

行政院原子能委員會  
委託研究計畫研究報告

核電廠大氣擴散與輻射劑量評估模式驗證平台設計

**A Modeling Validation Platform on the Estimation of Atmospheric  
Dispersion and Radiation Dose of Nuclear Power Plants**

計畫編號：1002001INER010

受委託機關(構)：長榮大學 環境資訊研究中心

計畫主持人：賴信志 博士

聯絡電話：06-2785938

E-mail address：laihc@mail.cjcu.edu.tw

核研所聯絡人員：方新發

報告日期：100 年 12 月 6 日

## 目 錄

目 錄 .....	I
中文摘要 .....	1
ABSTRACT.....	2
<b>壹、計畫緣起與目的 .....</b>	<b>3</b>
一、計畫緣由 .....	3
二、計畫目的 .....	5
(一) 平台具有驗證與展示(Google Earth)之功能 .....	6
(二) 模式驗證功能符合國內外相關法規 .....	7
(三) 整合地理資訊系統展示達到互動之功能 .....	8
<b>貳、研究方法與過程 .....</b>	<b>9</b>
一、核能相關網站資訊統整 .....	9
二、模式運用與介紹 .....	11
(一) MM5 氣象模式 .....	11
(二) Models-3/CMAQ 空氣品質模式 .....	13
(三) 高斯模式 .....	15
三、驗證規範介紹 .....	16
四、模式驗證流程 .....	19
(一) 模式模擬輸出 .....	19
(二) 監測數據 .....	20
(三) 格式轉換 .....	20
(四) 繪圖 .....	20
(五) 驗證計算 .....	20
五、驗證平台建置 .....	21
(一) 驗證平台展示架構 .....	22
(二) 系統架構 .....	24
(三) 資料處理流程 .....	26

(四) 平台建置工具介紹 .....	35
(五) 網頁技術 .....	38
(六) 網站架構 .....	41
<b>參、 主要發現與結論 .....</b>	<b>45</b>
一、 計畫成果 .....	45
(一) 平台具有國內外規範標準 .....	45
(二) 平台具有驗證模式及展示功能 .....	46
(三) 平台具有空間分布之資訊 .....	47
二、 結論 .....	48
三、 未來展望 .....	49
<b>肆、 參考文獻 .....</b>	<b>50</b>

## 中文摘要

本計畫為建置一驗證平台用以計算大氣擴散模式及輻射劑量之驗證，而將驗證結果利用網頁搭配地理資訊系統 Google Earth 整合展示，而平台亦加入驗證規範，欲提升驗證結果之準確性。大氣擴散與輻射劑量驗證方法上，採用美國及台灣環保署所訂下之模式模擬規範進行校正，其中規範亦引用「大氣擴散模式統計評估標準指引(Standard Guide for Statistical Evaluation of Atmospheric Dispersion Models, ASTM D6589-00)」。而在 Google Earth 展示部分，將大氣擴散與輻射劑量搭配風場圖來顯示其擴散之方向、範圍與速度並整合 Google Earth 展示。進一步達到提升核電廠災害防護的目標。

關鍵字：大氣擴散、輻射劑量、Google Earth、ASTM D6589-00

## **Abstract**

A Geophysical Information System (GIS) based platform will be design to show the modeling validation analysis as well as the dispersion of radiation around a nuclear power plant. This study set up a standard procedures to inject the dispersion modeling output with observation data, after calculating the validation parameters under official Regular Standard, validation results will shown by digital numbers and figures to estimate the dispersion of nuclear radiation concentration. The modeling validation procedures will follow the standard regulation of US EPA, Standard Guide for Statistical Evaluation of Atmospheric Dispersion Models , ASTM D6589-00, and also modeling regulation of Taiwan EPA. Especially the dispersion of radiation dose will be shown associate with the Meteorological information. This GIS based validation platform is not only the first one which display on Google Earth GIS, but also the most useful to the nuclear radiation prevent of nuclear power plant.

Keyword : Atmospheric Dispersion, radiation dose, Google Earth 、  
ASTM D6589-00

## 壹、計畫緣起與目的

### 一、計畫緣由

於現今石油短缺之時代，核能再度被社會提出並探討是否成為發電之主要能源。尤其是核能安全的風險性，更是為大眾所高度關心的議題，因此如何較精準評估核電廠於災害發生時之輻射劑量與輻射擴散範圍，是一項重要之課題。就如同空氣污染與火災擴散的評估一樣，必須先就模式模擬的結果進行驗證，並得到一個基準資料庫，此資料庫的資料可於災害事件發生時，迅速且精準的提供防災資訊。

如同 2011 年 3 月 11 日，日本因地震而引起福島核電廠爆炸事故，如圖 1 為日本因應福島核災事故所使用之輻射劑量監測網站，其展示內容包含各縣市輻射劑量之監測數值、全國水域、食品所監測到之輻射劑量及核電廠於爆炸後之狀況，並利用 Google Map 標出各縣市所監測之輻射劑量整合於網頁上展示。如圖 2 所示，即為福島事件發生後，日本各縣市所測量之輻射劑量，以每天所測量之最大值以時序方式呈現，並於時序圖上，標示當日測量到之輻射劑量是否超過標準及超過標準之幾倍。

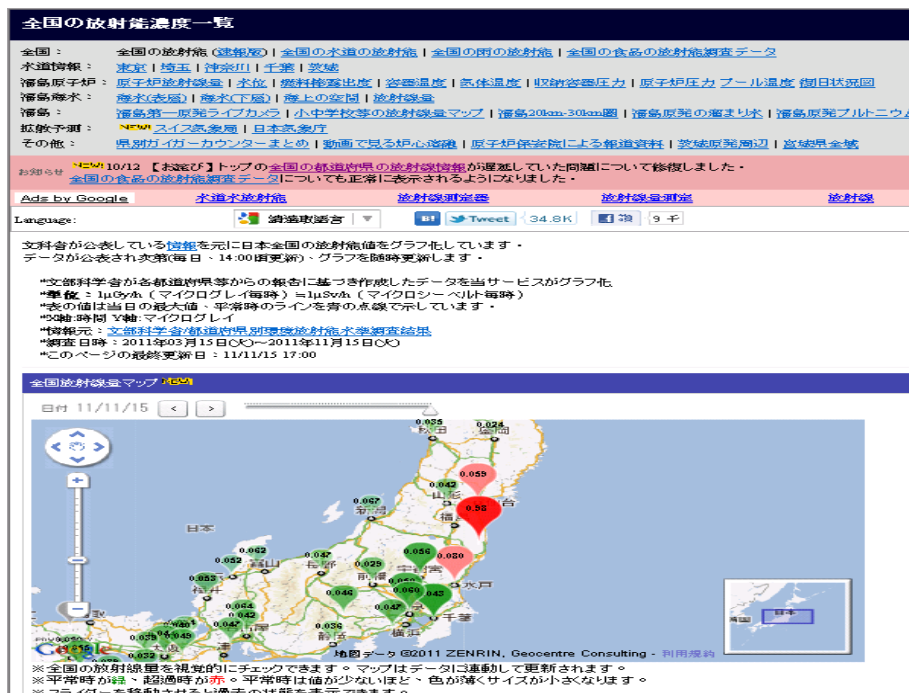


図 1 日本放射線量監視ウェブサイト

(資料來源: <http://atmc.jp/>)

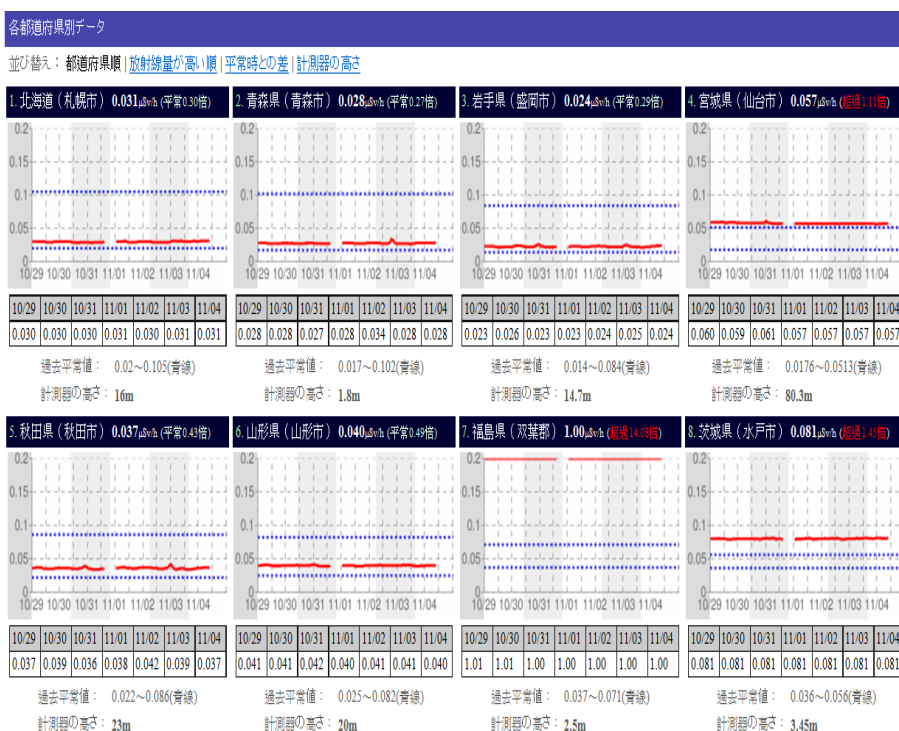


図 2 放射線量監視図表

(資料來源: <http://atmc.jp/>)

因此決策者及民眾沒有一個模擬情境狀況且可即時得到核災資訊之平台時，當核事故於任何一個季節發生時，往往無法在第一時間做出最好之決策，而將傷害降至最低。甚至造成決策一再變動，導致救災物資隨之浪費，因此為因應這些狀況發生，必須建置一個具有模擬情境狀況與且可即時提供防災資訊之平台。

## 二、計畫目的

本計畫之主要目的即在建置核能電廠防災資訊所需要的平台，將模式所計算的大氣擴散與輻射劑量之驗證結果顯示在網頁平台上。此驗證平台將提供使用者與資料庫互動的介面，使得各種模擬情境的驗證資料可以迅速的呈現，提供使用者或決策者立即的資訊。過去在科學研究上，模式模擬的輸出依各種模式各自的規定均有不同的格式，觀測的資料亦各有不同。因此在處理模式驗證的過程中非常繁瑣，必須撰寫諸多程式語言來得到特定的輸出。因此許多國家與組織紛紛依照自身特定的需求，將模式模擬與觀測的結果建置成資料庫，然後使用網頁語言建置成互動平台，以達成科學與工程使用的目標。為因應上述之需求，平台須包含以下幾點功能：



### (一)平台具有驗證與展示(Google Earth)之功能

將驗證平台建置成具有驗證模式與整合地理資訊系統 Google Earth 展示資訊之功能，主要之目的在於無法預測核電廠於何時發生事故且評估核能風險需要大量模式模擬及情境建立，因此必須利用模式建立多種情境模擬，而模擬之結果必須經過驗證計算，才能得知模擬結果是否與預期之結果符合，因此平台需具備驗證模式之功能。

再者，將驗證後之情境狀況建立成資料庫，且藉由網頁之動態功能呈現驗證結果與決策者及使用者達到互動之功能，並透過地理資訊系統整合展示空間分布資訊之幫助，不僅讓決策者與使用者有數據分析，更能讓決策者及使用者了解台灣各地區與核電廠於各種模擬情境下，環境資訊所分布之狀況。例如，當核電廠於春季發生事故，決策者即可利用事先所建立之情境狀況並已完成模式驗證之春季情境對台灣各地區與核電廠進行決策分析，不僅能即時發布核災訊息，亦能於第一時間內做出決策，用以預防核災事故於不同季節發生。

## (二)模式驗證功能符合國內外相關法規

驗證平台之驗證規範採用美國環保署及台灣環保署所制訂之驗證規範及「大氣擴散模式統計評估標準指引 (Standard Guide for Statistical Evaluation of Atmospheric Dispersion Models, ASTM D6589-00)」之規範標準，主要目的為核災風險之評估，須包含大量之資料處理、各種情境之模式模擬及需要蒐集大量之環境資訊，而模式所模擬之各種情境結果則必須經由驗證，才能得知是否能使用。因此當一情境況模擬輸出後，利用驗證規範中所提到之驗證方法對此一情境之模擬輸出進行驗證，並分析其驗證結果，若符合規範標準則進行另一情境模擬，若不符合規範標準，則由驗證之結果進行分析，並以分析結果重新進行模擬。

因此蒐集國內外之相關驗證法規中針對各個模式所制定之規範做為驗證平台之驗證標準，對各種情境狀況之模式模擬進行驗證，並提高對各情境狀況之掌握，以利對各情境狀況進行分析，一方面提高驗證平台於國際上之水平，另一方面則進一步提升我國核電廠之風險評估安全。

### (三)整合地理資訊系統展示達到互動之功能

將模式模擬之空間分佈資訊整合地理資訊系統 Google Earth 展示，目的在於將不同情境之模式模擬結果整合地理資訊系統以空間分布之概念呈現，使驗證平台不僅能展示驗證數據，亦能搭配地理資訊系統展示空間分布資訊之功能，讓決策者及使用者更能了解台灣各個地區及核電廠之環境資訊，如圖 3，為全球風向場整合 Google Earth 展示之結果，可藉由 Google Earth 之地理資訊協助，讓環境資訊之呈現更加讓使用者有印象，亦可讓決策者及使用者具有空間分布之概念。

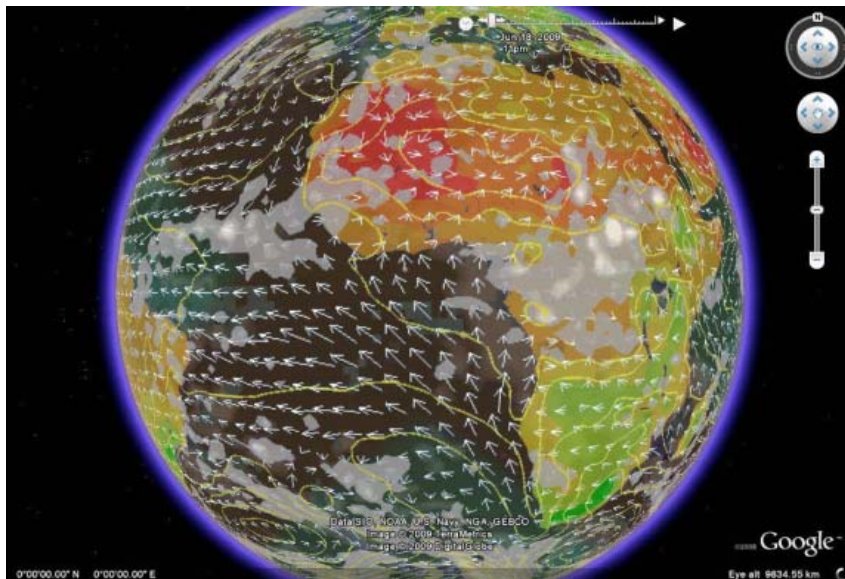


圖 3 風向場整合 GIS 展示圖

(資料來源：本計畫)

## 貳、研究方法與過程

系統設計以大量之環境資訊作為基礎，搭配所需要之相關訊息，如空氣汙染、輻射劑量...等等。因此系統運用大量的模式模擬數據，輔以氣象局與環保署之監測數據作為校正，以達到模式驗證及數據分析之目的，驗證之誤差數據於網頁上以動態方式展示，而空間分布資訊則整合 Google Earth 展示，因此驗證平台不僅須具有數據分析，亦包含空間分布之資訊。因目前原委會尚未有法規制定，因此於多種模式中利用與大氣擴散模式及輻射劑量較為類似之 MM5 氣象模式及 CMAQ 空氣品質模式作為測試。未來開始運跑大氣擴散模式及輻射劑量，即可馬上替換，達到原本預設之功效。

### 一、核能相關網站資訊統整

計畫建置過程中，依平台之需求，統整許多與核能相關之網站資訊，發現國際上鮮少具有針對核能監測驗證之平台網站，大多數核能相關網站均以核能會議、國際研討會、核能政策等等資訊為主，災害發生後才由各國氣象局統整核災之預測及後續防災之處理，如同 2011 年 3 月 11 日於日本福島核電廠發生事故後，僅將監測之輻射劑量整合呈現，並無展示說明核擴散後續之預測資訊，如圖 4，為日本各縣市所測得之輻射劑量整合 Google Map 呈現，可利用顏色分辨當地之是否輻射劑量是否

超標，亦可用點選各縣市上方所呈現之輻射劑量，亦會顯示說明輻射劑量是否超標、超標幾倍等等相關訊息，但卻無對輻射劑量進行預測。使得社會大眾無法得知核災事故於後續所影響之範圍，間接的牽引出更多問題，例如，是否有將民眾撤離警戒範圍，是否低估警戒範圍，是否需再撤離一次等問題。

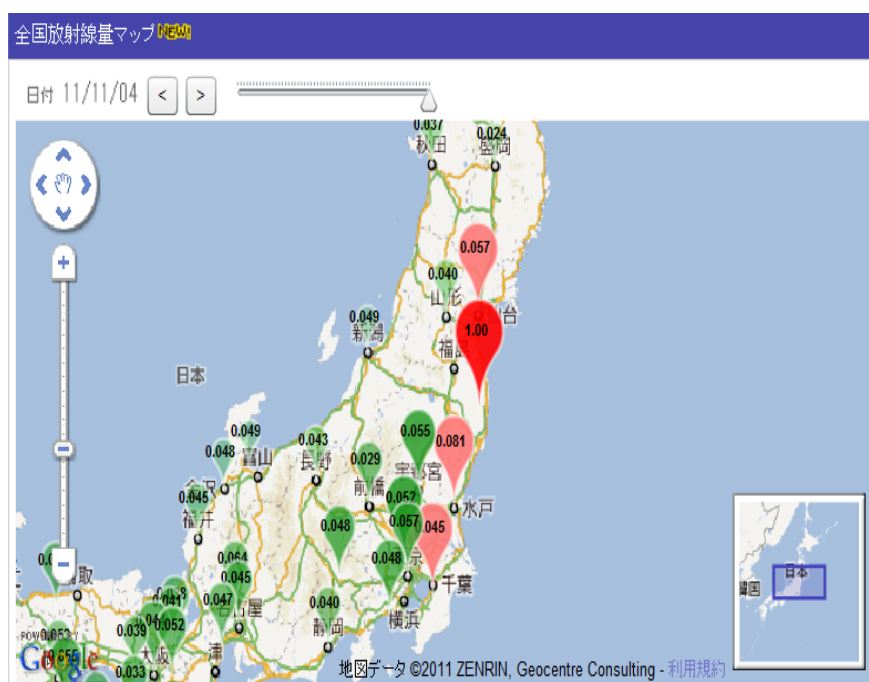


圖 4 輻射劑量整合 Google map

(資料來源：<http://atmc.jp/>)

而國際上亦僅將輻射劑量所擴散之路徑模擬出來，並無包含大氣資訊，如圖 5。但當核事故發生時，當下之氣象因數將會影響輻射劑量擴散之方向、速度及沉降地點(張闊顯，2003)，因此平台建置要項須包含以下 6 點：

1. 核災發生之地點
2. 核災發生之時間
3. 核災發生時之環境條件 (風、溫度、溼度)
4. 核災的排放劑量
5. 核災擴散情形及影響(預警)
6. 模式驗證評估

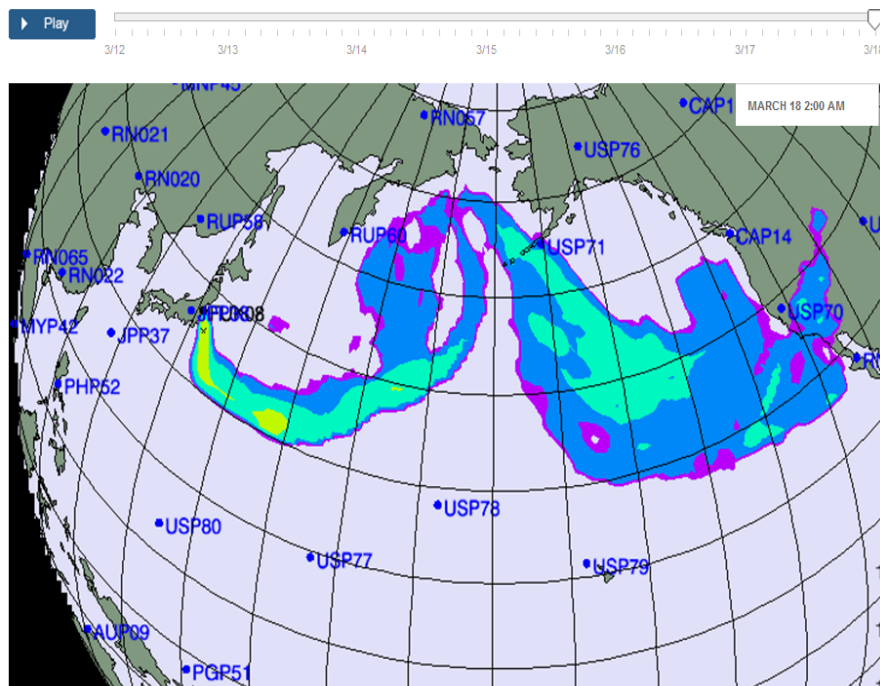


圖 5 輻射劑量濃度圖

(資料來源:<http://www.nytimes.com/>)

## 二、模式運用與介紹

### (一)MM5 氣象模式

此模式最初是由 Anthes and Warner (1978)根據原始方程中依中尺度運動特性簡化後所建立起來的數值模式，屬於三維

空間的靜力/非靜力的中尺度模式。此模式使用追隨地勢坐標，容許多重的巢狀網格 (nested domains) 模擬，並具有四維資料融入 (FDDA, Four Dimensional Data Assimilations) 的功能，運用在不同尺度間的交互作用可以得到較好的解析。對於複雜的中尺度系統而言，MM5 的模擬可彌補觀測資料上時、空解析度的不足，對於區域的預報有相當好的能力。經過在邊界層參數化，積雲對流參數化以及四維資料融入等各方面的改進，目前此模式已廣泛地被國內外氣象與空氣品質模式之模擬研究 (Anthes et al., 1982, Kuo and Anthes, 1984; 洪和洪, 1999; Brown et al., 1999; Chien et al., 1997; 盛, 1997; 曾, 1999; 吳與顏, 1999)。

模擬模式採用的最小網格的解析度為 3 公里，此為配合台灣空氣品質模式支援中心所設計的模擬來調整。初始場建立時模擬過程中為增進模擬的效能，預計使用經過觀測資料修正過的初始場以及資料四維同化的技術，將觀測資料融入模式的初始條件中，以期能在更長時間的模擬過程中精確的掌握模擬結果。而驗證之結果分別以時間序列及與觀測值直接比對之圖表來表示，在統計結果方面，將各模擬結果與觀測值進行比對後計算以下偏差量來進行討論，驗證之項目有：(1) 偏差 (ME)；(2) 絕對偏差 (MAGE)；(3) 均方根誤差 (RMSE)；(4) 標準化偏差

(NMB)；(5) 標準化絕對偏差(NME)。

氣象模式為模擬大氣中氣象之變化，主要運用氣象模式所模擬之大氣資訊搭配空氣品質模式之模擬資訊，並藉由氣象模式所模擬之風與風向，達到與大氣擴散模式類似之功能。因此利用氣象模式大量模擬所需要的大氣變量，如壓力、溫度、濕度、風速、風向等等，並將之繪製成氣象場圖，以搭配空氣品質模式之濃度圖展示所用。

## (二)Models-3/CMAQ 空氣品質模式

Models-3(Third-Generation Air Quality Modeling System) 為美國 EPA 為系統化各種模擬分析複雜之大氣物理、化學程序的模式，以應用於環境影響評估及決策分析而發展之系統。而 Models-3 的核心稱為 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System，因而亦可通稱為 Models-3/CMAQ 模式。CMAQ 模擬系統使用最先進的科學能力來模擬多重的空氣品質問題，包括對流層臭氧，PM，有毒物質，酸沉降和能見度。其開發涉及每一個與空氣污染相關的領域科學，特別的是還設計了多層次網格模擬的能力來進行不同尺度空氣品質模擬。因此本計畫將利用此模式來進行降尺度的空氣品質模擬。



CMAQ 模擬系統可模擬各種化學和物理過程，這些過程在大氣微量氣體的轉變和分佈是非常重要的。在 CMAQ 模擬系統中由三種類型的模擬部分組成：氣象模擬系統的輸出代表大氣狀態和運行的描述，排放模擬代表人為和自然排放的結果，化學傳輸模擬系統代表化學變化模擬的結果。

由此模式所計算的變數中，與氣候變遷直接相關的因子有溫室氣體如 CO，CO<sub>2</sub>，O<sub>3</sub> 等，但是在對空氣品質產生影響的因子中，如產生 SO<sub>x</sub>，NO<sub>x</sub>，PM 等，亦可能對氣候變遷有間接的影響。但不論是直接或間接的影響，本模式均能計算出其時空的演化，並能進一步了解與空氣品質演化之間的關係。美國環保署在模式模擬規範中規定有詳細之模擬驗證方式，重點如下：

1. 測站以半徑方源 15km 內之格點為驗證範圍，所有格點取其最接近觀測值之數據為模擬值。
2. 計算標準化平均偏差及標準化平均誤差，不超過規範值 15% 及 35% 及為符合模擬標準。

空氣品質模式主要為代替輻射劑量，原因在於空氣品質模式主要在於模擬空氣中污染物於大氣中之濃度分布，與輻射劑量所要呈現之資訊極為類似，因此先選用空氣品質模式代替輻射劑量做為平台輸入之資料。並模擬臭氧與懸浮微粒作為代替

輻射劑量之污染物，主要皆會因為大氣環境因數之影響，而導致擴散之方向有所變化。亦將污染物繪製成濃度分布圖，與氣象模式之資訊相互搭配展示。

### (三)高斯模式

高斯模式為大氣擴散模式之一，常被用來計算污染物於下風處之濃度，此模式包含三個基本限制：1.穩定均一風速、風向假設；2.模擬之污染物必須為惰性污染物；3.不適用於靜風狀態，若能掌握以上三點，則高斯模式具有相當之可靠性。亦為文獻 ASTM D6589-00 所提到之運用模式，但高斯模式無法包含整個大氣擴散模式，因此需與氣象模式相互搭配，以達到較完整之功能。

AERMOD 模式亦為高斯模式之一，為一個穩態的煙流模式，此模式整合行星邊界層的紊流結構與尺度分析觀念，涵括地表參數與高煙囪污染源，可適用於簡單與複雜地形(空氣品質模式支援中心)。美國環保署利用此一模式，模擬 SF<sub>6</sub> 作為核電廠事故所排放之劑量，其效果較 ISC 模式佳。計算方式如下：

- 1.地表粗糙度：以測站半徑一公里為範圍，依照土地覆蓋特性劃分數個區塊，每個扇形區塊的角度不小於 30 度。各區塊的平均地表粗糙度依照地表覆蓋的變化使用距離倒數

之幾何權重平均方法計算。

2. 鮑溫比：以測站為中心之 10km\*10km 的範圍，依照土地覆蓋特性劃分數個區域，然後以簡單非權重(與方向及距離無關)幾何平均方法計算全區的平均值。

3. 反照率：以「鮑溫比」所定義之範圍，依照土地覆蓋特性劃分數個區塊，然後以簡單非權重(與方向及距離無關)算數平均法計算全區之平均值。

### 三、 驗證規範介紹

美國環保署設有管制用大氣模式支援中心，以提供模式建立與應用之需。模式數據誤差之標準，目前美國田納西州政府的 benchmark 所制定之計算必須經過標準化(參考 Emery et al., 2001)，其標準為 Normalized Mean Bias : 15%、Normalized Mean Error: 35%。其中亦利用「大氣擴散模式統計評估標準指引 (Standard Guide for Statistical Evaluation of Atmospheric Dispersion Models, ASTM D6589-00)」這份文獻之規範加強結果驗證。

美國加州州政府的 benchmark 則以另外的規範進行計算，其中針對風向、風速及溫度有下列之標準(參考 California Air Resources Board, 2007)

氣象變數	規範代稱	Benchmark
風速	RMSE: MB:	$\leq 2 \text{ m/s}$ $\leq \pm 0.5 \text{ m/s}$
風向	MAGE MB	$\leq 30 \text{ deg}$ $\leq \pm 10 \text{ deg}$
溫度	MAGE MB	$\leq 2 \text{ }^\circ\text{K}$ $\leq \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{K}$

依據以上所蒐集之模式驗證方式，將模式驗證所需之計算公式條列如下：

網格模式模擬驗證結果分述如下：

1. 偏差(ME)：

$$\text{MB} = \frac{1}{ND} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D (P_i - O_l)$$

2. 絕對值偏差(MAGE)：

$$\text{MAGE} = \frac{1}{ND} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D |P_i - O_l|$$

3. 均方根誤差(RMSE)：

$$\text{RMSE} = \left[ \frac{1}{ND} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D (P_i - O_l)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

4. 標準化偏差(NMB)

$$\text{NMB} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D (P_i - O_l)}{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D O_l} \times 100\%$$

5. 標準化絕對值偏差(NME)

$$\text{NME} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D |P_i - O_l|}{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^D O_l} \times 100\%$$

其中  $P_i$  代表模式值， $O_i$  代表觀測值， $N$  代表經度格點， $D$  代表緯度格點。

高斯模式模擬驗證驗證結果分述如下：

1. 分數偏差(Fractional bias)

$$\sigma_{\text{FB}}^2 = \overline{(\text{FB}_i - \overline{\text{FB}}_i)^2}, \text{FB} = \sum \frac{2 * (P_i - O_i)}{(P_i + O_i)}$$

2. 絕對偏差(Absolute fractional bias)

$$\sigma_{\text{AFB}}^2 = \overline{(\text{AFB}_i - \overline{\text{AFB}}_i)^2}, \text{AFB} = \sum \frac{2 * |P_i - O_i|}{(P_i + O_i)}$$

3. 均方誤差(Normalized Mean Squared Error)

$$\text{NMSE} = \sum \frac{\overline{(P_i - O_i)^2}}{\overline{P} * \overline{O}}$$

#### 4. Pearson 相關係數

$$m = \frac{N \sum P_i O_i - (\sum P_i)(\sum O_i)}{N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2}, \quad b = \frac{(\sum O_i)(\sum P_i^2) - (\sum P_i O_i)(\sum P_i)}{N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2}$$

$$r = \frac{\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (P_i - \bar{P})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2}}$$

其中  $P_i$  代表模式值， $O_i$  代表監測值

#### 四、模式驗證流程

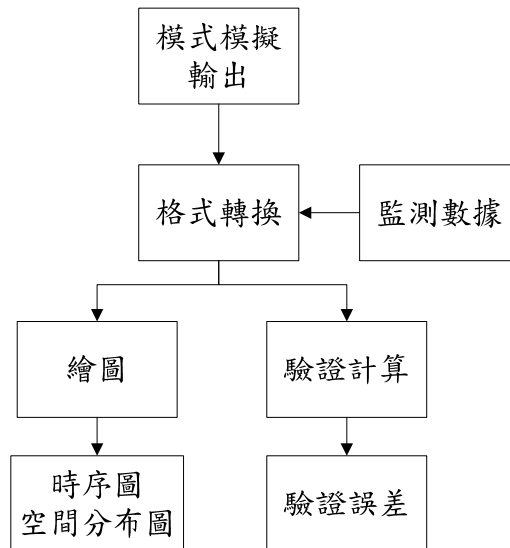


圖 6 模式驗證流程圖

##### (一) 模式模擬輸出

利用氣象模式與空氣品質模式所運跑出之模式模擬資料進行模式驗證，氣象模式所模擬之項目包含壓力、溫度、溼度、風速、風向，空氣品質模式所模擬之項目包含臭氧及懸浮微粒。因模式所模擬出之數據為網格數據，若要與監測數據進行

驗證，需先將網格數據做轉換，才能與監測數據進行驗證計算。

## **(二) 監測數據**

為利用氣象局及環保署之監測站所監測到之資料，氣象模式所使用的監測數據為氣象局測站之監測資料，而空氣品質模式所使用之監測數據為環保署測站之監測資料。原因在於氣象局並無監測臭氧及懸浮微粒此兩種項目，因此利用環保署之監測資料作為空氣品質模式之監測資料。

## **(三) 格式轉換**

因於模式所運跑出來之模擬數據皆為網格數據，因此若要進行驗證計算必須先將網格數據轉換成站點數據，氣象模式之監測數據為氣象局測站所監測之數值，因此氣象模式所模擬出之網格數據需轉換成以氣象局站點為主之站點數據，空氣品質模式則以環保署測站為主，需將網格數據轉換成站點數據。

## **(四) 繪圖**

運用一套具有強大氣象數據分析及繪圖功能之軟體 GrADS，將模式所模擬之網格數據繪製成空間分布圖，如氣象模式之風向場圖、空氣品質模式之濃度圖。及利用轉換為站點數據之模擬數據與監測數據繪製時間序列圖。

## **(五) 驗證計算**

將轉換完格式之模式模擬數據，利用驗證法規中所提到之

驗證公式，與監測站之監測數據進行驗證計算，因此依驗證規範所提到之公式，分別對氣象模式所模擬之壓力、溫度、濕度、風速、風向及空氣品質模式所模擬之臭氧與懸浮微粒進行驗證計算。氣象模式需利用氣象局之監測數據進行驗證計算，而空氣品質模式則利用環保署之監測數據進行驗證計算。

### 五、驗證平台建置

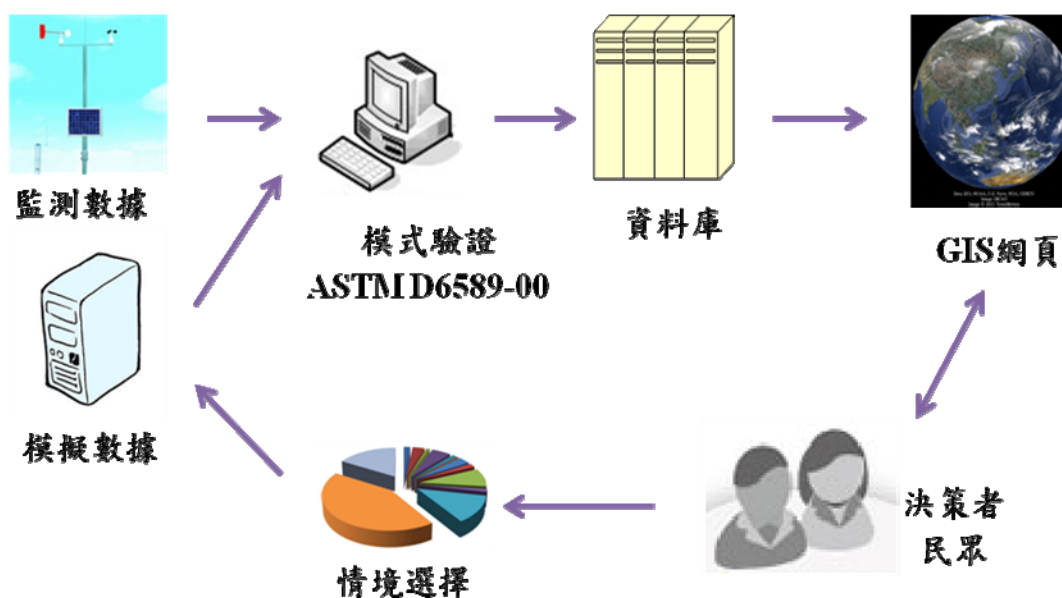


圖 7 模式驗證平台展示架構圖

經由上述章節之建置要點，本計畫將驗證平台設計如上圖 7，將模式模擬數據與氣象局及環保署之監測數據，依美國與台灣環保署之驗證規範及 ASTM D6589-00 之規範進行模式驗證計算，將驗證計算之結果建立成基準資料庫，並利用網頁整合地理資訊系統 Google Earth 展示之方法，將驗證結果呈現。因此決



策者或民眾，便可由網頁介面所設計之功能選擇所要觀看之驗證資訊，決策者亦可模擬不同情境之狀況，藉由平台之驗證功能達到驗證之目的，用以建立多種情境狀況，因此網頁展示之功能需包含即時提供驗證資訊及動態展示驗證結果及整合地理資訊系統展示驗證結果，其設計細節於以下說明介紹。

## **(一)驗證平台展示架構**

### **1. 監測數據及模擬數據**

模擬數據為氣象模式所模擬之壓力、溫度、溼度、風速及風向與空氣品質模式所模擬之臭氧及懸浮微粒之數據；監測數據則為取出氣象局與環保署所監測之數據中與氣象模式及空氣品質模式相互對應之變項數據。

### **2. 模式驗證**

模式驗證即為將模擬數據與監測數據，利用所蒐集到之驗證規範中所提到之驗證方法，對模擬數據及監測數據進行驗證計算及繪圖，並將驗證結果與圖彙整，以供建立成基準資料庫。

### **3. 資料庫建立**

模式所驗證之結果可分為數據與空間分布圖，如誤差值、時序圖、風場圖、濃度圖等等，將之彙整建立成基準資

料庫，以因應於災害發生時，能迅速提供有效之資訊，將驗證之結果建立成資料庫，亦可提供網頁展示之使用。

#### **4. GIS 網頁展示**

將建立好之基準資料庫，利用網頁搭配地理資訊系統 Google Earth 整合展示，將驗證計算之結果設計成動態展示於網頁做呈現，而氣象模式與空氣品質模式所繪製之空間分布資訊則整合 Google Earth 於網頁展示。因此網站將具備驗證功能及動態展示驗證數據與整合地理資訊系統展示空間分布資訊之功能。

#### **5. 決策者及使用者**

決策者與使用者即為政府官員或核研所內部人員，可透過網頁所設計之功能介面選擇所要觀看之驗證結果，網頁所設計之功能便會從資料庫取出已驗證完成之模式結果於網頁上呈現，以供決策者及使用者可觀看及對此一驗證結果進行分析，並作為決策所使用之依據。

#### **6. 情境選擇**

決策者可模擬多種不同之情境狀況，因每個情境狀況之環境資訊皆不一樣，所以必須模擬多種情境狀況並進行驗證，並將各種情境狀況之驗證結果建立於資料庫，以防範核災事故於不同季節發生，一旦核災事故發生後，便可利用事

先建立於資料庫之各種情境狀況模擬進行決策及分析。

## (二)系統架構

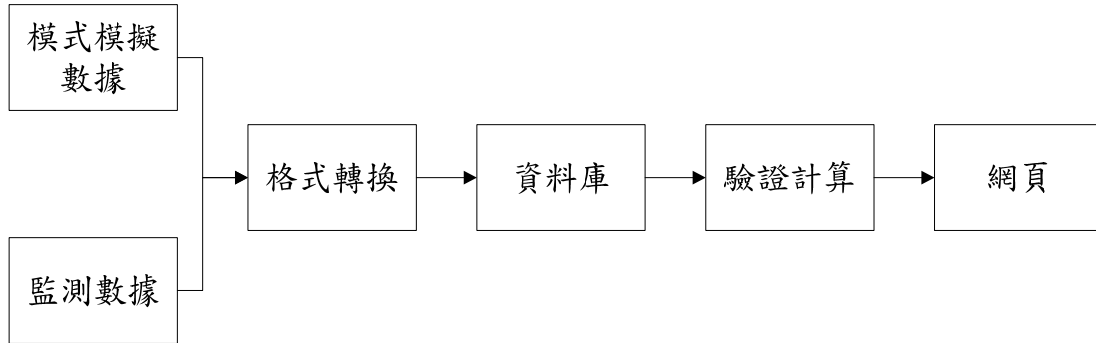


圖 8 平台之系統架構圖

### 1. 模式模擬數據及監測數據

模式模擬數據為代替大氣擴散模式與輻射劑量之 MM5 氣象模式與 CMAQ 空氣品質模式所模擬之數據，其中氣象模式所模擬之變項有壓力、溫度、濕度、風速、風向，而空氣品質模式所模擬之變項為臭氧(O<sub>3</sub>)及懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)。

監測數據則取氣象局 26 監測站所監測之壓力、溫度、濕度、風速、風向數據及環保署 77 個監測站所監測之臭氧(O<sub>3</sub>)及懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)數據與模式模擬之數據做搭配進行後續處理。

### 2. 格式轉換

首先，因要配合監測數據做驗證計算，所以先將模式模擬之網格數據轉換成站點數據，讓模擬數據與監測數據能相互對應。再者，重新將兩筆資料內容格式重新編排，因無法預知使用者所使用之資料內容格式，所以於數據讀進資料

庫前必先經過此一步驟，避免平台計算錯誤，導致驗證結果錯誤。

### 3. 資料庫建立

轉換完格式之模式模擬數據與監測數據建立成資料庫，利用 Java 所撰寫之程式，將分別將模式數據與監測數據讀進 MySQL 資料庫，讀取方式為以每固定時間分別讀取模擬數據與監測數據所放置之路徑及資料夾，並檢查是否有新數據產生，讀取完之數據，則移動至另一新路徑之資料夾放置，並將原路徑之資料中的數據移除，以避免資料重複及遺失。

### 4. 驗證計算

利用 Java 所撰寫之程式，分別將氣象模式與空氣品質模式之模擬數據與監測數據從資料庫取出並加以進行法規中所制定之驗證計算，並將驗證結果之數據藉由 Web 伺服器將數據傳置前端以供網頁進行驗證數據之動態展示及空間分布資訊整合地理資訊系統展示。

### 5. 網頁展示

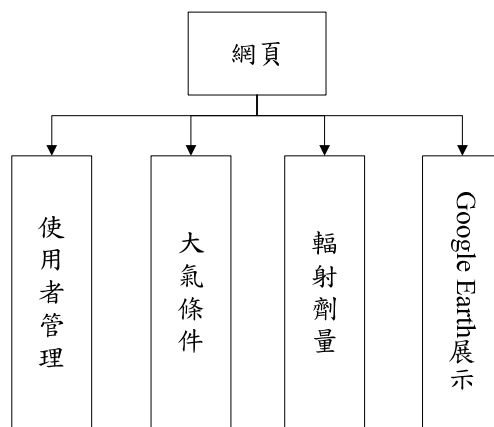


圖 9 網頁資訊展示架構

網頁主要分成四個部分，分別為使用者管理、大氣條件

及輻射劑量及 Google Earth 展示。使用者管理主要為網站管理人員給予使用者使用權限，並不開放直接由使用者申請帳號，以確保資料未被濫用，大氣條件主要為呈現氣象模式所模擬之資訊與氣象局各個監測站之驗證計算結果，包含時序圖、驗證誤差、驗證誤差直方圖，輻射劑量主要為空氣品質模式所模擬之污染物與環保署各監測站之驗證計算結果，亦包含時序圖、驗證誤差、驗證誤差直方圖，此兩部分均利用動態展示方式呈現，Google Earth 則是將氣象模式所模擬之大氣資訊與空氣品質模式所模擬之污染物所繪製之空間分部資訊作整合呈現。

### (三) 資料處理流程

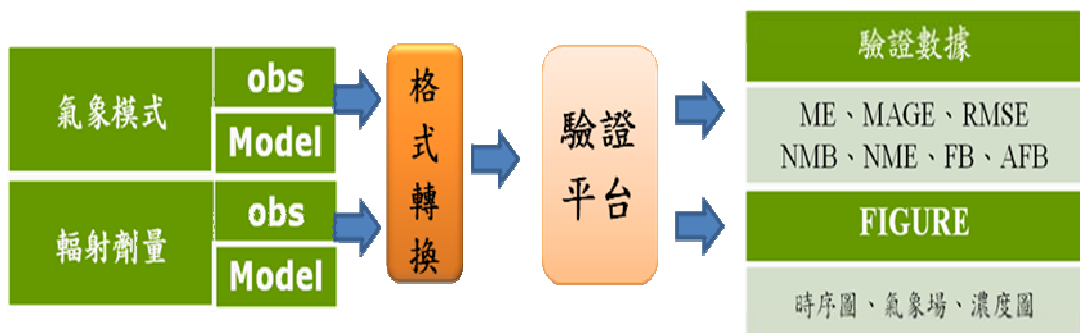


圖 10 平台之資料流程圖

#### 1. 資料測試

因目前原委會尚未有法規制定及固定所使用之模式，所以先利用氣象模式之模擬數據與氣象局之監測數據及空氣品質模式之模擬數據與環保署之監測數據作為驗證平台之測試資料，對驗證平台之設計進行資料處理測試，此一做法之目的主要在於兩個部分，第一部分則是氣象模式與空氣品質模式所模

擬之大氣資訊及污染物與大氣擴散模式及輻射劑量之模擬結果極為類似，第二部分則是目前尚無取得輻射劑量的資料，因此先利用目前所擁有之真實數據幫助平台之建置。

## 2. 格式轉換

將模式模擬數據及監測數據，進行格式內容轉換，因無法預知使用者所使用之資料格式，所以需先將資料之格式內容進行調整，而內容排列順序及包含資訊為測站代碼、年分、時間、測站經緯度及監測項目，並以每小時為單位將測站代碼、年分、時間、測站經緯度及監測項目數據依序排列，並將檔案存成 csv 檔，且提供平台讀取及後續驗證計算所用。氣象模式之監測數據排列為測站代碼、年、月、日、時、分、經度、緯度、壓力值、溫度值、溼度值、風速值、風向值，氣象模式之模擬數據排列為測站代碼、年、月、日、時、分、經度、緯度、第一格點壓力值、第二格點壓力值、第三格點壓力值、第四格點壓力值、平均格點壓力值、第一格點溫度值、第二格點溫度值、第三格點溫度值、第四格點溫度值、平均格點溫度值、第一格點溼度值、第二格點溼度值、第三格點溼度值、第四格點溼度值、平均格點溼度值、第一格點風速值、第二格點風速值、第三格點風速值、第四格點風速值、平均格點風速值、第一格點風向值、第二格點風向值、第三格點風向值、第四格點風向值、平均格點風向值；空氣品質模式之監測數據排列為測站代碼、年、月、日、時、分、經度、緯度、臭氧值、懸浮微粒值，空氣品質模式之模擬數據排列為測站代碼、年、月、日、時、分、經度、緯度、第一格點臭氧值、第二格點臭氧值、第三格點臭

氧值、第四格點臭氧值、平均格點臭氧值、第一格點懸浮微粒值、第二格點懸浮微粒值、第三格點懸浮微粒值、第四格點懸浮微粒值、平均格點懸浮微粒值，如圖 11 為將氣象模式之監測數據依上述之排列說明，重新排列之檔案內容。如圖 12 為將空氣品質模式之監測數據依上述排列之說明，重新排列之檔案內容。

467550	2007	3	1	0	0	120.9517	23.4892	3146.5	0.3	64	4.9	260
467550	2007	3	1	1	0	120.9517	23.4892	3142.2	0.8	66	7.6	270
467550	2007	3	1	2	0	120.9517	23.4892	3137.5	0.7	69	8.2	260
467550	2007	3	1	3	0	120.9517	23.4892	3134.6	0.9	65	7.8	270
467550	2007	3	1	4	0	120.9517	23.4892	3143.5	0.8	66	7.6	260
467550	2007	3	1	5	0	120.9517	23.4892	3150	1.1	67	6.7	270
467550	2007	3	1	6	0	120.9517	23.4892	3153	1.5	68	6.6	280
467550	2007	3	1	7	0	120.9517	23.4892	3155.9	4.1	65	5.6	250
467550	2007	3	1	8	0	120.9517	23.4892	3158.2	6.6	59	1.9	240
467550	2007	3	1	9	0	120.9517	23.4892	3162.2	6.6	60	2.2	250
467550	2007	3	1	10	0	120.9517	23.4892	3160.3	7.9	56	3.5	220
467550	2007	3	1	11	0	120.9517	23.4892	3155.6	7.1	60	3.8	220
467550	2007	3	1	12	0	120.9517	23.4892	3149.8	7.8	62	3.5	220
467550	2007	3	1	13	0	120.9517	23.4892	3146.9	6.6	60	4.8	240
467550	2007	3	1	14	0	120.9517	23.4892	3145.3	5.9	66	4	240
467550	2007	3	1	15	0	120.9517	23.4892	3150.4	2.7	77	6.4	230
467550	2007	3	1	16	0	120.9517	23.4892	3155.7	1.6	80	4.8	270
467550	2007	3	1	17	0	120.9517	23.4892	3158.5	1	77	5	260
467550	2007	3	1	18	0	120.9517	23.4892	3159.8	0.6	79	7	260
467550	2007	3	1	19	0	120.9517	23.4892	3159.1	0.6	80	5.6	280
467550	2007	3	1	20	0	120.9517	23.4892	3156.2	0.4	78	5.4	250
467550	2007	3	1	21	0	120.9517	23.4892	3156.8	0.9	76	6.9	250
467550	2007	3	1	22	0	120.9517	23.4892	3152.6	1	80	5.3	270
467550	2007	3	1	23	0	120.9517	23.4892	3150.1	0.7	80	6.1	240

圖 11 氣象模式之監測數據內容

(資料來源:本計畫)

EPA001	2007	1	1	0	0	23.9251	120.41	7.4	43
EPA001	2007	1	1	1	0	23.9251	120.41	4.4	35
EPA001	2007	1	1	2	0	23.9251	120.41	5	23
EPA001	2007	1	1	3	0	23.9251	120.41	3.9	23
EPA001	2007	1	1	4	0	23.9251	120.41	3.2	29
EPA001	2007	1	1	5	0	23.9251	120.41	4.4	35
EPA001	2007	1	1	6	0	23.9251	120.41	3.6	35
EPA001	2007	1	1	7	0	23.9251	120.41	3.8	46
EPA001	2007	1	1	8	0	23.9251	120.41	8.7	60
EPA001	2007	1	1	9	0	23.9251	120.41	19.6	71
EPA001	2007	1	1	10	0	23.9251	120.41	29.1	79
EPA001	2007	1	1	11	0	23.9251	120.41	36.4	72
EPA001	2007	1	1	12	0	23.9251	120.41	39.1	66
EPA001	2007	1	1	13	0	23.9251	120.41	38.2	56
EPA001	2007	1	1	14	0	23.9251	120.41	41.8	62
EPA001	2007	1	1	15	0	23.9251	120.41	43.7	62
EPA001	2007	1	1	16	0	23.9251	120.41	41.1	68
EPA001	2007	1	1	17	0	23.9251	120.41	39.5	56
EPA001	2007	1	1	18	0	23.9251	120.41	38.8	57
EPA001	2007	1	1	19	0	23.9251	120.41	37.7	47
EPA001	2007	1	1	20	0	23.9251	120.41	34.7	44
EPA001	2007	1	1	21	0	23.9251	120.41	33.2	37

圖 12 空氣品質模式之監測數據內容

(資料來源:本計畫)

### 3. 驗證輸出

將轉換內容格式後之模擬數據與監測數據，進行驗證規範中所制定之驗證計算、並繪製空間分布之資訊，分別輸出氣象模式模擬之數據與氣象局之監測數據之比對時序圖與空氣品質模式模擬之數據與環保署之監測數據之比對時序圖、驗證誤差，並將驗證誤差繪製成驗證誤差直方圖及 Pearson 相關係數，以供分析模擬數據之驗證結果所用，而氣象模式則另外輸出風向場圖，空氣品質模式則輸出濃度分佈圖，主要提供空間分布資訊於 GIS 整合展示所用及分析台灣各地區之環境資訊，如表 1，為平台所輸出之驗證結果圖表統計。並於以下分點敘述各驗證圖表之功用。

表 1 平台之驗證數據圖表統計

模式種類 圖表種類	氣象模式	空氣品質模式
比對時序圖	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
驗證誤差直方圖	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
風向場圖	<input checked="" type="checkbox"/>	
濃度分布圖		<input checked="" type="checkbox"/>
Pearson 相關係數	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



監測數據	☑	☑
模擬數據	☑	☑
驗證誤差數據	☑	☑

### (1) 比對時序圖

將模式模擬數據與監測數據繪製成時序圖，可由時序圖得到一個時間序列內，監測數據與模擬數據之趨勢，並可利用時序圖評估出是否高估或低估模式所輸出之結果，如圖 13，為利用氣象局之監測數據與氣象模式所模擬之數據所繪製的時序圖，紅色時序線為利用 2007 年 1 月之壓力監測數據，藍色時序線為利用 2007 年 1 月之壓力模擬數據。由此便可看出一時間序列中，壓力之監測數據與模擬數據之趨勢。

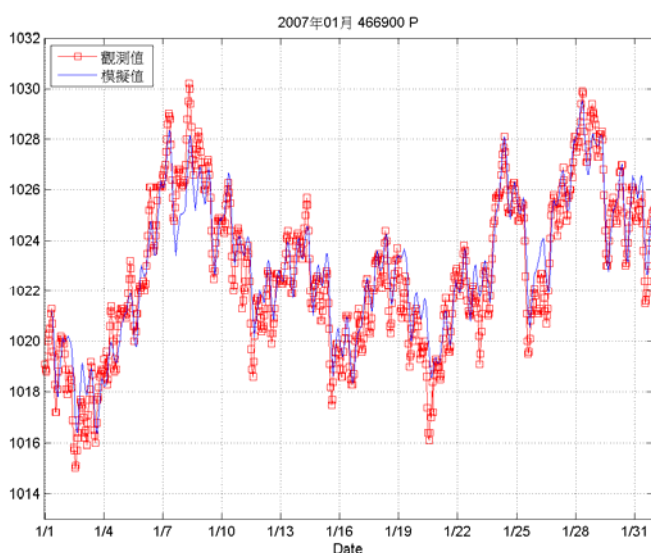


圖 13 比對時序圖

(資料來源:本計畫)

## (2) 驗證誤差直方圖

將模式模擬數據與監測數據依法規所提到之驗證公式，所計算出來的驗證誤差繪製成直方圖，如圖 14，為利用氣象模式所模擬之溼度值與氣象局所監測之溼度值，所計算之標準化偏差驗證誤差值，並繪製成直方圖，圖上 V0 與 V2 分別代表著以同一個模式利用不同參數設定所模擬之結果，再以相同之監測數據進行驗證計算所得。從圖上便可看到每個測站之驗證數據，亦可比較 V0 與 V2 兩個設定所模擬之結果何者較佳。亦可由法規所提供公式規範標準(Normalized Mean Bias  $\leq 15\%$ )，由圖上看出驗證之結果是否有超量。

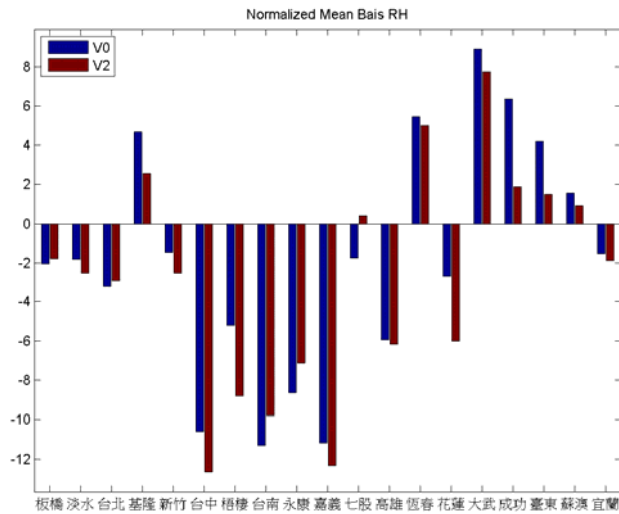


圖 14 驗證誤差直方圖

(資料來源:本計畫)

### (3) 風向場圖

將氣象模式所模擬之風向數據繪製成風場圖，可利用不同之設定，繪製出不同大小範圍之風向場圖，如圖 15 所示，為利用 MM5 氣象模式所模擬之風向所繪製之台灣各地區之風向場圖，可從圖上看出台灣各地區風所吹的方向，亦可利用時間序列的方式作呈現，即可看出一時間序列內台灣各地區風所吹的方向，可整合空氣品質模式所模擬之汙染物濃度所繪製之濃度分佈圖展示，可讓濃度分佈圖所要呈現之資訊更加完整。亦可整合於地理資訊系統上展示，再搭配上核電廠之地理資訊，便可了解核電廠附近區域之大氣資訊。

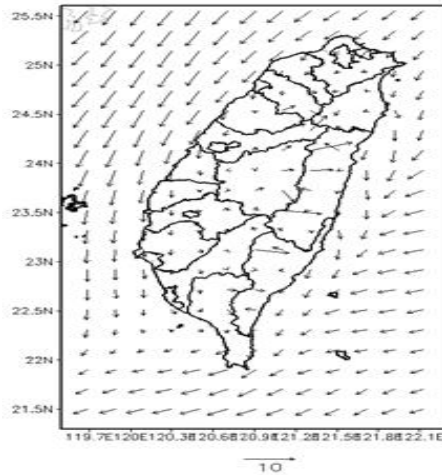


圖 15 風向場圖

(資料來源:本計畫)

#### (4) 濃度分布圖

利用空氣品質模式所模擬之污染物繪製成濃度分布圖，如圖 16，利用 CMAQ 空氣品質模式所模擬之懸浮微粒濃度所繪製之濃度分佈圖，即可由濃度圖分析台灣上空懸浮微粒所分布之狀況，亦可利用時間序列方式分析於一段時間內懸浮微粒濃度分佈之區域及哪些區域的濃度比較嚴重，可整合氣象模式所模擬之風向場圖作呈現，更能分析出台灣哪需區域之濃度比較嚴重，可藉由時間序列呈現之方式看出污染物之濃度往何處擴散。亦可整合於地理資訊系統展示，搭配風向場及核電廠之地理位置，便可了解污染物之濃度及氣象資訊於核電廠附近之狀況。

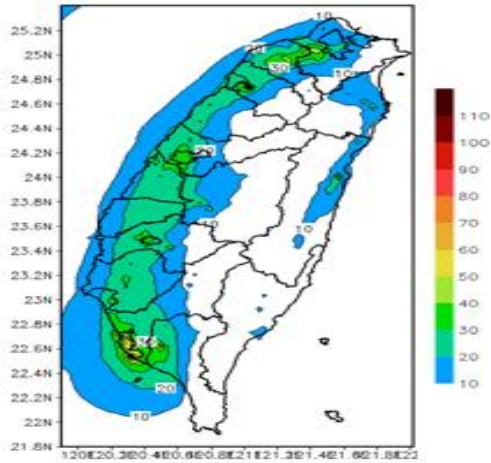


圖 16 PM<sub>10</sub> 濃度分佈圖

(資料來源:本計畫)

### (5) Pearson 相關係數

利用氣象模式及空氣品質模式之模擬數據與氣象局及環保署之監測數據計算 Pearson 相關係數，可藉此公式看出模式模擬資料是否與監測資料接近，意旨模擬結果之好壞，若計算出來之相關係數  $r$  越接近 1，則表示模擬越佳，反之越接近 -1，則表示模擬越差。圖 17 為利用 2007 年 1 月之壓力模擬數據與監測數據所繪製出來之 Pearson 相關係數圖，其利用公式計算出來之相關係數  $r$  為 0.9934，與 1 接近，因此可說明壓力模擬尚優。

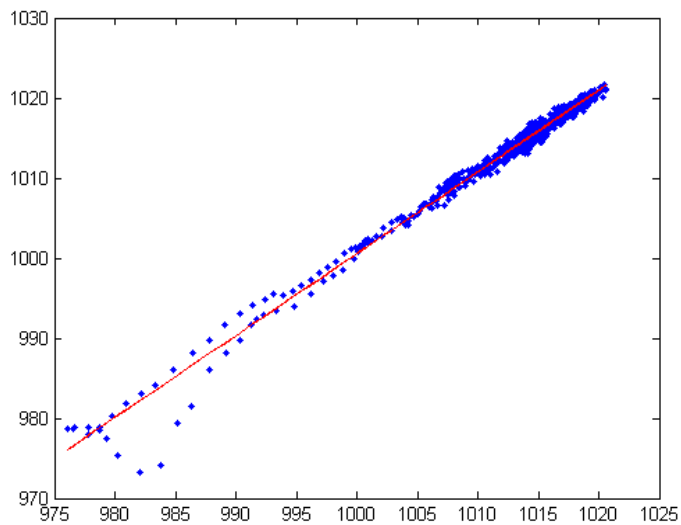


圖 17 Pearson 相關係數圖(壓力)

(資料來源:本計畫)

#### (四)平台建置工具介紹

##### 1. Java

Java 為一種電腦程式設計語言，擁有跨平台、物件導向且具高效能之特性，Java 是屬於半編譯、半直譯之方式執行，所以任一作業系統若有支援 Java virtual machine，Java 所撰寫之程式即可在此作業系統執行。Java 語言與 C++ 語言風格十分類似，亦支援多種資料庫，如 MySQL、NoSQL 等等。亦是常被用來設計網頁之程式設計語言。

##### 2. MySQL

MySQL 資料庫是免費的程式，是由 MYSQLLAB 公司所

開發的資料庫伺服器，可以連結 C、C++、Java、Perl、PHP 語言，且可在許多平台上運作，如：Linux、Windows、Sun Solaris...等。權限的使用也是 MySQL 特別的地方，對不同使用者設定權限，在資料庫中必須依權限的設定才能進去資料表，提高了安全性。MySQL 可以跨越不同作業平台之特性，亦是一大優勢。

### **3. Tomcat 7.0**

Tomcat 為 Apache 軟體基金會所開發之 Web 伺服器，且為 Java 語言所開發，因此可運行在裝有 JVM(Java 虛擬器)之作業系統，Tomcat 7.0 為 open source 且免費、跨平台之 Web 伺服器，也可因不同需求，而做不同搭配。

### **4. Flex**

Flex 是 Adobe 公司所發展用來開發「RIA(Rich Internet Application)」的工具，「RIA」意旨在 Internet 上執行高親和性操作介面的應用程式。Flex 具有豐富之視覺化元件、物件、除錯、編譯及跨平台之特性。

### **5. Drupal**

Drupal 是一個 open source 的網頁設計軟體，以 PHP 語言寫成。Drupal 經常被視為一套網頁內容管理軟體，而不單純作為一般意義上的網頁內容設計之應用。整套平台把所有

內容視為一個「節點」(nodes)，背後由大量「組件」(modules) 控制其顯示、修改、排列、分類等方式。這種設計令 Drupal 不止可以建立普通的部落格網站，只要配合適當組件，控得內容顯示及處理權限的方式，它馬上能變成論壇、Wiki、社區網路。

## 6. Google Earth

Google Earth 是由 Google 公司開發之地理資訊系統，亦是一套模擬地球地理環境、氣象、海洋...等等之軟體，其使用之 KML 語法可將所需要之地理、氣象...等等之環境資訊放置到 Google Earth 上，並可搭配網頁將之嵌入進行展示，是一套易使用、易觀察、易上手的軟體。

KML 語法 (Keyhole Markup Language)，是基於 XML(eXtensible Markup Language)語法標準的一種標記語言採用標記結構。由 Google 旗下的 Keyhole 公司發展並維護。根據 KML 語言編寫的文件則為 KML 文件，格式同樣採用的 XML 文件格式，應用於 Google 相關軟體中，例如 Google Earth，Google Map 等，KML 被用來顯示地理數據包括點、線、面、多邊形,多面體以及模型。

## 7. GrADS

GrADS(Grid Analysis and Display System)提供一個全 32



位的交互操作之氣象格點數據與站點數據的分析與顯示環境。此系統具有強大的氣象數據分析及地圖投影坐標之功能，並具有彩色繪圖功能，是一套國內外相當多氣象研究者所使用之軟體。亦具有相當完整之統計與計算功能。

### (五) 網頁技術

網站是一個發佈資訊的工具，人們可以透過網站來發佈公開的資訊，或者利用網站來提供合法的網路服務，而且必須通過網頁瀏覽器來瀏覽網站，獲取自己需要的資訊或者享受網路服務。一個好的網站必備的重要條件不單只是發佈資訊，網站所具備的外觀、功能、資訊量和安全性，都會直接影響使用者的使用意願。

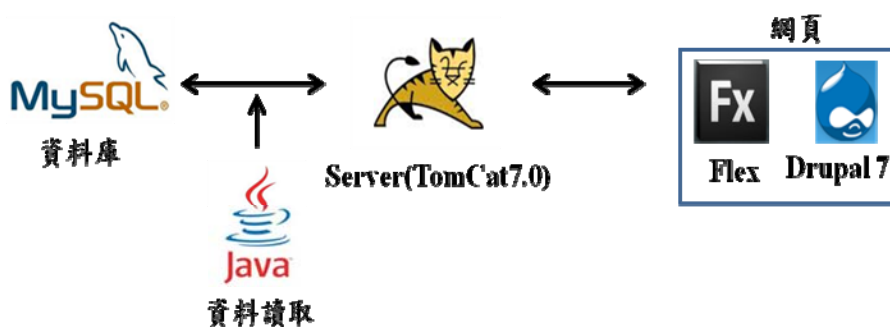


圖 18 網站架設流程圖

本計畫之網站架設所採用之工具從資料庫至網頁展示分別是 MySQL、Java、Tomcat、Flex 和 Drupal，如圖 18 所示。MySQL 是一個開放原始碼的關聯式資料庫管理系統，由於其效能高、成本低、可靠性好，所以選用 MySQL 來當作本計畫的資料庫管理系統(Database Management System)。資料庫

就如同表單一般，經由 Java 讀取資料後儲存到資料表裡，如圖 19，開啟 MySQL 軟體後就可以看到我們所儲存的資料。

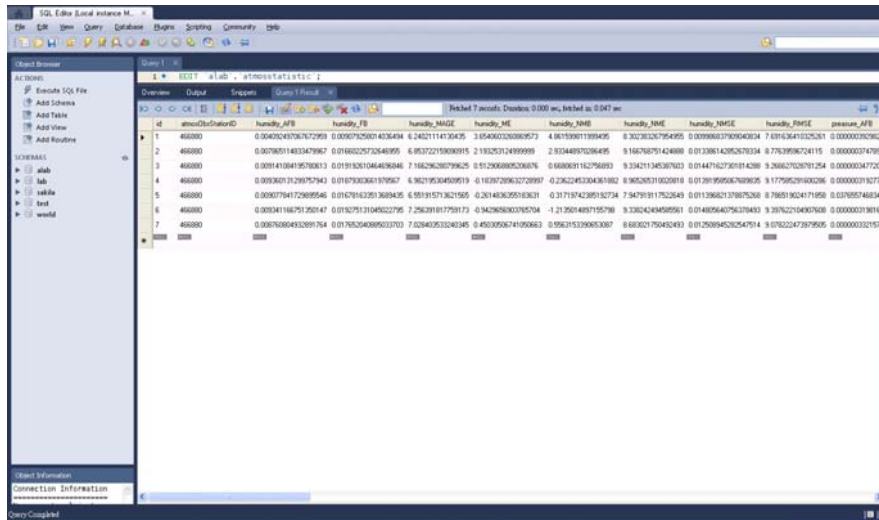


圖 19 MySQL 資料表

(資料來源:本計畫)

資料存取的部分採用 Java，它將物件作為程式的基本單元，以降低程式碼的重複性及檔案大小，本計畫使用 Java 來做資料的存取，透過將資料分類再儲存到資料庫內，往後使用者只要在平台上選擇欲瀏覽的資料後 Java 程式會從資料庫內將資料調出來做計算後呈現在網站上。

網站的伺服器採用的是 Tomcat，Tomcat 支援 Servlet 和 JavaServer Page (JSP) 並內含 HTTP 伺服器的功能，本身就是由 Java 程式所開發出來的，使用 Tomcat 和 Java 做搭配可使其連結的速度提升。

網頁展示的部分使用了 Flex 和 Drupal 做搭配，Flex 適用於各種主要瀏覽器、桌上型電腦和作業系統上，具有豐富的使用者介面之網路應用程式，本計畫採用了 Flex 來製作動態的互動系統，如圖 20，為模擬數據與監測數據，所繪製之時序

圖，將滑鼠移至時序圖的線上後，便會顯示滑鼠所停留位置之模擬數據與監測數據。

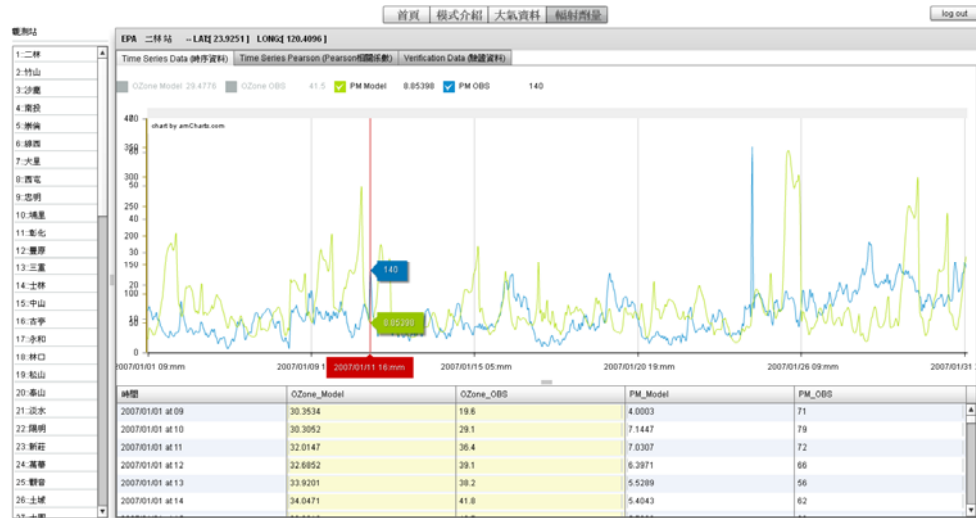


圖 20 動態展示介面

(資料來源:本計畫)

Drupal 是一款 PHP 核心的開放原始碼內容管理系統 (CMS)，使用 MySQL 或者 PostgreSQL 作為數據庫，本計畫用 Drupal 來製作靜態的展示，如圖 21，將畫好的時間序列圖使用 JavaScript 將時序圖放置到網站上讓使用者選擇不同案例、時間及站別做瀏覽，以及將空間分布資訊製作成 Kml 放置到網站上搭配 Google Earth 展示台灣核電廠地理資訊及大氣環境資訊，如風場圖、濃度圖等等。

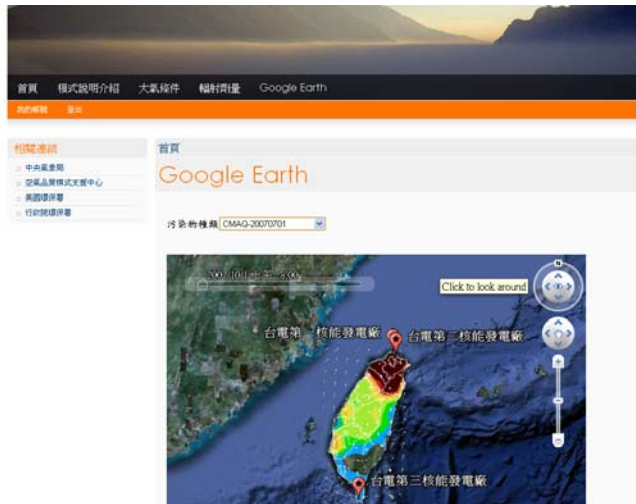


圖 21 靜態展示介面

(資料來源:本計畫)

## (六)網站架構

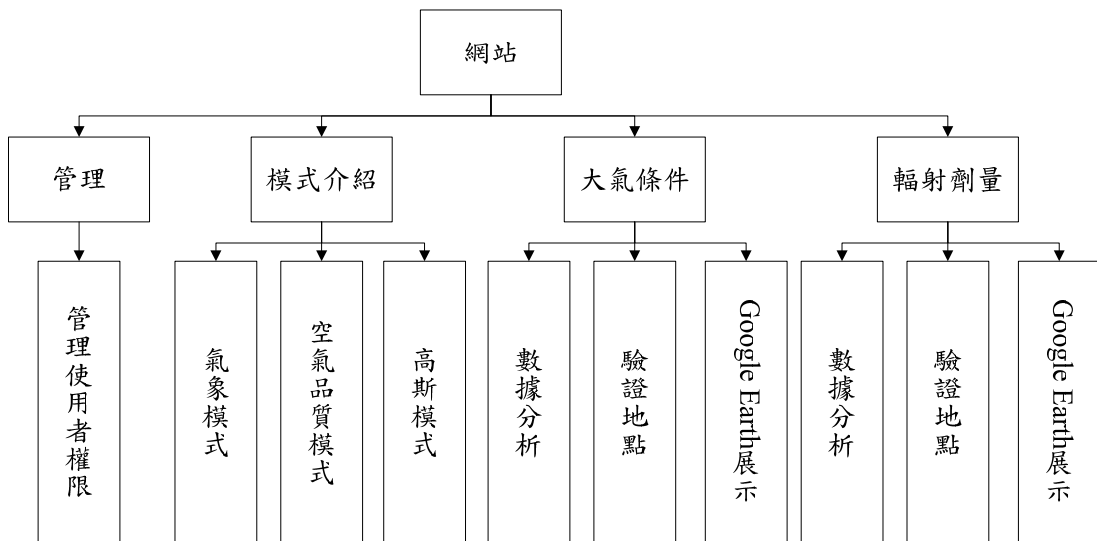


圖 22 網站架構圖

### 1. 管理部分

網站以會員系統區分出會員與遊客，由網站管理者給予使用者使用權限，網站並沒有開放讓使用者自行申請帳號之功能，主要目的包含兩方面，一方面防止網站的資料被濫

用，另一方面則方便管理員作帳號管理。

## 2. 模式介紹

將目前通過模式中心認可之模式及驗證規範做資料統整，並於網頁上做簡單介紹，目前僅放上平台所使用之 MM5 氣象模式與 CMAQ 空氣品質模式及未來欲使用之高斯模式做簡單介紹，如圖 23 所示，利用 Flash 功能將模式介紹設計成電子書方式呈現，可利用滑鼠移至電子書又上方點選進行翻頁，有別以往上拉式與下拉式捲軸之功能呈現。



圖 23 網頁介面(模式介紹)

(資料來源：本計畫)

## 3. 大氣條件、輻射劑量

大氣條件與輻射劑量部分則提供驗證數據分析及驗證地點之資訊，且將氣象模式與空氣品質模式所模擬之空間分布之資訊運用 Google Earth 整合展示。驗證數據分析即為分別將氣象模式之模擬數據與氣象局之監測數據及空氣品質模式之模擬數據與環保署之監測數據，依驗證法規中所提供

之公式所計算出來之驗證結果，此一部分為利用 Adobe 公司所開發之 Flex 作為設計，主要可讓驗證數據呈現動態展示，可讓決策者及使用者藉由 Flex 所提供之設計功能，得知每個時間點之數據資訊，亦可藉由設計之功能自行選擇所要觀看之時間序列及不同的模式模擬變項資料，如下圖 24 所示，為模擬數據與監測數據之時序呈現，可將滑鼠移至時序線上，便會顯示此一時間點之模擬數據與監測數據，亦可選擇不同監測站及勾選不同變項觀看。圖 25，為模擬數據與監測數據之驗證數據呈現，亦可將滑鼠移至驗證直方圖上，便會顯示模擬數據與監測數據所計算之驗證結果，也可選擇觀看不同監測站及不同驗證公式所計算之數值。

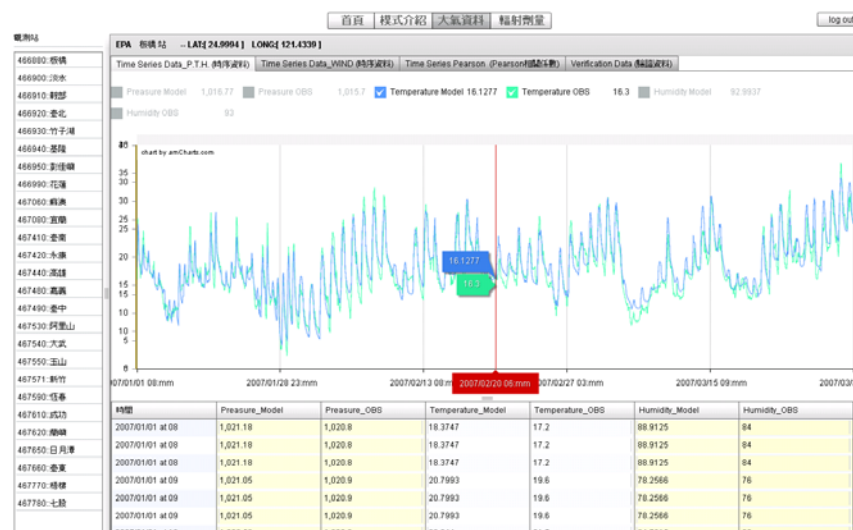


圖 24 網頁介面(時序資料)

(資料來源：本計畫)

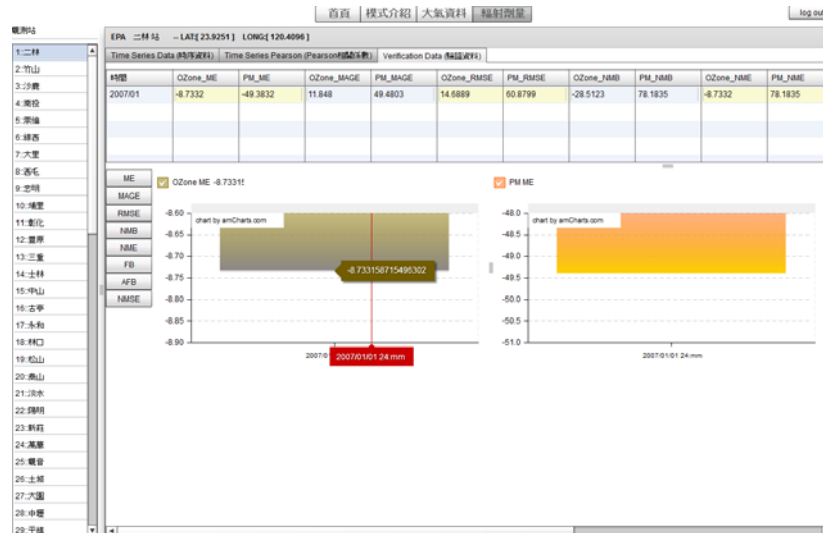


圖 25 網頁介面(驗證資料)

(資料來源：本計畫)

#### 4. Google Earth 展示

Google Earth 展示部分，則是整合台灣核電廠地理資訊及氣象模式所模擬之大氣環境資訊與空氣品質模式所模擬之汙染物，如風場圖、濃度圖等等，相互整合後利用時間序列方式於地理資訊系統 Google Earth 上呈現，亦可由網頁所設計之功能，選擇不同情境案例觀看，不僅提供驗證數據於決策者分析，亦供決策者及使用者空間分布之概念與資訊。讓決策者有更多依據，做出最有利之決策。如圖 26 所示，左邊為利用氣象模式所模擬之風向整合 Google Earth 展示之結果，右邊為利用氣象模式所模擬之風向及空氣品質模式所模擬之懸浮微粒整合 Google Earth 展示之結果。將此兩項資

訊結合，便可藉由風向場之幫助，觀察出污染物可能擴散之方向。

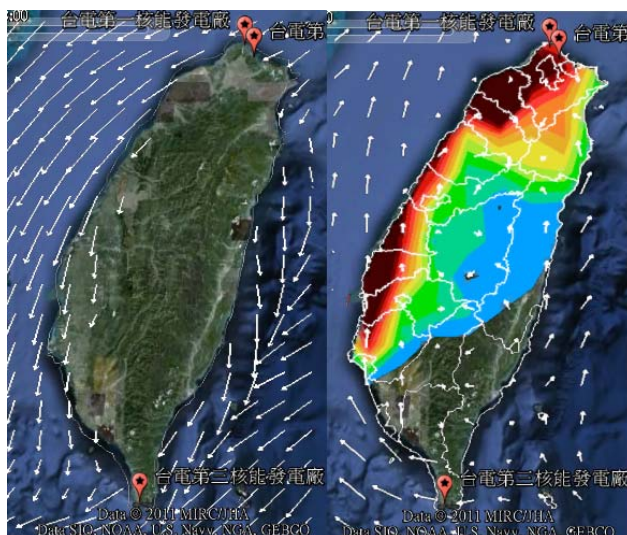


圖 26 Google Earth 整合展示介面

(資料來源：本計畫)

## 參、主要發現與結論

### 一、計畫成果

#### (一)平台具有國內外規範標準

主要驗證之項目有氣象模式所模擬之壓力、溫度、溼度、風速、風向與空氣品質模式所模擬之臭氧與懸浮微粒，如表 2，針對每一個變項進行驗證計算，並可查看驗證之結果是否超出標準，因此平台之驗證規範，應用美國及台灣環保署之驗證規範，以及 ASTM D-6589 之驗證規範，將使得平台之驗證功能有一定的水平。



表 2 模式模擬變項統計表

模式種類	模擬變項	單位
氣象模式	壓力	hPa
	溫度	°C
	溼度	%
	風速	m/s
	風向	deg
空氣品質模式	臭氧	ppb
	懸浮微粒	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

## (二)平台具有驗證模式及展示功能

平台因納入國內外之驗證規範作為驗證計算之標準，因此可利用平台作為驗證模式之輸出是否符合規範標準之工具，例如，決策者利用模式運跑出某一季節之模擬輸出，便可藉由平台之驗證計算功能，讓決策者觀看模擬之輸出是否符合規範標準，如圖 27、28 所示，除展示驗證計算之結果外，可利用平台所計算出來之驗證數據作為評估，亦可得知每一時間點之驗證結果，決策者便可藉此進一步重新修正模式之設定、運跑。

圖 28 為 Pearson 相關係數統計介面，由此可觀察出模式之輸出是否準確，亦可由計算出來之相關係數來判斷，值越接近 1，表示模擬之結果較佳。

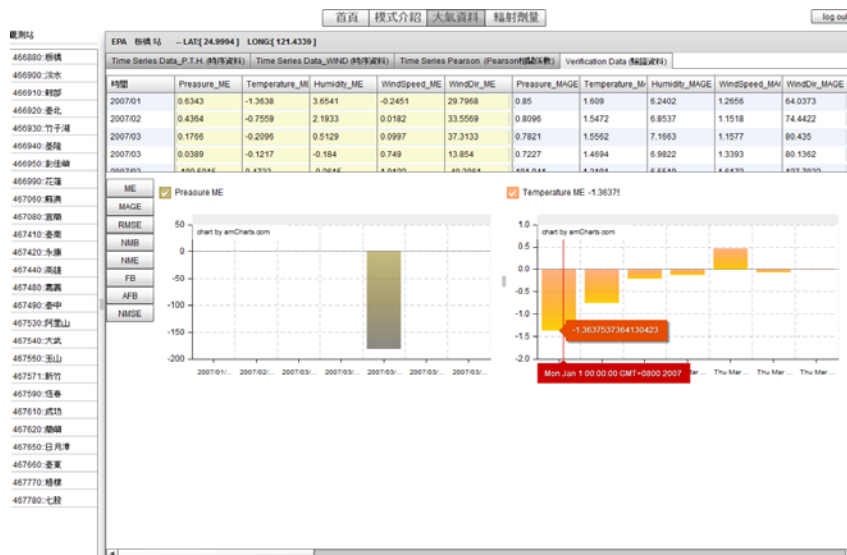


圖 27 驗證誤差統計介面

(資料來源：本計畫)

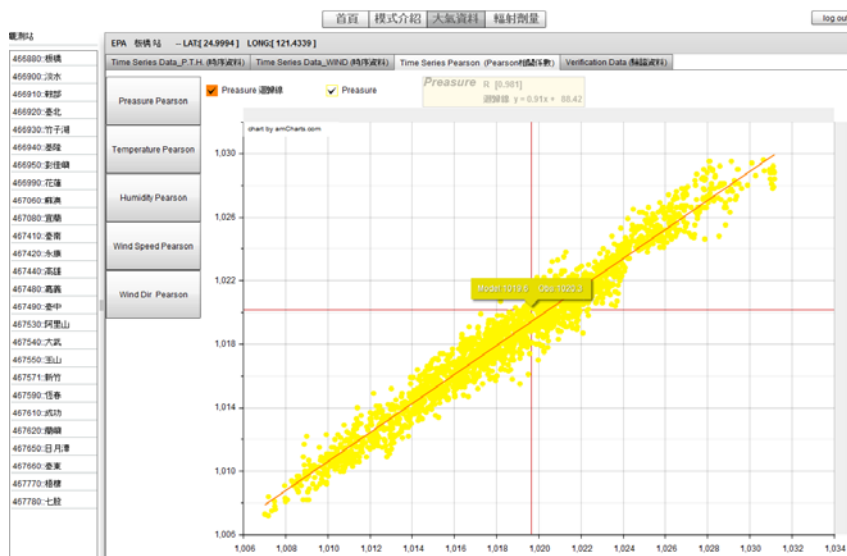


圖 28 Pearson 相關係數統計介面

(資料來源：本計畫)

### (三)平台具有空間分布之資訊

將平台整合地理資訊系統 Google Earth 展示空間分布之資訊，亦將台灣目前三個核電廠之地理資訊標示於 Google Earth 做統整展示。藉此便可看出核電廠與各地區之環境資訊。如圖 29 所示，為利用氣象模式之風向場圖與空氣品質模式之濃度圖整合核電廠之地理資訊於 Google Earth 上之展示。

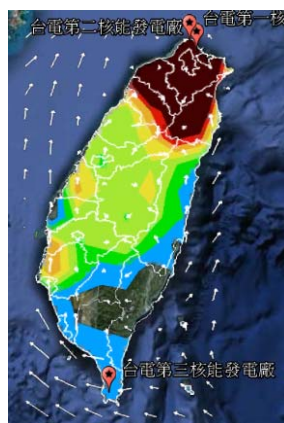


圖 29 Google Earth 統整展示圖

(資料來源：本計畫)

## 二、結論

(一)核災資訊涵括諸多環境資訊，如何進行即時評估，並整合至 GIS 系統展示結果，並於核災事故發生後，可讓決策者能明確執行決策。可避免民眾造成不必要之恐慌，亦可讓決策者所發布之救災行動更加順利，使事故發生時將傷害降至最低，應為目前所要迅速解決之問題。

(二)防核災資訊需要結合多方環境資訊，並對不同情境狀況進行模擬建置，用以防範核災事故於各種情況下發生。且能迅速

提供政府部門於核災事故後之黃金救援時間發部決策及救援，將核事故所帶來之傷害降低，並建立國內發生核災事故時所需之輻射或放射性衝擊之評估工具。

(三)為台灣核能安全建立一個具有情境模擬與即時提供訊息之決策支援系統，因台灣地形面積並不比其他國家大且地形變化相當複雜，因此針對核災風險評估勢必比其他國家更多、更廣及更加謹慎，且台灣核電廠分佈主要在於北部與南部，倘若發生事故，亦有可能全台淪陷。

### 三、未來展望

(一)現今社會由各家公司所發展之行動裝置，廣為大眾所使用，如智慧型手機、i-pad 等等，若能將平台所要傳達之防災資訊，於核事故發生後，將防災資訊如事故發生之時間、地點、環境條件及撤離的方向，藉由行動裝置之幫助，讓民眾在任何地區皆可獲得此一訊息，並可在第一時間內得到最新之資訊，第一時間進行疏散及撤離，應能將事故所帶來之傷害降低，甚至減少救災物資的浪費。

(二)將平台之防災資訊設計成環境教育教材，先利用模式模擬不同情境之狀況，並藉由假設案例之說明，如核三廠於夏季發生事故，藉由模式所建立之情境，輻射劑量會往何處擴散，甚至哪些區域將成為警戒區域，哪些區域為安全區域，皆可透過平台所設計之教材教導民眾，未來當事故發生時，民眾亦可於第一時間自行透過平台所提供之防災訊息做出判斷，再配合政府之決策，以避免於阻礙救援行動之進程。

#### 肆、參考文獻

1. “Meteorological Data Preparation for Demonstration of the Application of ASTM Standard D 6589”，U.S. Environmental Protection Agency Air Quality Modeling Group (Mail Code D243-01) Research Triangle Park, North Carolina 27711，2003。
2. “AERMOD：Latest Features and Evaluation Results”，U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emissions Monitoring and Analysis Division Research Triangle Park, NC 27711，2003
3. “Standard Guide for Statistical Evaluation of Atmospheric Dispersion Model Performance”，ASTM International，2005。
4. Helge Rørdam Olesen，“User’s Guide to the Model Validation Kit”，2005。

5. “空氣品質模式模擬相關法規”，行政院環境保護署編印，2000。
6. 張闊顯，“鄰近國家嚴重核事故之大氣長程輸送對台灣的影響評估”，2003。
7. 張良輝，“空氣品質模式技術及對策支援計畫(二)”，2011
8. 空氣品質支援中心：  
<http://www.aqmc.org.tw/dispPageBox/aqmcHp.aspx?ddsPageID=aqmcHp>
9. Atmospheric Transport and Diffusion Data Archive：  
<http://www.jsirwin.com/index.html>
10. Initiative on "Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes"：  
<http://www.harmo.org/default.asp>
11. 日本輻射劑量監測網站：<http://atmc.jp/>
12. 國際原子能總署：<http://www.iaea.or.at/>
13. CTBTO全球監測網：<http://www.ctbto.org/>
14. 國際輻射防護學會：<http://www.irpa.net/>
15. 世界核能會：<http://www.world-nuclear.org/>