

## 單元 1：環境科學，法規與統計

美國 60 與 70 年代的環境運動帶出環境保護法案的制定與執行，如，

- 空氣清淨法 (Clean Air Act)
- 水清淨法 (Clean Water Act)
- 資源節約與回復法 (Resource Conservation and Recovery Act (RCRA))
- 緊急回應與民事責任綜合法 (Comprehensive Emergency Response and Civil Liability Act (CERCLA))

其中必然引出監視，樣本收集，資料分析等問題，而統計方法在適當解決這些問題上，必然會扮演當有的角色。先以三個例子說明環境統計在處理有關環境問題時，在取樣設計與分析上的考量。

## 例一．危險及固體廢棄物處理場所的地下水監視 (Groundwater Monitoring at Hazardous and Solid Waste Sites)

監視計劃：在確定地下水流的方向後，於上游地區鑿數口井（稱作上游井 upgradient wells）及下游地區鑿數口井（稱作下游井 downgradient wells）後，進入階段 1 (Phase 1)，稱作偵測監視 (detection monitoring)，如圖：

處理內容如下：

1. 以理論上未被廢棄物滲透污染的上游井作為背景井 (background well) (或稱參考井，控制組) 並從中取樣；也對下游井取樣。
2. 針對一些指標參數 (indicator parameters)，如酸鹼值 (Ph值)，電導係數 (Conductance)，總有機碳 (total organic carbon)，總有機鹵化物 (total organic halides)，將下游井樣本的參數值與上游井樣本的對應參數值比較之。
3. 若 "高出" 背景井的參數值，則進入階段 2 (Phase 2)，稱作評估監視 (assessment

monitoring) 或符合監視 (compliance monitoring), 處理內容如下:

- (a) 確定欲分析的特定化學物
- (b) 將下游井樣本中特定化學物的濃度與固定的濃度極限 (稱作地下水保護標準值 (Ground Water Protection Standards, GWPS), 如最大污染水平 (Maximum Contaminant Level) 或另類污染水平 (Alternative Contaminant Level))比較之.
- (c) 若 "高出" GWPS, 則進入階段 3 (Phase 3), 稱作糾正監視 (Corrective action monitoring)

討論: 數個科學設計與統計分析上所需考量的問題:

1. 如何組成上游井與下游井? 地下水流的方向會穩定嗎?
2. 廢棄物含有那些化學物? 在偵測監視時, 指標參數對於化學物的滲出是好的 (指標) 參數嗎?

3. 在評估監視時，需要檢驗處理場沒有的化學物嗎？若有的話，為何？
4. 在偵測監視時，如何判定下游井的指標參數值是“高出”背景的參數值？何種增加量與增加速度對偵測而言是重要的？
5. 針對指標參數與化物濃度在上游區域是否有顯著的空間 (Spatial) 與時間 (temporal) 上的變異？若有的話，如何處理上，下游井的比較？是否能用井內間 (intrawell) 的比較？
6. 有那些形成隨機變異的來源？同一天內，樣本的變異多嗎？測量過程會造成多的變異嗎？實驗室間的變異大嗎？
7. GWPS的基準點為何？如何判定 “高出” GWPS？
8. 如何處理 (面對) 假警鈴 (false alarms)? (增加監視成本) 或無污染誤判? (威脅公共健康)

例二：Superfund 場所的土壤清理 (Soil Cleanup at Superfund Sites) (危險場地變更用途 (商業上, 居住上) 的土壤清理)

修復 (治療) 檢測與合宜性行 (可用性) 探索 (remedial investigation/feasibility study(RI/FS))

略, 自行閱讀.

例三：空氣品質監視 (Monitoring Air Quality)

國家流動空氣品質標準值 (National Ambient Air Quality Standards, NAAQS) 針對特定空氣污染物設定可接受濃度標準值, 分為兩種:

- 主要標準值 (Primary Standards): 保護大眾健康 (包含敏感性群體, 如氣喘患者, 小孩與老年人)
- 次要標準值 (Secondary Standards): 保護大眾福利 (包括對土壤, 水, 農作物, 蔬菜, 建築, 財產, 動物, 野生生物, 氣候, 能見度, 運輸, 其他經濟價值以及個人舒適度)

略，細節自行閱讀。

綜覽：

1. 何謂環境統計？簡言之，處理環境問題的統計方法應用，其含蓋面包括生態學 (ecology) 的各種分支，如動物族群的動態演變，一般的生態模型，以及其他領域，如地質學 (geology)，化學 (chemistry)，流行病學 (epidemiology)，海洋學 (oceanography) 與大氣模型 (atmospheric modeling)。為統計學的特別領域。
2. 資料品質目標過程 (程序) (DQO process: 一種正式的方法，用來決定問題為何，收集何種資料，如何收集，如何根據資料作決策；是任何環境研究時，最先與最重要的步驟。
3. 實體體本 (physical sample) 的收集及經由實驗分析轉換成報告數據 (reported numbers) 的數個步驟：

- (a) 實體樣本採樣 (Sample Collection)
- (b) 樣本初步處理 (Sample Handling)
- (c) 運送 (Transportation)
- (d) 樣本簽收與存放 (Sample Receipt and Storage at Laboratory)
- (e) 樣本組成 (Sample Work up)
- (f) 樣本分析 (Sample Analysis)
- (g) 資料輸入 (Data Entry)
- (h) 資料處理 (Data Manipulation)
- (i) 資料報告 (Data Reporting)

各步驟可能有的變異源 (sources of variability) (造成度量濃度與真實濃度的偏差), 參考課本第 9 頁.

4. 如何分析資料? 第三章到第十二章的統計主題, 方法.

5. 資料集 (Data Sets) 與個案 (Case Studies):  
以資料集示範統計觀念與方法應用在環境資料上的分析.

### 練習題.

1. 列出一些中央及地方執行與環境有關的政策機構名稱. 它們的組織架構與工作內容為何? 雙連坡附近有什麼是與環境相關的機構? 它的工作內容為何?
2. 列出一項環保法案, 並提出你對它的內容及執行的看法.