

## 健康風險決策支援系統之建置與範例分析

江舟峰，中國醫藥大學風險管理學系教授  
蔡清讚，中國醫藥大學公共衛生學系教授

計畫編號：TCH-100-N0176

### 摘要

本研究初衷係針對中科園區的需求，遵循環保署「健康風險評估技術規範」，開發一套可持續擴充「健康風險決策支援系統」。該系統結合：資料倉儲、資料分析、風險指標、圖層展示等 4 個功能層。v2 版根據風險決策命題需求，開發 5 種查詢單元：周界及空品濃度 P50 及 P95 趨勢直方圖表、擴散模擬濃度表、多介質傳輸模擬暴露劑量表、基地底圖、五等級風險地圖與溝通表單。本系統之特色為參考歐盟經驗，藉由風險地圖的呈現，結合風險特徵描述及溝通表單的製作，提昇風險溝通的品質，乃將本系統命名為 **RisMap™**。本系統利用 PostgreSQL 建構資料庫，也納入 ISCST3 擴散模式及 MEPAS 多介質傳輸模式，以 Python 描述式語言撰寫輸入參數抽取介面及輸出結果表單，以利使用者友善操作。本文介紹本系統採用之軟硬體建置規範，及各項單元功能。本系統針對中部科學園區、臺中港特定區、臺中工業區，迄今有 6 種應用：背景值分析、基地選點分析、異味陳情事件分析、超標與趨勢分析、環評查核分析、加嚴標準分析，成果斐然，值得各公私部門採用。本文並以 PM<sub>10</sub> 及 氫氟酸 (HF) 為範例，說明本系統之部分應用實例。

關鍵字：決策支援系統、健康風險評估、ELCR、HQ

### 一、前言

環保署於民 100 年 7 月 20 修正發布「健康風險評估技術規範」，將開發行為之健康風險評估規範法制化。目前各級政府經驗與人力仍不足以落實此一重要環境管理工作，隨著民眾的殷切期待，面臨三個挑戰：第一、針對重要開發基地，如何建構基地導向(Site-specific)的健康風險決策支援系統(Decision support system, DSS)，以利研擬管制策略與具體措施；第二、如何善用過去長期監測資料，編製優質可擴充之異質資料庫，以供比對評估結果；第三、風險議題常帶來爭議，風險特徵描述 (Risk characterization) 之呈現如何促進與民眾之溝通(Risk communication)。有鑑於此，臺中市環保局於民 100 年起，於民 100 年台中縣市的合併升格後，委請中國醫藥大學風險分析中心，以中部科學園區為例，開發「健

康風險決策支援系統」，該系統建置：資料倉儲、空污擴散模擬、多介質傳輸 (Multiple media transport, MMT) 模擬、統計分析、圖層展示等各項功能，並根據決策命題，建構演算法、報表工具，以利使用者以友善介面，快速進行線上查詢。本系統建置之特色，係參考歐盟經驗，期能藉由風險地圖的呈現，結合風險溝通表單的製作，提昇風險溝通的品質，乃將本系統命名為 **RisMap<sup>TM</sup>**。本文介紹此一系統採用之軟硬體建置規範，及各項模組單元之架構功能，並以 PM<sub>10</sub> 及氫氟酸 (HF) 為範例，說明本系統的一些應用實例。

## 二、文獻探討

### 1. 多介質傳輸模擬

近年來，多介質傳輸模擬技術漸趨成熟，且應用於健康風險評估 (Boxall et al., 2000; Chao et al., 2005; Chen and Ma, 2006; Fan et al., 2009; Liu et al., 2007)。多介質模擬提供一系列污染物宿命傳輸 (Fate and transport) 的整合，從污染源擴散，各種環境介質傳輸，再經多種暴露途徑，對附近居民造成各種健康風險。行政院環保署 (2011)「健康風險評估技術規範」建議 5 種多介質模式：MEPAS (Multimedia Environmental Pollutant Assessment System)、MMSOILS (Multimedia Contaminant Fate, Transport, And Exposure Model)、MULTIMED (The Multimedia Exposure Assessment Model)、3MRA (Multimedia, Multipathway, Multireceptor Risk Assessment) 及 TRIM (Total Risk Integrated Methodology)，除了 MEPAS 為美國能源部所研發外，其餘均由美國環保署所研發，而美國環保署與能源部共同發展多介質環境系統之風險分析架構 (Framework for risk analysis in multimedia environmental systems, FRAMES) (USEPA and USDOE, 1997)，再由美國太平洋西北國家研究院 (Pacific Northwest National Laboratory, PNNL)，將 MEPAS 建構於該整合平臺 (USEPA, 2007; USDOE, 2010)。美國環保署、能源部、國防部、核管會等聯邦與州級機關，及許多民間業界等，皆在 FRAMES 平臺上，開發應用各種環境風險管理模擬工具。

### 2. 健康風險評估

美國國家研究委員會 (US National Research Council, USNRC) 於 1983 年發表至今影響深遠的文件—Risk assessment in the federal government: managing the process，又稱「紅皮書」 (The Red Book) (USNRC, 1983)，建議風險評估與管理之典範架構 (Paradigm framework)，包括 4 個步驟的風險評估：危害鑑定 (Hazard identification)、劑量反應關係評估 (Dose-response assessment)、暴露評估 (Exposure assessment)、風險特徵描述 (Risk characterization)；及 2 個步驟的風險管理：成本益分析 (Cost benefit analysis)、風險溝通 (Risk communication)。

### 3. 健康風險地圖

荷蘭學者 Lahr J et al. (2010) 評析 1995-2009 約 150 篇有關風險地圖 (Risk map) 的期刊文獻，顯示風險地圖的編製在歐洲正興盛，除了因為地理資訊系統

(Geographic information system, GIS)的軟體這幾年逐漸進步，可以因應複雜的空間展現與資料分析外，更重要的是，透過圖層的展現，提供給施政者與利害相關者較佳的風險溝通，有助於施政者風險管理、政策決定與執行，減少不必要的無效溝通與社會成本。該研究將一般所稱之風險地圖分為 6 種：污染地圖

(Contamination map)、污染機率地圖(Contamination risk map)、易受害/敏感地圖(Vulnerability/Sensitivity map)、暴露地圖(Exposure/Potential map)、危害地圖(Hazard map)及風險地圖(Real risk map)。

### 三、研究方法

#### 1. 系統功能層

根據本研究需求，參考我國「風險評估技術規範」及國際相關技術指引，研擬一個可持續擴充之決策支援系統，包含四個功能層：資料倉儲層、資料分析層、風險指標評估層、風險地圖展示層。於第一層中，各種環境及健康等異質資料，如空污排放清單、氣象資料、流病資料等，經過資料品質查核後，以均質的正規化型態與欄位，儲存於各基地之資料庫，共構成資料倉儲。於資料分析層中，可發展各種演算法，如叢集分析(Clustering analysis)、時間趨勢分析、累積頻率分析等，於第二層中，外掛高階環境模式，如空污擴散模式(ISCST3)、多介質傳輸(MMT)、物種平衡模式(MINTEQ)等，進行必要之數據分析或模擬。

於第三層之風險指標展示層中，本研究參考各國規範，設計各種暴露型態之致癌與非致癌之風險指標，如針對食入暴露，增量終身致癌風險(Excess lifetime cancer risk, ELCR)及危害商數(Hazard quotient, HQ)：

$$ELCR = OSF \times ADD \dots \dots \dots (1)$$

$$HQ = ADD/RfD \dots \dots \dots (2)$$

其中，ADD 為均日劑量(Average daily dose)，單位為 mg/kg bw-day；OSF 為食入斜率係數(Oral slope factor)，單位為(mg/kg bw-day)<sup>-1</sup>；RfD 為參考劑量(Reference dose)，單位為 mg/kg bw-day。亦可參考管制標準，設計總量風險指標。亦可針對個案需求，考量危害物之官能基、終點效應或毒性機理等，設計累積風險(Cumulative risk)指標。最後，根據風險命題，以地理資訊軟體(Geographical information system, GIS)，將第三層預測之增量或總量風險，呈現急性或慢性的風險地圖，套疊於基地底圖，並設計風險特徵描述與溝通表單，併同風險地圖，作為後續風險管理與溝通的參考。

## 2. 基本架構軟體

本研究之決策支援系統使用 3 種基本架構軟體：作業系統、系統運作軟體、安全防護軟體及伺服器主機，選用原則為穩定性、成本與相容性，如表 1 所示。系統以 Windows OS 為主，Linux OS 為輔，具高度穩定性、安全性及低成本。PostgreSQL 提供自由的物件關聯型資料庫管理系統(ORDBMS)，適合中大型資料庫開發需求。Python 語言為一款簡單強大又易於使用的動態語言，有相當豐富的標準函式庫，能快速開發所需之程序，可橫跨不同作業系統平臺，且容易擴充和嵌入其它程式語言。本系統使用 Firewall 作為防火牆之軟體，另使用 AntiVirus 作為電腦防毒軟體。考量本系統資料具有機密安全的要求，系統介面設計具有防止未經授權的存取功能。

表 1. 本決策支援系統使用的三種基本架構軟體

使用軟體	內容	說明
作業系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Window OS (主要)</li> <li>● Linux OS (次要)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 開放式系統，具高度穩定性、安全性及低成本</li> <li>● 支援特殊商業分析軟體或工作軟體</li> </ul>
系統運作軟體 /語言	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PostgreSQL</li> <li>● SQLAlchemy</li> <li>● Python 語言</li> <li>● GCC 語言</li> <li>● R 語言</li> <li>● GNU Parallel 程式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 物件關聯型資料庫管理系統 (ORDBMS)</li> <li>● 物件關係對應中介軟體 ORM</li> <li>● 強大易於使用的動態程式模組語言</li> <li>● 適用需快速計算的程序</li> <li>● 用於統計分析與繪圖操作環境</li> <li>● 中央處理器核心之平行化</li> </ul>
安全防護規範 及軟體	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Firewall</li> <li>● AntiVirus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 防火牆軟體</li> <li>● 電腦防病毒軟體</li> </ul>

## 四、結果與討論

### 1. 本系統功能模組架構

本研究已建構風險導向之決策支援系統模組架構，歷經多年擴增後，v2 版如圖 1 所示，分為：延長摘要資料庫、國際毒理網站、周界/空品監測資料庫及查詢介面、模式模擬及風險指標估算、圖層展示等 5 個模組單元。

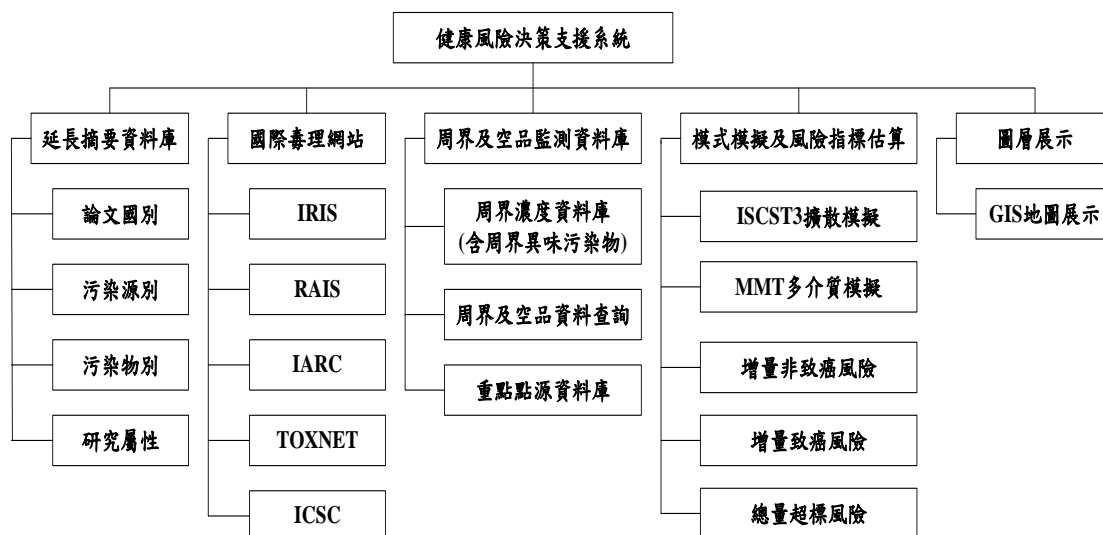


圖 1. 本研究建構之風險導向決策支援系統之功能選單架構圖

**各種應用：**本系統已成功應用於多項公私部門的環境決策，包括：無機酸鹼背景值分析(Chen et al., 2010)、監測點分析、異味陳情事件分析、空品超標與趨勢分析、環評查核分析、加嚴標準分析，先後完成 4 個大型工業區的 7 個危害物分析：PM<sub>10</sub>、HF、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、As/AsH<sub>3</sub>、Xylenes、Benzene、Pb。

**延長摘要：**本研究使用國際期刊搜尋引擎，挑選良好品質，且具行業製程代表性之國際期刊，轉譯為 2 頁之延長摘要(Extended abstract)，以論文國別、污染源別、污染物別、研究屬性等四個關鍵詞，提供風險管理者快速閱讀，掌握先進國家空氣品質管制之寶貴經驗，針對半導體、鋼鐵冶煉、火力電廠等，共收錄 5 篇。

**毒理網站：**進行風險評估時，常需查詢國際毒理網站資料，而中文查詢者於查詢過程中，通常不易了解英文專有名詞的意義。為協助國內使用者了解國際毒理網站中的毒理資料，於本系統國際毒理網站查詢首頁中，解釋 8 個重要毒理名詞。若需進一步查詢各種毒理風險名詞，可藉由本系統建構之超連結 IRIS (Integrated Risk Information System)線上詞彙或 SRA (Society for Risk Analysis)線上詞彙。若需先查詢危害物之中英文對照名稱、CAS No/UN No，可點選超連結之勞委會 GHS 危害物質資訊查詢。本研究參考環保署「健康風險評估技術規範」，經過多次討論，選擇 5 個重要的國際毒理資料庫：美國環保署「整合性風險資訊系統」Integrated Risk Information System (IRIS)、美國能源部「風險評估資源系統」Risk Assessment Information System (RAIS)、世界衛生組織「國際癌症研究總署資料庫」International Agency for Research on Cancer (IARC)、美國國家圖書

館「毒理資料網站」Toxicology Data Network (TOXNET)、聯合國國際勞工組織「國際化學安全卡」International Chemical Safety Card (ICSC)。

**周界及空品監測資料庫：**本系統 v2 版建構三個中部環境敏感區的周界濃度與空氣品質資料庫，約 40 個監測點位之 12 萬筆數據，由 15 個欄位組成，如：採樣日期、地點、污染物種、相態、實測濃度、單位、採樣方法、檢測方法等。根據資料品質，判斷資料品質等級(LOQ)，將完成之資料表轉入 PostgreSQL 資料庫，可利用前端處理工具 pgAdmin 轉出各種資料表，圖 2 為 6 種資料表與關聯圖，共有五個資料表，表中加註\*者為主鍵(Primary key)。本研究進一步建置點選式選單，自動抽取資料並輸出圖表，選單可輸入：基地、測站、期間、均期及物種等 5 種參數。

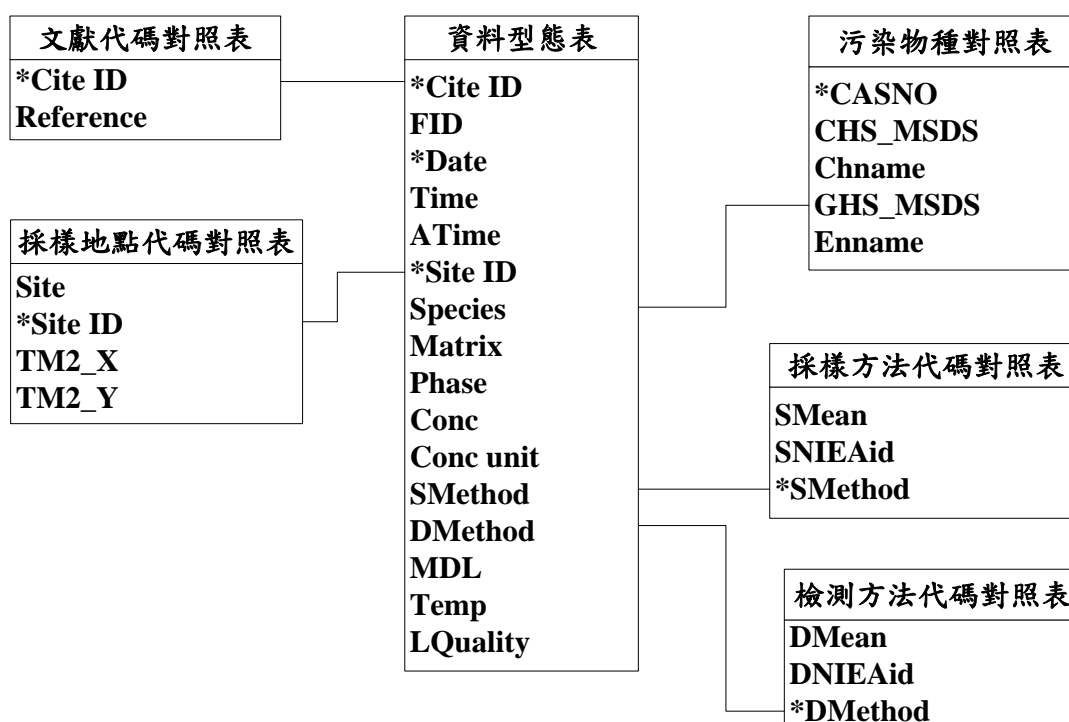


圖 2. 本系統周界濃度及空氣品質 6 種資料表與關聯圖

**擴散模擬：**本系統外掛環保署「空氣品質決策支援中心」認可之 ISCST3 空污擴散模式，並且可搜尋固定污染源資料庫中「更新擴充排放口污染物排放量」，查核歷年列管排放源資料：區內廠商基本資料、空氣污染物最終排放量，結合氣象站逐時氣象資料、地形與擴散參數等資料，根據危害辨識結果，選定危害空氣污染物，合成擴散模擬所需各項輸入參數檔。本系統使用 Python 描述式語言 (Script language)，撰寫巨集指令 (Macro commands)，透過友善介面方式，與巨集指令輸入檔連結(由系統所需參數，如排放口坐標、污染物種、排放量、氣象

資料、網格坐標等寫成 CO、LOCATION、SRCPARAM、DISCART 及 ME 等五個巨集指令輸入檔)，依據命題產生 Task.txt 檔，自動讀取及合成輸入檔，以利進行多年多點模擬，提供後續增量風險估算之參考。

**多介質模式：**本系統外掛美國環保署與能源部開發的整合平台 FRAMES (USEPA 2004; USDOE 2004)，並選用內建於該平台之 MEPAS 5.0 暴露評估模組與受體評估模組，應用 ISCST3 執行之輸出檔，進行多介質傳輸模擬。FRAMES 內建一化學資料庫，收錄 800 多種化學物種，使用者亦可依需求自行擴增。FRAMES 涵蓋 7 類圖形介面模組，包括：邊界條件、資料庫、生態暴露風險、環境傳輸、人體暴露風險、報告、系統，每類含 1-5 種傳輸模組，共 19 種，使用者可以直觀物件導向之圖形介面，選擇所需模組。實際操作時，**RisMap™** 系統已建立多個友善操作視窗介面，可以與 ISCST3 模擬輸出檔自動串聯，減少人為操作的繁瑣與可能的錯誤。

**風險指標與風險地圖：**本系統建構 ELCR 及 HQ 之兩種增量風險指標，分別代表慢性暴露之致癌與非致癌健康風險，此外，亦建立 2 種總量風險指標，危害比例 (Hazard ratio) HR1 代表周界濃度超標風險，HR2 代表空氣品質濃度超標風險。本研究並根據所需之風險命題，建立慢性評估之風險演算流程。唯目前僅能針對單一危害物，自動進行逐年增量與總量風險演算，仍需以人工進行多種危害物之累積風險計算。風險地圖以距離反比權重 (Inversed distance weight, IDW) 進行空間推估，遵循歐盟建議，採用五等級風險，分別以橙、黃、綠、藍、靛顏色呈現漸減之風險等級，若評估結果為不可接受或超標，則以紅色呈現。參考江等 (2008) 建議之風險溝通表單格式：一、前提說明，1. 危害辨識 2. 劑量反應評估；二、暴露評估，規範受評族群、暴露濃度、暴露參數、暴露情境；三、風險特徵描述，1. 定量描述 2. 不確定性分析 3. 整合性描述，除整合性描述外，均以圈選式表單呈現。

## 2. 範例分析與應用

### (1) 周界及空氣品質長期趨勢分析: 以 PM<sub>10</sub> 為例

為評估某空品測站受盛行風影響及長期趨勢，於 **RisMap™** 中，輸入某監測站 3 年(2010~2012)，逐時之 PM<sub>10</sub> 濃度資料，共約 26,000 筆，以查詢介面，抽出季 P50 及 P95 值，並輸出趨勢圖，如圖 3，以了解中央及高端趨勢。顯示除了 101 年春季外，P50 均有一致的變動趨勢，春季最高，夏季降下，秋季上升，冬季再升，春季又最高。該系統亦可自動輸出各年逐季之統計表，如表 2，並呈現統計的資料筆數(n)，補足趨勢圖的不足，以利了解統計結果的信賴性。

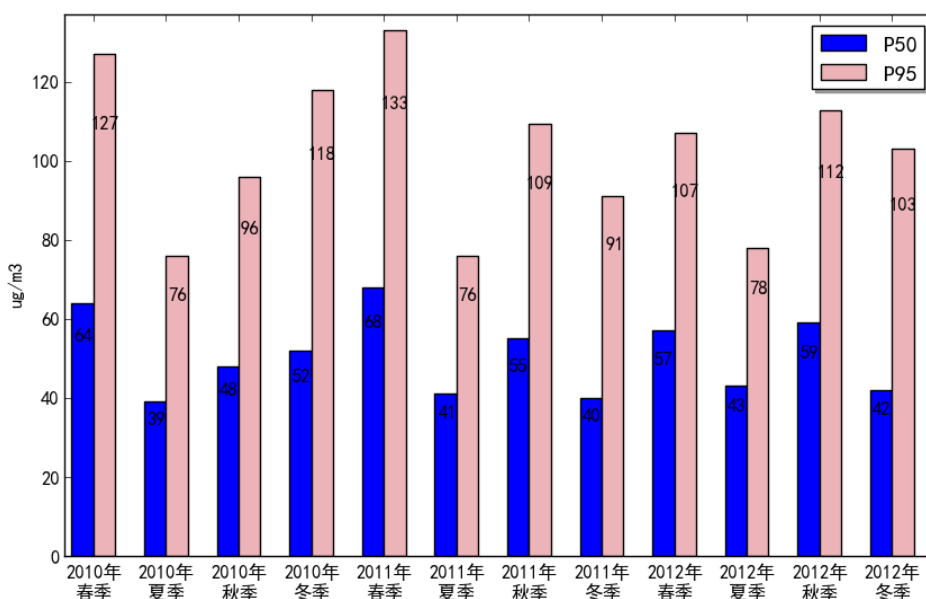


圖 3. 某監測站 2010.03.01~2013.02.28 之 PM<sub>10</sub> 季均濃度

表 2. 某監測站 2010.03.01~2013.02.28 之逐季 PM<sub>10</sub> 濃度及其資料筆數

單位 µg/m <sup>3</sup>	2010 年				2011 年				2012 年			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
n	2,181	2,181	2,181	2,112	2,184	2,159	2,154	2,143	2,180	1,998	2,165	1,615
P50	64.0	39.0	48.0	52.0	68.0	41.0	55.0	40.0	57.0	43.0	59.0	42.0
P95	127.0	76.0	96.0	118.0	133.0	76.0	109.4	91.0	107.0	78.0	112.8	103.0

(2) 大氣擴散與多介質傳輸模擬: 以氫氟酸為例

應用 **RisMap™** 之某基地之重點點源資料庫，抽出已建置於該系統之某基地氫氟酸排放資料，2007 年排放量為 0.4 t/yr，排放管道支數 11，2008 年為 4 t/yr，排放管道支數共 38，2009 年為 0.5 t/yr，排放管道支數共 17。應用本系統建置之國際毒理網站，查詢 RAIS 毒理資料庫，RfC 及 RfD 分別為 1.4E-02 mg/m<sup>3</sup> 與 4.0E-02 mg/kg-day，費致癌健康效應終點為氟骨症 (Skeletal fluorosis)，但查無致癌效應。進一步應用於該系統之 ISCST3 擴散模式，模擬 3 年(2007~2009)平均之氣相濃度及沉降量，再以 MEPAS 模擬 7 種暴露情境之風險，並應用內建於該模組之慣用參數值，進行多介質傳輸模擬，再以報表工具，輸出圖表結果，依研擬之風險地圖製作規範，繪製 5 等級風險地圖，撰寫風險溝通表單。

模擬結果如下: 該基地 2007~2009 年之氣象資料，模擬 20 個模擬點之二級長期暴露，結果 20 個模擬點中，以報表工具抽出位於 P95 點位 3 年均值，擴散濃度為 5.55 E-02 µg/m<sup>3</sup>，沉降量為 3.07E-06 kg/m<sup>2</sup>-yr，將該



結果以系統介面轉入多介質模式 FRAMES/MEPAS，進行多介質傳輸模擬，完成模擬後，使用多介質報表工具，抽出 P95 風險值。結果顯示，二級增量 HQ 風險 P95 為 2.23E-03，均為可接受風險。P50 貢獻度分析顯示空氣吸入為主要暴露途徑，佔 77.5%，其次為葉菜食入 13.3%，奶類為 4.68%，肉類為 3.76%，非葉菜類 0.74%，最小值為土壤誤食(Pica)，近乎為 0。如圖 4。

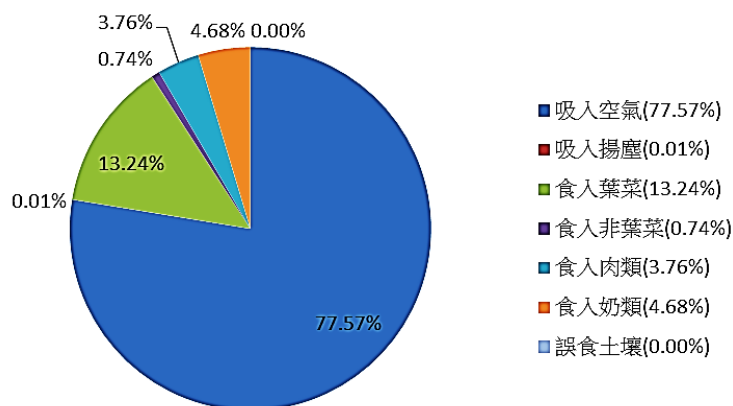


圖 4. 氫氟酸之 7 種暴露途徑二級風險 HQ 之 P50 圓餅圖

### (3) 繪製增量風險地圖及撰寫溝通表單

同上例，應用 20 個模擬點之二級增量風險值，評估氫氟酸排放之長期暴露健康風險，並繪製五等級風險地圖。結果如圖 5，顯示焦點區落於基地中心北方 0.5 公里，A 級風險(4.0~5.0E-3)影響半徑約 0.5 公里，但其值仍小於 1，為可接受風險。依據該地圖，撰寫溝通表單，與該地圖呈現於同一單張 A4，以避免錯誤解讀該地圖。本研究採保守情境：100%人體吸收、終身暴露、100%戶外活動及 100%食用當地農畜產品等，風險分析結果，具中度可信度，評估結果具保守性，符合國際慣例。

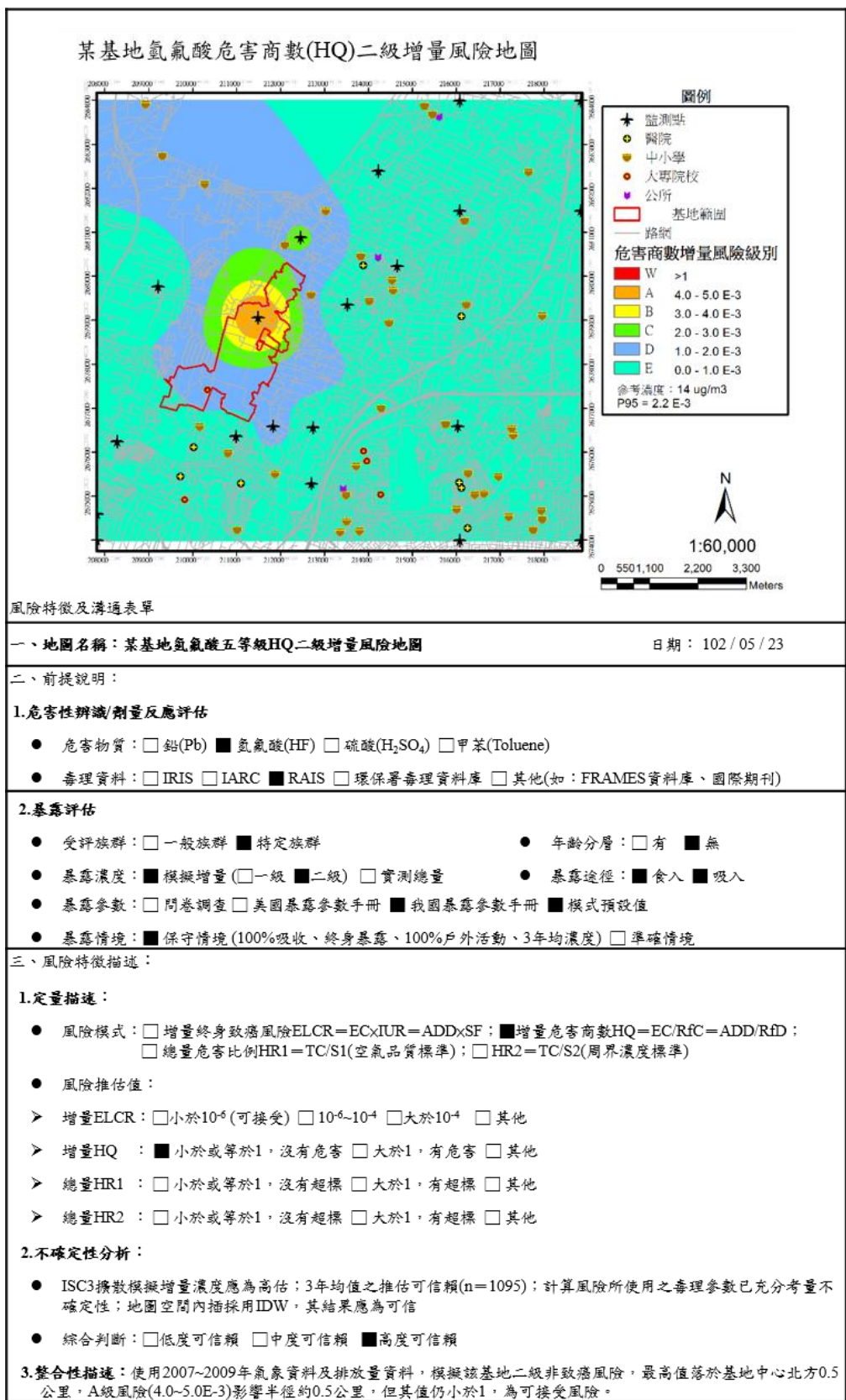


圖 5. 某基地 HF 二級增量非致癆風險地圖與風險溝通表單

## 五、結論

1. 中國醫藥大學風險分析中心以健康風險為導向，建立一套場址導向之決策支援系統(DSS)，稱為 **RisMap<sup>TM</sup>**，結合：資料倉儲、資料分析、風險指標、圖層展示等 4 個功能層，特色係將評估結果，轉化為風險地圖及溝通表單，促進風險溝通。
2. 系統包含 5 個單元：延長摘要與毒理網站、周界與空品資料查詢、空污擴散與多介質傳輸模擬、增量與總量風險估算、風險地圖與溝通表單。
3. 已開發 5 個查詢介面：周界及空品濃度 P50 及 P95 直方圖表、擴散模擬濃度表、多介質傳輸模擬暴露劑量表、基地底圖、五等級風險地圖與溝通表單。
4. 本系統利用 PostgreSQL 建構資料庫，也納入 ISCST3 擴散模式及 MEPAS 多介質傳輸模式，以 Python 描述式語言，撰寫輸入參數抽取介面及輸出結果表單，以利使用者友善操作。
5. v2 版已有 6 種應用：背景值分析、基地選點分析、異味陳情事件分析、空品超標與趨勢分析、環評查核分析、加嚴標準分析。
6. 後續擬建構：濃度累積頻率圖、累積風險地圖、異味風險地圖、風花圖、增量總量套圖、擴充為網路版等。

## 參考文獻

1. Boxall, D., P. Oakes, and C.D. Ripley, "The Application of Predictive Models in The Environmental Risk Assessment of ECONOR." *Chemosphere*, Vol. 40, pp. 775-781 (2000)
2. Choa, K.P., C.T. Tsai, J.C. Wang, S.T. Lin, and C.F. Chiang, "Health Risk Assessment of A Heavy Metal Contaminated Site in Taiwan." *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, Vol. 9, No. 3, pp. 167-172 (2005)
3. Chen, Y.C., and H.W. Ma, "Model Comparison for Risk Assessment: A Case Study of Contaminated Groundwater." *Chemosphere*, Vol. 63, pp. 751-761 (2006)
4. Fan, C.H., G.S. Wang, Y.C. Chen, and C.H. Ko, "Risk Assessment of Exposure to Volatile Organic Compounds in Groundwater in Taiwan." *Science Total Environmental*, Vol. 407, pp. 2165-2174 (2009)
5. Liu, Z., Y.H. Zhang, G.H. Li, and X. Zhang, "Sensitivity of Key Factors and Uncertainties in Health Risk Assessment of Benzene Pollutant." *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 19, pp. 1272-1280 (2007)
6. 行政院環保署，健康風險評估技術規範 (2011)。

7. USEPA and USDOE, Concepts of a Framework for Risk Analysis In Multimedia Environmental Systems. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) Richland, Washington D.C. (1997)
8. USEPA, GENII Version 2 Users' Guide. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)-14583 (2007)
9. USDOE, Handford Site Annual Report Radiological Dose Calculation Upgrade Evaluation. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)-19168 (2010)
10. USNRC, Risk assessment in the federal government: managing the process (The Red Book). National Academy Press, Washington, D.C. (1983)
11. Lahr, J., and L. Kooistra, "Environmental Risk Mapping of Pollutants: State of The Art and Communication Aspects." Science Total Environmental, Vol. 408, pp. 3899-3907 (2010)
12. Chen, H.W., C.T. Tsai, C.W. She, Y.C. Lin, and C.F. Chiang, "Exploring The Background Features of Acidic and Basic Air Pollutants around An Industrial Complex Using Data Mining Approach." Chemosphere, Vol. 81, pp. 1358-1367 (2010)
13. USEPA, GENII Version 2 User's Guide. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)-DE-AC05-76RLO 1830, Washington, D.C. (2004)
14. USDEO, GENII Version 2 Software Design Document. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)-DE-AC05-76RLO 1830, Washington, D.C. (2004)
15. 江舟峰、凌明沛、林家玉、蔡佩凌, "中部地區民眾淋浴健康風險評估與風險特性化研究", 中臺灣醫誌, 第十二期, 第 27-34 頁(2008)。