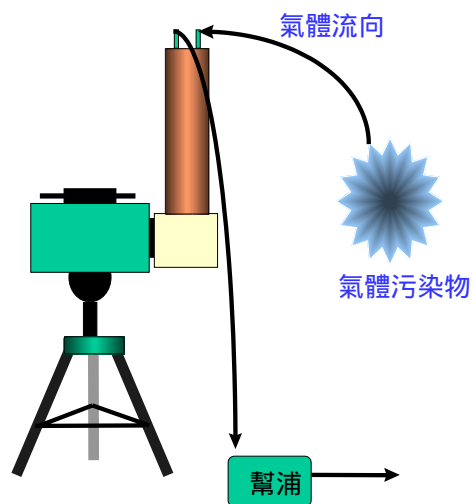
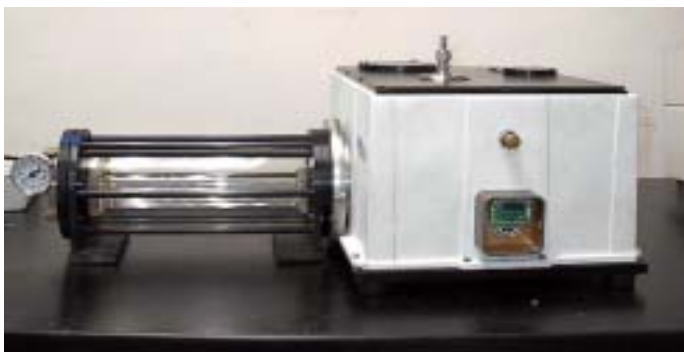
- 探討當電磁輻射經過化學物質後，所發生的光譜變化
- 由於每種化學物質的特性各不相同，可產生不同的光譜變化(特性光譜)
- 當電磁輻射通過待測物時，由於分子的振動，部份頻率的光會為其吸收
- 每種分子會吸收特定頻率之光線，構成其獨特之“身分證明”

# 分析原理

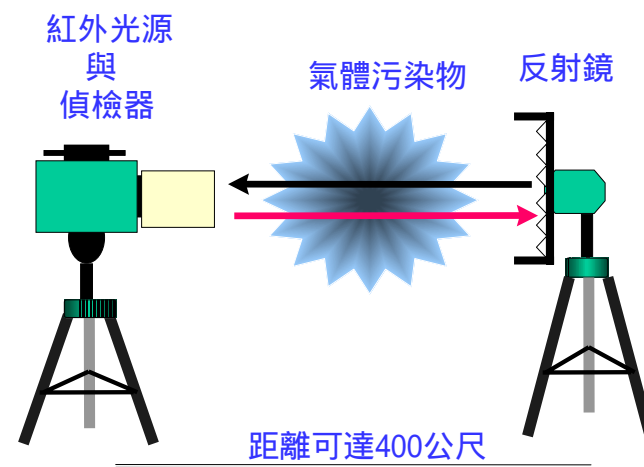
根據光譜圖上化合物的吸收位置、吸收波峰形狀及相對的吸收強度即可判別化合物之種類和濃度。



# FTIR儀器型式

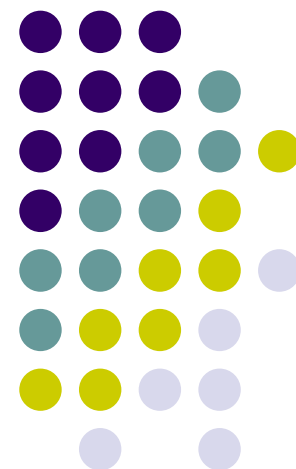


Close-cell FTIR



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？



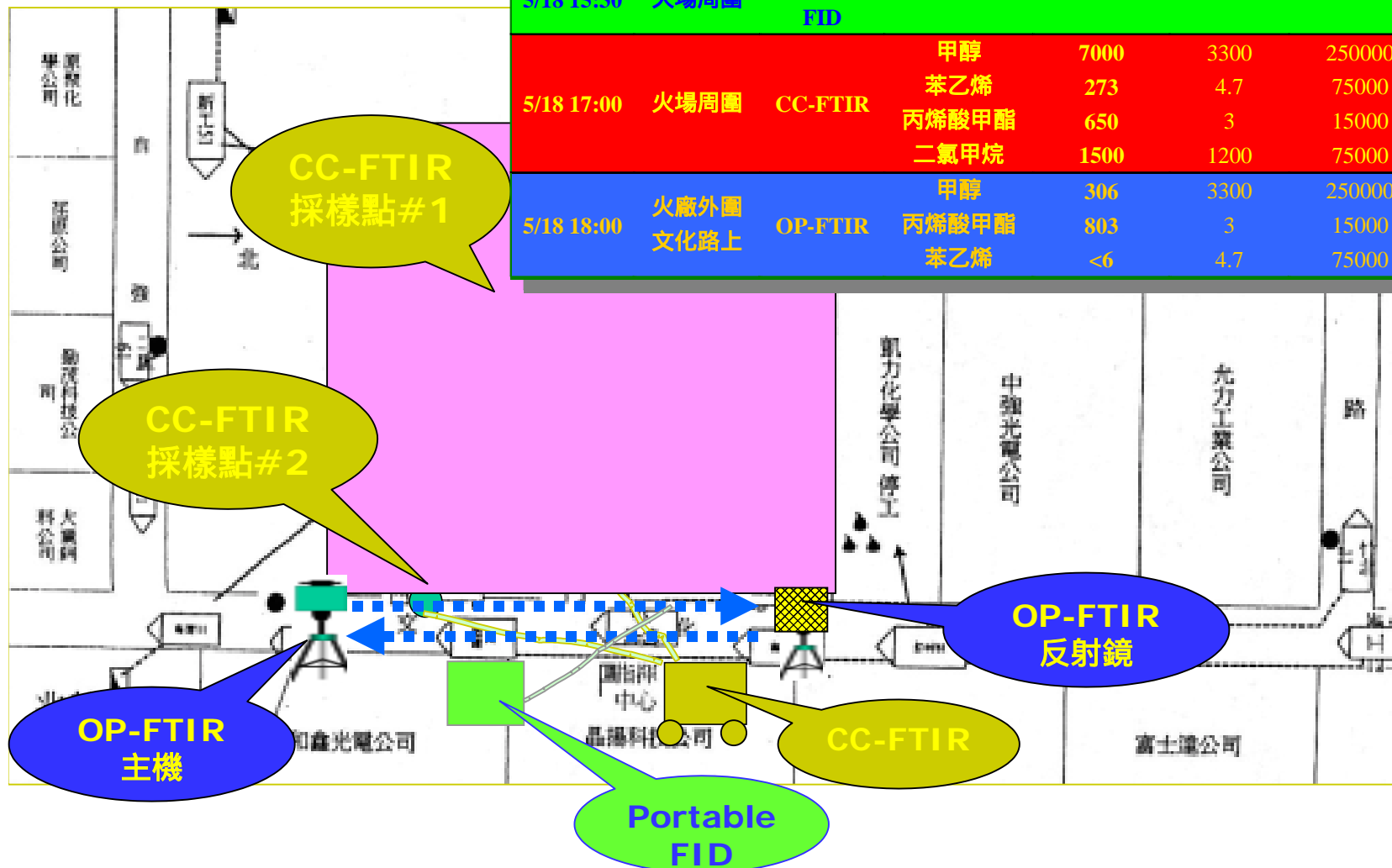
# 福國化工 Explosion

時間

# 災害現場量測



| 時間         | 地點           | 採樣方法         | 測得污染物 | 濃度<br>(ppb) | 嗅覺閾值<br>(ppb) | 勞工作業環境<br>短時間容許濃度<br>(ppb) | 周界容許濃度<br>(ppb) |
|------------|--------------|--------------|-------|-------------|---------------|----------------------------|-----------------|
| 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          | 250000                     | 4000            |
|            |              |              | 苯乙烯   | 273         | 4.7           | 75000                      | 1000            |
|            |              |              | 丙烯酸甲酯 | 650         | 3             | 15000                      | 200             |
|            |              |              | 二氯甲烷  | 1500        | 1200          | 75000                      | 1000            |
| 5/18 18:00 | 火廠外圍<br>文化路上 | OP-FTIR      | 甲醇    | 306         | 3300          | 250000                     | 4000            |
|            |              |              | 丙烯酸甲酯 | 803         | 3             | 15000                      | 200             |
|            |              |              | 苯乙烯   | <6          | 4.7           | 75000                      | 1000            |

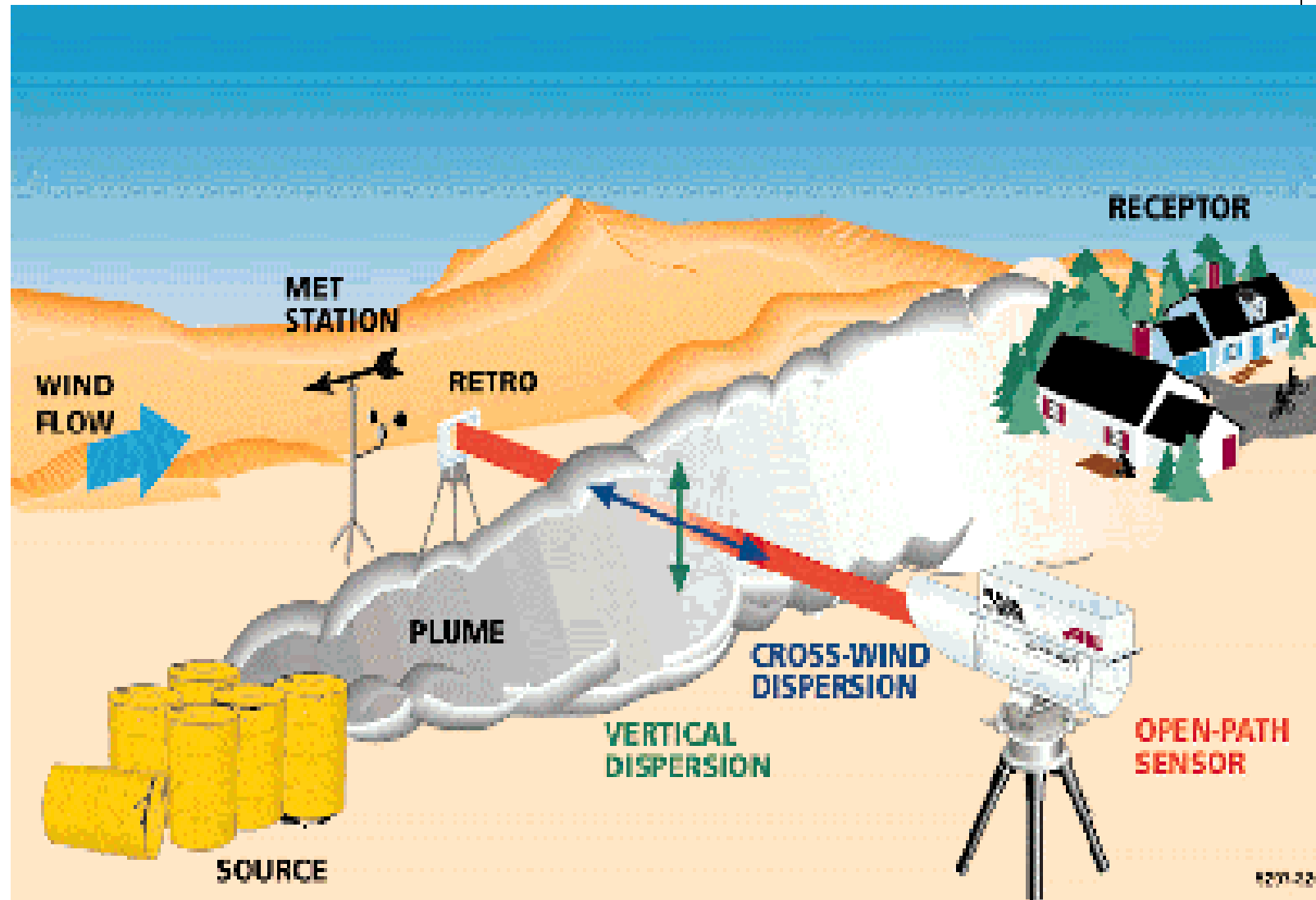




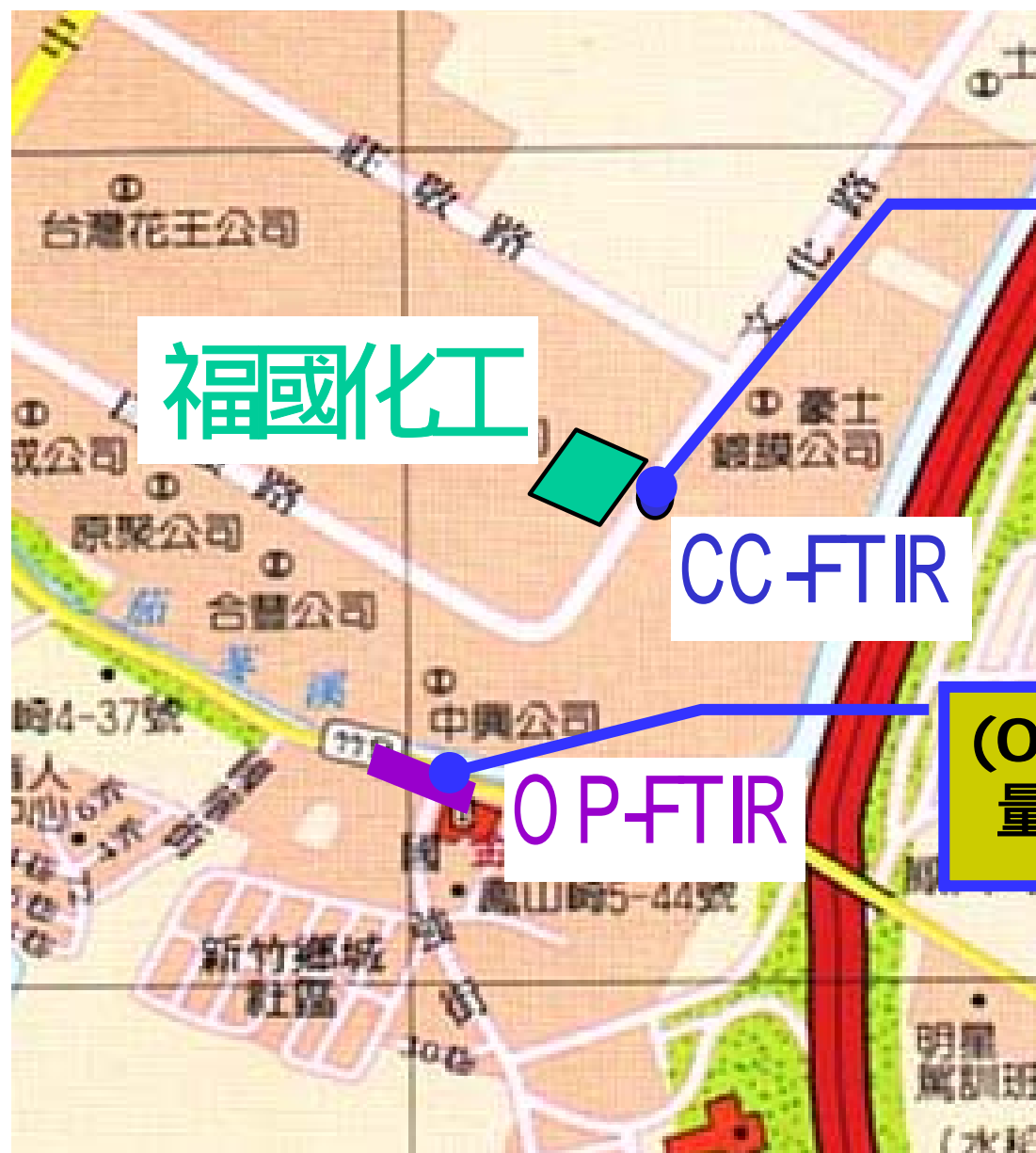
# 災後現場清理



# 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<br>Ethyl acrylate        | 28,086   | 2,634 | 0.2   |
| 甲醇<br>Methanol                 | 2,276    | 616   | 3,300 |
| 甲基丙烯酸甲酯<br>Methyl methacrylate | N.D.     | N.D.  | 14    |
| 苯乙烯<br>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. |

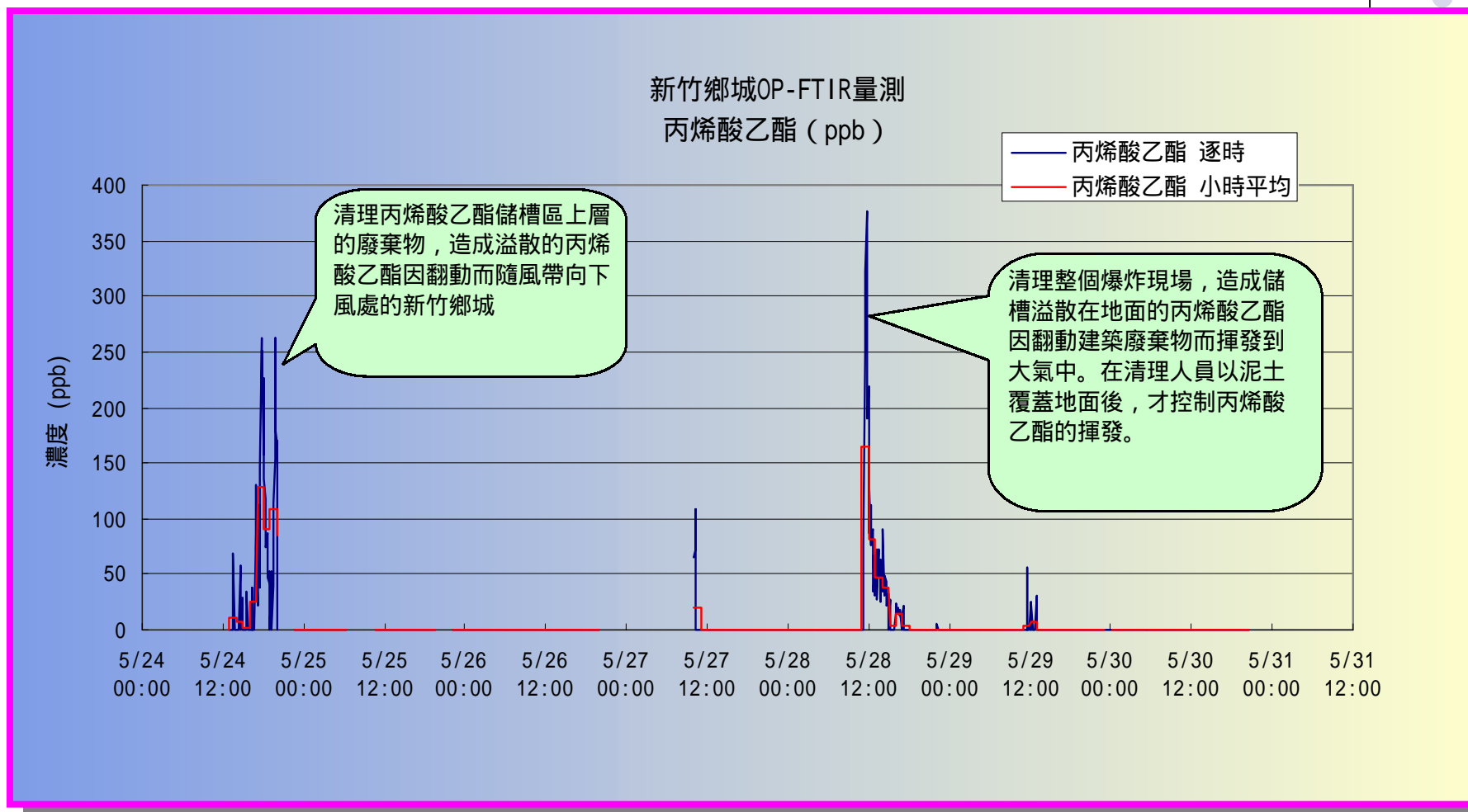


## 災後現場清理時 OP-FTIR量測結果

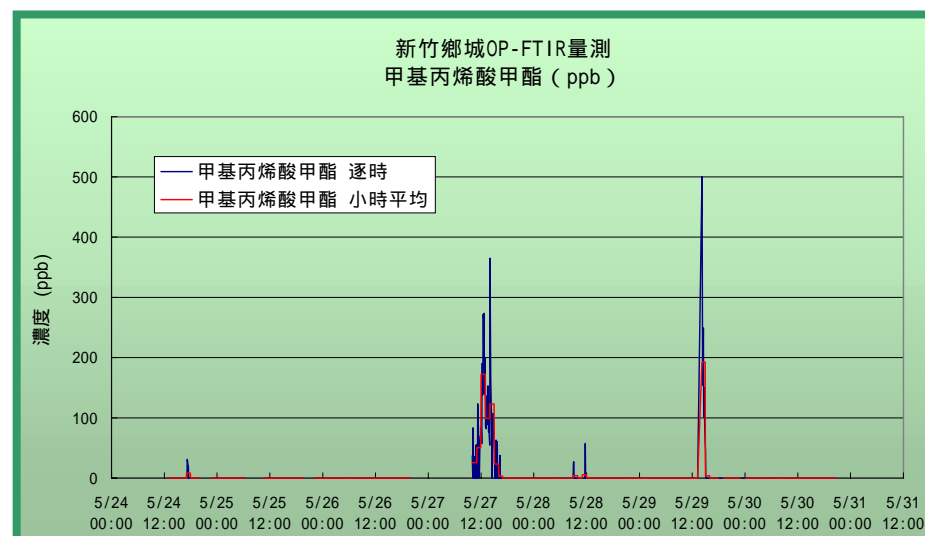
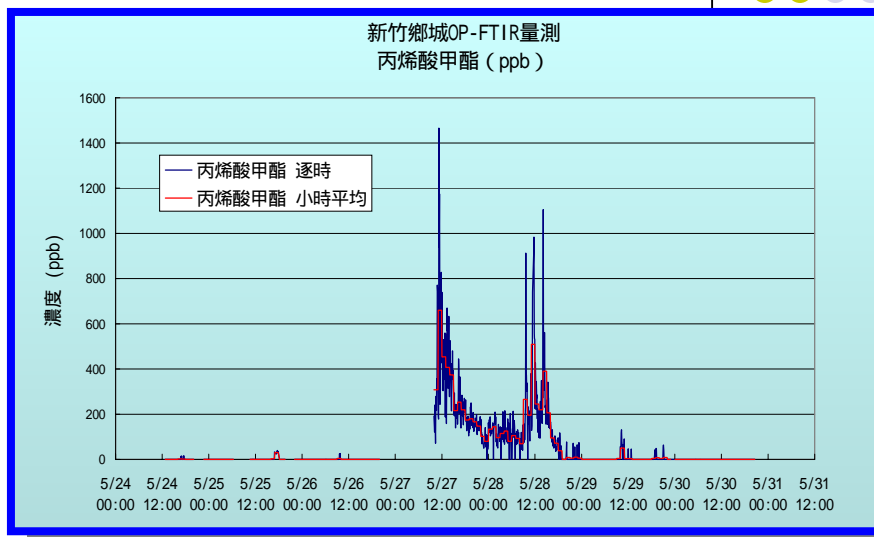
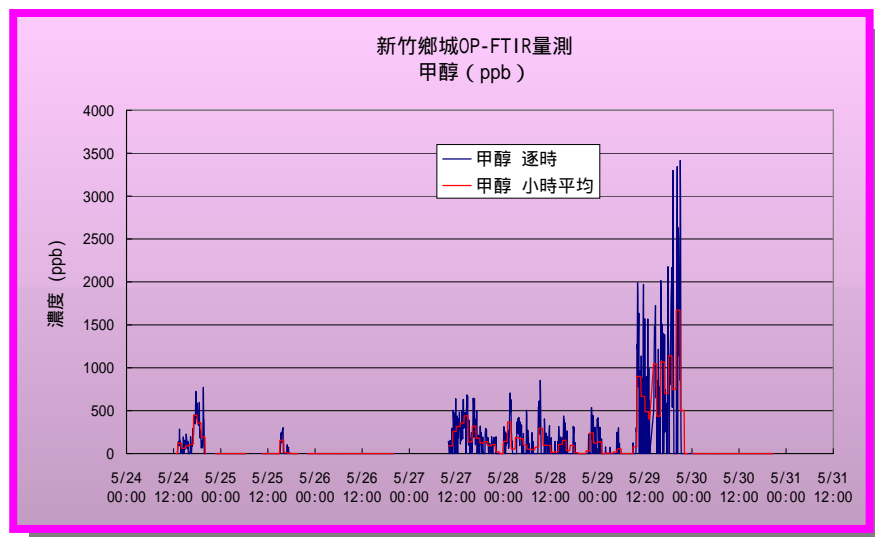
下風處新竹鄉城OP-FTIR量測結果總表（5/22~5/30）

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



# 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

