

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

緊急應變劑量評估系統氣象預報技術開發與資料整合服務
Weather forecasting technology development and data integration
services in emergency dose assessment system

計畫編號：NL1050762

受委託機關(構)：財團法人氣象應用推廣基金會

計畫主持人：葉錫圻

聯絡電話：02-27004048

E-mail address：tengjh@rdc.cwb.gov.tw

協同主持人：鄧仁星

研究期程：中華民國 105 年 1 月至 105 年 12 月

研究經費：新臺幣 440 萬元

核研所聯絡人員：蘇淑霞

報告日期：105 年 11 月 30 日

目錄

目錄	1
中文摘要	1
英文摘要	3
壹、計畫緣起與目的	4
貳、研究方法與過程	11
一、研究方法概述	11
(一)A2C t&d/DOSE 模式之基本介紹及劑量評估原理	13
(二) 氣象資料來源與分析方法	20
(三) 射源項評估與回推的方法	26
(四) 氣象觀測資料同化分析方法	32
二、計畫執行內容	44
(一)核子事故劑量評估系統作業運轉維護	44
1.1 作業 24 小時正常運作之軟硬體維護	44
1.2 若氣象上游預報資料升級，進行系統模式輸入格式調整	44
1.3 利用氣象觀測資料，進行年度氣象場預報校驗作業	45
1.4 假想事故電廠每日擴散模擬評估作業	53
1.5 作業系統資訊安全風險管理及支援演習模擬評估作業	56
1.6 新一代劑量評估系統之系統文件說明	56
(二)整合境內外劑量評估系統 _開發核一廠多層巢狀網格動力降尺度氣象預報系統	59
2.1 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統開發與建置	59
2.2 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統案例測試	60
(三) 開發並建立氣象觀測資料同化分析技術_氣象觀測資料自動化接收與氣象觀測資料同化分析技術建立	62
3.1 氣象觀測資料自動化接收流程建置	62
3.2 地面觀測資料品質控制前置處理模組、地面資料引入及同化模組開發	68
(四) 開發並建立外釋射源項回推系統	72
4.1 建立本土化的射源項回推作業程序	72
4.2 射源項回推作業程序案例測試	77

參、主要發現與結論	79
肆、參考文獻	81
附表	82
附圖	95
附件一、核子事故劑量評估系統作業運轉維護年度檢查表	138
附件二、核子事故劑量評估系統_系統文件	138
附件三、核子事故劑量評估系統_標準作業程序書	138
附件四、核子事故劑量評估系統_緊急應變程序書	138
附件五、假想事故電廠每日擴散模擬_每周個案討論簡報	138
附件六、核子事故緊急應變劑量評估系統.pptx	138
附件七、MDAS 引入氣象資料之氣象資料庫圖	138
附件八、GTS 資料之 FGGE 資料格式	138

中文摘要

原子能委員會於「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」中有關緊急應變作業能力檢討及改善方案，強調精進現有應變作業工具包括事故評估系統、劑量評估系統、地理資訊系統（電子地圖）、應變作業平台、輻射資源整合系統（放射性物質使用場所、偵檢儀器數量等），俾即時提供研析評估結果及掌握各項救災資源。

為改進現行境內核子事故劑量評估系統以天氣類型法的氣象資料庫造成的氣象預報的限制(無法滿足較大範圍及天氣變化較劇烈的情況)，利用科技部「國際核災輻射塵影響評估技術研究」計畫中，中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 下之 GSD (Global system division) 合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統(Mesoscale Dynamic Downscaling System, MDDS)，最佳化後應用於境內核子事故緊急應變劑量評估系統中。並開發氣象觀測資料同化分析技術，建立三維氣象資料分析能力，使劑量評估系統可兼具已發生之輻射影響評估；並提升濕沉降之計算評估能力，增強乾濕沉降效應的計算精度與能力，增進劑量評估的效能，以建置涵蓋全臺灣之新一代核子事故緊

急應變劑量評估系統。

另外，並將 104 年建立之射源項回推技術釋射源項回推技術，建立以量測分析資料及高解析度氣象分析資料為基礎的外釋射源項回推能力，並使劑量評估系統可評估已發生的放射性物質外釋結果並同時預測未來影響趨勢。

英文摘要

In order to improve the weather type database method in current domestic nuclear accident dose assessment system, we use mesoscale dynamic downscaling system, which is a real-time analysis system developed for complex terrain area by Central Weather Bureau and National Oceanic and Atmospheric Administration. We will also develop meteorological data assimilation analysis technology to build three-dimensional meteorological analysis data for assessing radiation dose in events that have occurred. In transfer and diffusion part, we will enhance the ability of wet deposition calculation and the precision and efficacy of dry and wet deposition effect.

In addition, based on source term estimation technology developed in 2015, we will establish a source term estimation system by using real-time meteorology analysis data and radiation measurement data. So, this new dose assessment system not only can evaluate the results of the external release of radioactive material has occurred, but also can predict the impact of future trends.

壹、計畫緣起與目的

原子能委員會(簡稱原能會)是核能及輻射安全的主管機關，緊急應變是核安管制的最後一道防線，其目的在保障民眾和環境之安全。

日本福島核子事故後，原能會於「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」中有關緊急應變作業能力檢討及改善方案中，強調精進現有應變作業工具包括事故評估系統、劑量評估系統、地理資訊系統(電子地圖)、應變作業平台、輻射資源整合系統(放射性物質使用場所、偵檢儀器數量等)，俾即時提供研析評估結果及掌握各項救災資源。

而核子事故緊急應變劑量評估系統建置的目的，除在緊急應變期間提供劑量評估結果作為核子事故民眾防護行動之依據與輻射監測中心進行輻射偵測行動的參考外；在平時則可透過假想事故的作業化評估與統計分析，作為諸如輻測偵測站佈站、採樣點及民眾集結點規畫之參考，更可為核子事故緊急應變主管與決策單位對各廠區若發生事故時之影響有較通盤且縝密的了解與掌握。

現有的劑量評估系統的開發，是起於民國 85 年全國核子事故處理委員會作業執行室委託核能研究所與氣象局合作，所共同開發第一代的三維緊急應變劑量評估系統。此套系統利用網路分散處理與

遠端控制技術，由於當時無任何高解析(須達公里級以上)的作業化氣象模式可供進行大氣擴散分析，故以氣象資料庫形式，整合研究用之高解析度氣象三維風場預報模式 HOTMAC(Higher Order Turbulence Model for Atmospheric Circulation)，雲團大氣擴散分析 RAPTAD(Random Puff Transport and Diffusion)，以及環境人員輻射劑量評估等專業科技而成的電腦運算系統。在核電廠發生事故啟動緊急應變動員時，可運用此系統，配合氣象局專家主觀之天氣風場預報資料，進行事故發生後未來 4 天內，電廠輻射物質外釋所造成之即時劑量率與累積劑量評估分析，預先評估事故災害所可能造成電廠周圍之民眾輻射劑量多寡，提供給緊急應變決策者之重要決策資訊參考。

歷經數次核安演習應變測試與實務應用，順利完成各項訓練任務與經驗累積。整合歷屆演習所得之經驗以及專家學者之檢討意見，考量客觀化及人性化，提升緊急應變氣象風場預報之即時性與準確性，乃於民國 92、93 及 94 年由核能研究所與氣象局共同開發第二代的三維緊急應變劑量評估系統，進行為期二年半之「核一、二、三廠近指中心劑量評估系統即時化功能建立」，其中兩年委託氣象局之氣象資料庫更新擴建計畫之計畫目標為：擴建更真實化的氣象資

料庫，並提供緊急應變劑量評估系統即時的廠區附近之氣象參數預報，主要工作包括：廠區附近氣象場預報模式更新（Version 4 升級至 Version 7），氣象模式解析度提高（由原先的 1 公里提升至 250 公尺）、氣象模式所需之地形高度資料全面更新（由原先之 1 公里提升至 100 公尺）、全時氣象特徵參數分析與分類，即時化預報氣象特徵參數輸出及遠端傳輸介面建立，三維氣象場資料庫的運跑及建置等。本系統在氣象風場預報模組之功能上，配合目前更先進的整合網路與大型資料庫存取技術，進行更符合即時預報需求之功能提升，同時進行更詳細的參數切割，建置更全面完整可用的全時風場資料庫（由原先每個廠約 40 組提高至近 900 組）。

目前在氣象局內，於每 12 小時當氣象局全球預報作業系統執行完後，氣象局核能安全緊急應變系統即時氣象資料系統即馬上開始運作，將台灣四個核電廠附近地區的 8 天環境氣象預報資料，利用網路連線，傳輸至原能會及輻射偵測中心核電廠緊急應變系統劑量評估系統之伺服器內，當這些伺服器接收到氣象預報資料後，配合氣象資料庫系統，即時執行風場混合模組，求取未來 8 天每小時的核電廠附近高解析度三維氣象資訊，以供系統在事故發生時評估事故災害所可能造成電廠周圍之民眾輻射劑量多寡。

當事故發生或平常演練時，劑量評估人員可透過本系統建立的網頁式操作介面，透過全自動更新氣象預報資訊，或經由使用者自行調整設定預測風場，經由網路連線遠端高效能之伺服器，進行結合數值地形之三維小尺度大氣擴散模式之分析計算，再將結果計算放射性外釋雲團之網格劑量，同時可經由各項參數之設定，執行可減免劑量結果，與採行防護行動措施建議時間之評估計算，提供三維圖像化與文字介面之輸出結果，以供決策者參考使用。

現行以天氣類型法的氣象資料庫的氣象預報，是以假設計算範圍內氣象條件相同且無雲雨產生的狀態下，以高解析度模式模擬太陽輻射及地形與地表狀態產生的變化為主，故其僅適用於氣團型天氣狀況的小區域範圍。當計算範圍擴大、氣象條件變化較大、範圍內氣象條件差異較大時或範圍內存在雲雨系統時，此方法的適用性則有審慎考量的空間。以此方法應用在日本福島事件初期(3月12日至3月16日)時的結果來看，整體而言(3月15日除外)，在不考慮天氣類型分類的誤差下，現行之劑量評估系統得到的結果因氣象模式(A2Cflow)對海陸風環流的模擬強度較實際為強，導致外釋的放射性物質主要傳輸方向較實際更偏向內地或海上(較偏東西向)，其角度大致差個10度左右。但在3月15日時，當天有一鋒面系統靠近，伴

隨著條狀的降雨系統，在鋒面帶上為氣流輻合區，因為氣流輻合及降雨的影響，外釋的放射性物質很難越過鋒面帶到更西北的地方，但在現行天氣類型法的計算結果，因無考慮氣象條件在範圍內的變化，使得外釋的放射性物質能帶到西北地方並穿越山區到達日本西部海面，就算考量濕沉降的效應，僅僅是在降雨區的沉降量增加，傳輸的方向及形狀並沒有太大的差異。

本計畫之目的主要因應 311 日本福島核電廠事故，原能會檢討國內核電廠緊急應變之作業能力，俾即時提供研析準確的評估結果及掌握各項救災資源。並參酌日本福島民眾防護措施實施之經驗，強化精進劑量評估系統之軟硬體介面整合能力及評估效能，落實核安輻安、民眾心安之目標。

為改進現行境內核子事故劑量評估系統以天氣類型法的氣象資料庫造成的氣象預報的限制(無法滿足較大範圍及天氣變化較劇烈的情況)，利用科技部「國際核災輻射塵影響評估技術研究」計畫中，中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 下之 GSD (Global system division) 合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統(Mesoscale Dynamic Downscaling System, MDDS)，最佳化後應用於境內核子事故緊急應

變劑量評估系統中。並開發氣象觀測資料同化分析技術，建立三維氣象資料分析能力，使劑量評估系統可兼具已發生之輻射影響評估；並提升濕沉降之計算評估能力，增強乾濕沉降效應的計算精度與能力，增進劑量評估的效能，以建置涵蓋全臺灣之新一代核子事故緊急應變劑量評估系統。

另外，將 104 年建立之以日本 JAEA 射源項回推方法為基礎的外釋射源項回推技術，建立以量測分析資料及高解析度氣象分析資料為主的外釋射源項回推能力，並使劑量評估系統可評估已發生的放射性物質外釋結果並同時預測未來影響趨勢。

本計畫擬延伸本所大氣擴散與劑量評估、環境輻射量測，及國家游離輻射標準實驗室之專業研發領域，開發並提升核子事故劑量評估系統的作業能力，以符合核能總體檢的需求，強化應變準備能力。在福島事故後之檢討，國際間均在尋求可於事故期間獲取外釋射源項之方法，而利用環境偵測資料配合大氣擴散模擬回推外釋量與外釋時序，為目前國際間共同之因應對策並致力精進之技術，主要如日本 WSPEEDI，美國 NARAC、RASCAL，歐洲 RODOS、ARGOS，英國 NAME 等劑量評估與決策系統，都投入以偵測資料達成外釋射源項回推之研發議題。

因此本計畫主要預期效益為利用 104 年開發之射源項回推功能，以事故評估系統之模擬結果作為回推初始條件，套用「即時化高解析度之網格氣象觀測/預報資料」，提升外釋射源項回推之準確度與可信度。另外除提升氣象場精確度外，緊急應變時期偵測取樣之標的，關係到外釋射源項回推之良窳，故採用取樣分析與劑量率量測之選擇與對應之回推應用，也將於本計畫建立規範。同時在本計畫執行期間，將積極與上述國際的研究機構，進行技術交流，汲取研發經驗與心得，回饋至國內系統開發參考。

貳、研究方法與過程

一、研究方法概述

圖一為放射性物質釋放至空氣中的行為示意圖，圖二為人體接收輻射雲團的劑量途徑，由兩圖中可了解當核子事故發生時，做為緊急應變的劑量評估系統劑量評估系統須包含的單元或組成有哪些。首先需要知道到底有多少種類及量的放射性物質由事故地點排放至空氣中，以及其排放的情況如何(如排放高度，排放源大小、垂直速度及浮力，排放速率隨時間變化，甚或排放之放射性物質粒子大小分布等等)，此部分主要是透過事故評估系統或經由實際偵測資料的射源項回推方式獲得。

接下來是放射性雲團在空中的傳輸與擴散，傳輸(擴散)部分主要是透過放射性物質所在位置的三維風場(三維亂流場)決定，而風場與亂流場資料來自於隨時間與地點變化的氣象分析或預報資料。故放射性雲團傳輸擴散過程是隨時間而變化的，此過程透過時間的積分得到放射性雲團每個時間的位置及三維的大小。另外若放射性雲團為粒子狀態時，其會受重力的因素向下傳輸，故需知道其下降速度或經由粒子大小分布決定其下降速度，並將此下降速度加入放射性雲團在空中的傳輸與擴散過程中。

另外，放射性物質在雲中或雲下時，會被雨滴捕捉而降至地面沉積，此效應統稱為濕沉降(包含雲中與雲下降水的濕沉降兩項)；而若放射性雲團接近地面時，會因重力沉降至地面，或因亂流或地表粗糙度被地面捕捉，此類沉降統稱為乾沉降效應。在模式中須計算乾濕沉降的量，並將放射性雲團因沉降造成的質量去除，以保持質量的守恆。以上部分大致於大氣擴散模式中計算。

在劑量計算部分，主要計算地表生活的人體接收放射性雲團產生的輻射劑量，如圖二所示，大致分為兩部分，分別為接收體(或人體)處在放射性雲團內及外(內部曝露及外部曝露)。當接收體在放射性雲團外時，其接收的輻射劑量來源有二，一為放射性雲團的體外輻射照射，另一為地表沉積的放射性物質的體外輻射照射。而當接收體在放射性雲團內時，需另加算空氣浸身及呼吸吸入兩效應產生的輻射劑量。在計算輻射劑量時，除需知道由大氣擴散模式提供的放射性雲團的基本資訊(濃度、大小、位置)及地表網格點的沉降量外，尚需知道雲團的放射性物質種類及其個別半衰期與劑量轉換因子等資訊。

以下就分別介紹本計畫中使用的大氣擴散模式與劑量計算原理方法、氣象預報資料來源與分析方法，以及射源項評估與回推的方

法與所需之氣象觀測資料同化分析方法。

(一)A2C t&d/DOSE 模式之基本介紹及劑量評估原理

A2C t&d /DOSE 三維大氣擴散劑量評估系統，是一套利用網路分散處理控制技術，並整合三維大氣擴散分析程式 A2C t&d 與輻射劑量評估程式 DOSE 二支程式而成的應用系統。

A2C t&d/DOSE 系統針對防護行動準則所定義事故早期之時間進行劑量計算，按人員劑量之來源分為空氣浸身、呼吸及地表沉積三種曝露途徑，劑量計算時必須針對不同的放射源核種活度先進行大氣擴散之分析，評估出不同時間之放射性雲團核種濃度，然後依不同曝露途徑評估其造成之人員劑量，再將不同核種造成之劑量相加而得。

其中大氣擴散之分析及評估放射性雲團核種濃度由前述 A2C flow 及 A2C t&d 負責，DOSE 則以 A2C t&d 所預測到地面接受點的核種濃度為出發點，然後依不同曝露途徑評估其造成之人員劑量。

A2C t&d /DOSE 系統之核心架構包括以下二個程式：

- (a) A2C t&d 程式：模擬空氣污染傳送與複雜地形下之擴散。
- (b) DOSE 程式：計算之累積劑量與即時劑量率。

A2C t&d /DOSE 系統的主要應用時機在於：當例行之核安演習訓

練或萬一之核子事故發生，核能電廠產生輻射物質外釋情節，需要評估輻射外釋物質可能造成電廠周圍之民眾輻射劑量時，可應用本系統配合氣象局即時之天氣風場預報資料，進行未來內之即時劑量率與累積劑量評估分析，以提供決策者重要的資訊參考。以下簡略介紹此兩部分程式的原理：在 A2Ct&d (煙流擴散)方面，模式採用 KDE (Kernel Density Estimation) 法，即將連續排放源，切割成無數的物質粒子，各粒子以某一間隔時間釋放出來，經環境風場飄送與擴散，形成許多大小不同的煙陣 (puff)，每一粒子即為一煙陣的中心。模式利用蒙地卡羅統計法 (Monte Carlo Statistical Method) 計算煙陣 (puff) 的傳送。煙陣質點在 Δt 後的位置 $x_i(t+\Delta t)$ 由下式計算：

$$x_i(t+\Delta t) = x_i(t) + U_{pi}\Delta t ,$$

其中 U_{pi} 為質點 x_i 方向的速度，且 $U_{pi} = U_i + u_i$ ， U_i 為平均速度， u_i 為亂流速度。

$$u_i(t+\Delta t) = au_i(t) + b\sigma_{ui}\zeta + \delta_{i3}(1-a)t_{Lx_i} \frac{\partial}{\partial x_i}(\sigma_{ui}^2)$$

其中 $a = \exp(-\Delta t/t_{Lx_i})$ ， $b = (1-a^2)^{0.5}$ 。上述中 ζ 是以一個標準偏差及零平均值之高斯分布的隨機變數。 t_{Lx_i} 是速度 u_i 的拉氏積分時間尺度 (Lagrangian integral time scale)。 σ_{ui} 是速度 u_i 變化的標準偏差， δ_{i3} 是 Dirac delta。 U_i 和 σ_{ui} 是從氣象模式計算而得來。

在煙流濃度中，考慮地表反射下，利用高斯分布去模擬每一煙陣的濃度，則某一空間點的濃度為所有煙陣質點濃度影響的加總，在點 (X, Y, Z) 的濃度可以下式表示：

$$\begin{aligned} \chi(X, Y, Z) = & \frac{Q\Delta t}{(2\pi)^{3/2}} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_{xk} \sigma_{yk} \sigma_{zk}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x_k - X)^2}{\sigma_{xk}^2}\right] \times \\ & \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_k - Y)^2}{\sigma_{yk}^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z_k - Z)^2}{\sigma_{zk}^2}\right] + \right. \\ & \left. \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z_k - Z - 2z_g)^2}{\sigma_{zk}^2}\right] \right\} \end{aligned}$$

其中 (x_k, y_k, z_k) 是 k 質點的位置， σ_{xk} ， σ_{yk} 和 σ_{zk} 是高斯分布的標準偏差，可利用 Yamada and Bunker (1988) 的方法計算。

在 DOSE(劑量計算)方面，主要利用 A2Ct&d 計算出來的煙陣位置與濃度，計算包含呼吸與空氣浸身兩途徑所造成無掩蔽全身劑量率、地表輻射途徑所造成無掩蔽之全身劑量率以及呼吸途徑所造成甲狀腺全身有效等效劑量。

由呼吸途徑所造成全身有效等效劑量是：

$$\begin{aligned} Whole(inh) &= Q \times rCon \times Br \times DCF(inh) \\ &\quad \times \exp[-\lambda t_a] \times \int_0^{t_e} \exp(-\lambda \tau) d\tau \\ &= Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(inh) \\ &\quad \times \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \end{aligned}$$

其中

Q：核種排放率 (Bq/sec)

rCon：大氣擴散係數；為 A2C t&d 計算結果，一般學理上都以 χ/Q 表示。

Br：一般人呼吸率 1.224 m³/hr

DCF (inh)：呼吸途徑全身有效等效劑量轉換因子 (mSv/Bq)

λ ：衰變係數

t_a：從雲團開始排放到時間點 t 之時間間隔 (相當於輻射雲團到達網格 i,j 點的時間)

t_e：暴露時間

則暴露時間內之平均即時劑量率可表為

$$r_{Whole}(inh) = Q \cdot r_{Con} \cdot Br \cdot DCF(sub) \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda \cdot t_e}$$

同理由空氣浸身途徑所造成平均即時劑量率：

$$r_{Whole}(sub) = Q \cdot r_{Con} \cdot DCF(sub) \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda \cdot t_e}$$

DCF (sub) 為空氣浸身途徑全身有效等效劑量轉換因子

DOSE 程式則此兩項合併計算如下

$$rWhole(inhsub) = Q \cdot rCon \cdot [Br \cdot DCF(inh) + DCF(sub)] \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda \cdot t_e}$$

地表輻射途徑所造成無掩蔽之全身劑量率可分為兩部分，(1) 雲團正通過的第 t 段時間內，由當時落塵所造成對當時第 t 段時間的即時劑量率 $rWhole(gnd,t)$ (2) 所殘留第 t 段時間的落塵對爾後某第 t1 段時間所造成即時劑量率 $rWhole(gnd,t1)$ (註 $t1 > t$ ；且此計算與第 t1 段時間有否雲團通過無關)。

(a) $rWhole(gnd,t)$:

已知時間 t 時，核種濃度為 $X_0 = Q \times rCon(p,n,i,j,t) \times \exp[-\lambda t_a]$ 【Bq/m³】，因此假設落塵的地表沉積率為 $V_g X_0$ 【Bq/m²-min】， V_g 為核種落塵速度，則地表輻射沉積量 $F(\tau)$ 【Bq/m²】隨時間變化可以用下式表示：

$$\frac{dF(\tau)}{d\tau} = V_g X_0 \exp[-\lambda \tau] - \lambda F(\tau)$$

左右兩邊各乘上 $\exp(-\lambda \tau)$ ，積分可得

$$\exp(-\lambda \tau) F(\tau) = V_g X_0 \tau$$

$$F(\tau) = V_g X_0 \tau \exp(-\lambda \tau)$$

已知該小時由地表輻射途徑所造成全身有效等效劑量是：

$$\begin{aligned} Whole(gnd,t) &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} F(\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} V_g \cdot X_0 \cdot \tau \cdot \exp(-\lambda \tau) d\tau \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= DCF(gnd) \times V_g \times Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \\
&\quad \times \int_0^{t_e} \tau \cdot \exp(-\lambda \tau) d\tau \\
&= DCF(gnd) \times V_g \times Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \\
&\quad \times \frac{1}{\lambda^2} [1 - (1 + \lambda t_e) \exp(-\lambda t_e)] \\
&= Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \times V_g \\
&\quad \times \frac{1}{\lambda^2} [1 - (1 + \lambda t_e) \exp(-\lambda t_e)] \times DCF(gnd)
\end{aligned}$$

DCF(gnd): 地表輻射途徑全身有效等效劑量轉換因子(mSv·m²/Bq·hr)

則該小時全身有效劑量率 $r^{Whole} = (2-19) \text{式} \div t_e$ (mSv/hr)

$$\begin{aligned}
Whole(gnd, t) &= Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \times V_g \\
&\quad \times \frac{1}{\lambda^2} [1 - (1 + \lambda t_e) \exp(-\lambda t_e)] \times DCF(gnd) \div t_e
\end{aligned}$$

(b) $r^{Whole}(gnd, t_1)$:

首先要求得第 t 段時間所殘留的地表落塵輻射沉積量 $F(\tau)$ 到了爾後某第 t_1 段時間為何?

已知在第 t 段時間地表輻射沉積量

$$F(\tau) = V_g X_0 \tau \exp(-\lambda \tau)$$

故在第 t 段時間結束時

$$F(t) = V_g X_0 t_e \exp(-\lambda t_e)$$

在第 t_1 段時間開始時地表輻射沉積量已衰減成

$$\begin{aligned} & V_g X_0 t_e \exp(-\lambda t_e) \exp(-\lambda(t_1 - 1 - t)t_e) \\ & = V_g X_0 t_e \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \end{aligned}$$

所以 $F(\tau)$ 到了爾後某第 t_1 段時間表示為

$$F(\tau) = V_g X_0 t_e \exp(-\lambda(t_1 - 1 - t)t_e) \exp(-\lambda\tau)$$

已知 t_1 時段該小時由地表輻射徑所造成全身有效等效劑量是：

$$\begin{aligned} Whole(gnd, t_1) &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} F(\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} V_g \cdot X_0 \cdot t_e \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \exp(-\lambda\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \cdot V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \\ &\quad \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \cdot \int_0^{t_e} \exp(-\lambda\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \cdot V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \\ &\quad \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \\ &= V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \\ &\quad \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \cdot DCF(gnd) \end{aligned}$$

則該小時全身有效劑量率可寫為

$$\begin{aligned} rWhole(gnd, t_1) &= V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \\ &\quad \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \cdot DCF(gnd) \end{aligned}$$

呼吸途徑所造成甲狀腺全身有效等效劑量，主要計算呼吸途徑所造成四天內無掩蔽之每小時甲狀腺劑量率。同呼吸途徑所造成全身有效等效劑量的算法，該小時由呼吸途徑所造成甲狀腺全身有效等

效劑量是：

$$\begin{aligned} Thy &= Q \times rCon \times Br \times DCF(thy) \times \exp[-\lambda t_a] \\ &\quad \times \int_0^{t_e} \exp(-\lambda \tau) d\tau \\ &= Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(thy) \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \end{aligned}$$

$DCF(thy)$ ：呼吸途徑甲狀腺有效等效劑量轉換因子（mSv/Bq）

其他參數意義同前。

則該小時甲狀腺劑量率可寫為

$$rThy = Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(thy) \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \div t_e$$

(二) 氣象資料來源與分析方法

有別於過去核一、二、三廠緊急應變劑量評估系統，使用的是由 A2C flow 透過統計的方式所建立的天氣類型資料庫，並藉由 CWB/GFS 在各個核電廠的八天預報資訊，自動挑選使用的天氣類型，並經由時間混和內插，產生供 A2C 擴散模式使用的氣象場資料；在新一代核子事故緊急應變劑量評估系統(系統架構規劃圖如圖三)中，則是建置了一全真化的即時氣象應用資料庫(real-MAD)，將各個不同氣象預報模式的資料，包含美國及氣象局的作業化全球模式預報資料(NCEP/GFS 及 CWB/GFS)、氣象局作業化區域模式(CWB/WRF)的預報資料，以及為緊急應變劑量評估系統開發的不同範圍與解析

度的動力降尺度系統(CWB/MDDS)，每日固定時間進行即時的分析與整合處理過程，使得當發生核電廠事故時，大氣擴散模式可以馬上利用即時(最近時間)的氣象預報資料進行模擬並評估對台灣的影響，爭取在最短的時間內，能夠掌控更好的即時資訊。

目前 NCEP/GFS 與 CWB/GFS 的資料均為每天 4 次預報資料(00,06,12,18UTC)，其水平解析度分別為 0.5 及 0.375 度經緯度(在台灣附近約為 55 及 40 公里)，預報時間長度均取預報準確度較高的前 8 天，每 3 或 6 小時輸出氣象模式預報資料。

目前 CWB/WRF 的資料亦為每天 4 次預報資料，其為一 3 層巢狀網格(水平解析度分別為 45,15,5 公里)，範圍分別涵蓋東亞、東南亞及台灣附近區域(如圖四)，預報時間長度為 84 小時，每小時輸出氣象模式預報資料。

CWB/MDDS 的開發與建置的目的是提供緊急應變劑量評估系統所需的較長時間且較高解析度的氣象預報資訊。目前在新一代核子事故劑量評估系統中，已進行每日 4 次的全臺灣 2.5 公里解析度(範圍如圖四所示)的 CWB/MDDS T2.5 作業化 8 天氣象預報場輸出。在本計畫中將利用 CWB/MDDS 的方法，進行核一二三廠區 1 公里、0.5 公里及 0.25 公里解析度的氣象預報降尺度分析系統建置。

MDDS(mesoscale dynamic downscaling system)為中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署(NOAA)下之 GSD (Global system division) 合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統。降尺度是指利用某些方法由尺度較大的模式結果得到較小尺度的現象。降尺度的方法大致可分為兩類，一類稱為統計法，另一為動力法。統計法是指利用統計的關係(通常為經驗關係)，慎選較大尺度模式結果的參數(或稱之為預報因子)，得到較小尺度的氣象特徵(如 von Storch et al., 1993; Goodess and Palutikof, 1998; Wilby et al., 2004)。而動力法主要是利用較小尺度的模式，以較大尺度模式的結果為其邊界條件，而得到較小尺度的氣象特徵(如 Zagar and Rakovec, 1999; Giorgi et al., 2001; Mearns et al., 2004)，另外亦可廣義的推廣為任何利用物理關係為基礎，由尺度較大的模式結果得到較小尺度的現象。

在地形區的氣象場受地形的影響程度視地表的特性及所要解析的天氣系統尺度而決定。當地形越複雜且天氣系統尺度越小，氣象場受地形的影響越嚴重。在如此複雜的地形影響下，降尺度方法是否考慮地形的效應就決定了其結果的可性度。在複雜地形區的降尺度方法最簡便的即是利用區域數值模式的動力降尺度法，但此方法會面臨所有數值模式的極限，諸如初始場產生的模式調整問題 (spin

up problem)、模式動力及物理參數化問題等等。而在統計降尺度法中，Steincker et al. (2006) 利用其所謂的”fingerprint method”，將地形高度對氣象場的理想分布特性做為其方法的權重函數，可得到複雜地形區內較好的氣象場分佈。但此方法僅適用於單一的純量氣象變數，對向量氣象變數（風場）並不適用，且不同氣象變數間並無任何的物理關係存在。

本方法利用追隨地勢座標下的純控制方程三維變分法，試圖解出在靜態下因複雜地形產生的氣象場變化，且因為此方法利用較完整的中小尺度氣象物理方程式為變分法的控制方程，其所得結果在不同氣象變數間有相當大程度滿足其所使用的控制方程。

考慮僅以動量方程、連續方程、熱力方程及水汽保守方程為控制方程的純三維變分，其價值函數可寫為：

$$J = \iiint (\alpha_1 P_1^2 + \alpha_2 P_2^2 + \alpha_3 P_3^2 + \alpha_4 P_4^2 + \alpha_5 P_5^2 + \alpha_6 P_6^2 + \alpha_7 P_7^2) d\Omega$$

其中 P_n 為各項控制方程，包含三個方向的動量方程(P_1 到 P_3)、連續方程(P_4)、熱力方程(P_5)、水汽保守方程(P_6)及所有氣象變數的平滑懲罰項(P_7)， α_n 為各控制方程項的權重。

$$P_1 = R_d p_{00}^{-\kappa} (\bar{\theta}_v + \theta'_v) (\bar{p} + p')^{\kappa-1} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} + \frac{J_1}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) + \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) - fv$$

$$\begin{aligned}
P_2 &= R_d p_{00}^{-\kappa} (\bar{\theta}_v + \theta'_v) (\bar{p} + p')^{\kappa-1} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} + \frac{J_2}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) + \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial v}{\partial \eta} \right) + fu \\
P_3 &= \frac{R_d p_{00}^{-\kappa} \theta_v p^{\kappa-1}}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} + \left(u \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial x} + v \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial \eta} \right) - \left(u \frac{\partial J_1 u}{\partial x} + v \frac{\partial J_1 u}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_1 u}{\partial \eta} \right) - \\
&\quad \left(u \frac{\partial J_2 v}{\partial x} + v \frac{\partial J_2 v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_2 v}{\partial \eta} \right) - \frac{(\kappa-1)g}{\bar{p}} p' - \frac{g}{\theta'_v} \theta' \\
P_4 &= (1-\kappa)p^{-1} \left(u \frac{\partial p'}{\partial x} + v \frac{\partial p'}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) - \frac{(1-\kappa)p^{-1}g}{R_d \bar{\theta}_v p_{00}^{-\kappa} \bar{p}^{\kappa-1}} (J_3 \dot{\eta} - J_1 u - J_2 v) \\
&\quad + \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \dot{\eta}}{\partial \eta} - \frac{u}{J_3} \frac{\partial J_1}{\partial \eta} - \frac{v}{J_3} \frac{\partial J_2}{\partial \eta} + \frac{\dot{\eta}}{J_3} \frac{\partial J_3}{\partial \eta} \right) \\
P_5 &= u \frac{\partial \theta'_v}{\partial x} + v \frac{\partial \theta'_v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial \theta'_v}{\partial \eta} + \frac{1}{J_3} (J_3 \dot{\eta} - J_1 u - J_2 v) \frac{\partial \bar{\theta}_v}{\partial \eta} \\
P_6 &= u \frac{\partial q'_v}{\partial x} + v \frac{\partial q'_v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial q'_v}{\partial \eta} + \frac{1}{J_3} (J_3 \dot{\eta} - J_1 u - J_2 v) \frac{\partial \bar{q}_v}{\partial \eta}
\end{aligned}$$

其中 u 、 v 、 $\dot{\eta}$ 為三個方向的風速， p 為壓力， θ_v 為虛位溫， q_v 為水汽混合比， J_n 為三個方向之座標轉換因子， $p = \bar{p}(z) + p'$ ， $\theta_v = \bar{\theta}_v(z) + \theta'_v$ ， $q_v = \bar{q}_v(z) + q'_v$ ， $R_d = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 為乾空氣氣體常數， $p_{00} = 10^5$ 帕為參考壓力值， $g = 9.8 \text{ s}^{-2}$ 為重力加速度， $\kappa = 0.287$ 。原各方程中的密度項為減少變數及控制方程的數量，用狀態方程取代。如此並可使每個控制方程有較多的不同氣象變數，增加變分求解時之穩定性。

考慮追隨地勢座標，其垂直座標定義為：

$$\eta = \frac{z_t(z - z_g)}{z_t - z_g}$$

其中 z_g 為地表高度， z_t 為模式頂高度。在此定義下，三個方向的座

標轉換因子可寫為:

$$J_1 = \frac{\eta - z_t}{z_t} \frac{\partial z_g}{\partial x}$$

$$J_2 = \frac{\eta - z_t}{z_t} \frac{\partial z_g}{\partial y}$$

$$J_3 = \frac{\partial z}{\partial \eta} = \frac{z_t - z_g}{z_t}$$

Xie et al. (2010)提出連續變分法進行資料同化分析，利用一個高度非線性的，多尺度解析函數，模擬經常與鋒面或強對流下沖氣流外流相關聯的複雜現象的理想化試驗數據進行連續變分法分析，並與傳統的客觀分析或現行的變分分析進行比較，且測試了遞歸濾波，小波，及多網格方式決定變分法中的誤差協方差矩陣，雖然不同的誤差協方差矩陣方式對連續變分法分析的結果有些細微差異，但每個捕獲的風暴邊界的主要波長由大至小均優於現行變分分析或 Barnes 的客觀分析在相同條件下所得知結果(如圖五)。證實此方法在各種情況下均能提供良好的分析。在此我們也利用此方式進行降尺度的分析，在同一個分析範圍內，先在網格距較大的情況下解上述的價值函數最小值，得到此網距可解析的尺度現象，在以此為下一個較小網格距（其網格距比通常為 1/2）求解的初始值，如此反覆得到最終的最小網距的分析資料。

(三) 射源項評估與回推的方法

關於射源項的取得，分為兩部分，一是利用事故評估系統獲取射源項的預估，可利用此預估結果進行未來 7 天的劑量評估，除可依評估結果作為核子事故緊急應變民眾防護行動依據外，更可提供輻射監測中心進行輻射偵測的參考，提升輻射偵測的效率。另一為利用實際輻射偵測的結果，進行事故電廠放射性物質排放量與時序的回推計算，此部分之目的主要是進行事故的研判與重建，尤其是在事故非屬計畫性排放時(如車諾比事故的人為因素造成的爆炸性排放及福島事故期間第一及第三機組的氫爆事件排放等數意外性的排放)，或事故評估系統無法有效運作或無此能力進行此等事件的排放評估時，可利用此方法所得的排放量與時序執行劑量計算，評估以排放在空氣中的放射性物質的現有及未來的影響，做為緊急情況下的應變行動與輻射偵測參考或依據。

在事故評估系統方面，計畫中除將引用 MAAP4 (Modular Accident Analysis Program Version 4)程式利用新的電廠二階 PRA (Probabilistic Risk Assessment)結果，更新劑量評估系統中建置之各電廠嚴重事故外釋射源項資料。並建立 RASCAL(Radiological

ASsessment for Consequence AnaLysis)程式針對國內各核電廠之相關特性參數，以作為事故期間可快速提供事故外釋射源項之替代工具。並將此系統套接於本計畫的劑量評估系統中，並研究事故評估系統評估外釋射源項之各項參數條件，擬定最適化之參數設定，建立各電廠嚴重事故射源項外釋時序與外釋量資料庫。

Modular Accident Analysis Program (MAAP) 是三哩島事故發生後，在美國電力研究所 (Electric Power Research Institute, EPRI) 的主導下，由 Fauske & Associates, Inc. (FAI) 發展完成的嚴重事故分析程式。經過多年的發展，目前最新程式版本為 MAAP 5.0.3，以下將簡稱為 MAAP 5。MAAP 5 程式是由許多各自獨立，經過簡化的計算模式組合而成的，其主要功能是模擬輕水式反應器發生嚴重事故時的演進過程與各種物理現象，包含了反應器冷卻水系統和圍阻體的反應。在放射性物質的計算方面，MAAP 5 程式中包含 65 個放射性核種，再將化學性質相近的核種合併，分成 12 個群組(Group)。MAAP 5 程式在計算分裂產物從燃料釋出，經由反應器冷卻水系統傳遞，釋放到圍阻體等各種現象，都是以群組為單位。

RASCAL(Radiological Assessment System for Consequence AnaLysis)程式由美國核管會所發展，已有超過 25 年歷史，目前

最新版本為 2014 年發布之 4.3.1 版。該程式是用來針對持核管會執照之核設施一旦發生放射性緊急事故時，進行預測劑量評估。

RASCAL 計算

核電廠事故射源項的方法主要是基於 NUREG-1228 報告所描述方式(Source Term Estimation During Incident Response to Severe Nuclear Power Plant Accident)。程式考慮核電廠一般參數、爐心與冷卻水中放射性核種盤存量、發生護套破損與爐心熔損時序和相關釋放比率、利用圍阻體輻射監測到的射源項、利用冷卻水取樣所評估射源項、外釋路徑模式與抑低機制等模式，用來評估意外事故外釋射源項，應為一保守可行之工具與程序。

在射源項回推方面，主要採用由日本原子力研究開發機構(JAEA)的 Terada、Chino、Nagai.,等學者群合作研究後，於 2012 年發表的文章: Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part1: Source term estimation and local-scale atmospheric dispersion in early phase of the accident 提出的方法。當時因觀測資料種類繁多，但在時間上並不連續及完整，所以將福島核災事件從 2011 年 3 月 12 至 15 日分為 13 個時段進行回推，並根據不同狀況使用不同的觀測資料及方法去估算釋放率，一共使用了三

種估算法，分段說明如下：

方法一：沿用(Chino et al., 2011)方法為回推射源項之理論基礎，方法之概念是將觀測資料當成參考值，取模式計算出來的結果相互比對後，去估算出釋放率。方法一選用的觀測資料為採樣式的觀測資料(dust sampling data)。釋放率是觀測點上量測到的核種濃度(M_i)與 WSPEEDI 模式計算出來之濃度(C_i)之比值，如下式：

$$Q_i = M_i / C_i$$

其中， Q_i 是某核種之釋放率(Bq/hr)， M_i 是觀測之核種濃度(Bq/m^3)， C_i ：稀釋因子(hr/m^3)，相當於模式在單位釋放率設定為 $1 Bq/hr$ 下模擬出的核種濃度。

方法二：方法二的原理與方法一類似，差異在於觀測資料，方法二是採用自計式的資料(monitored data)，自計式的觀測資料的特性為資料分布範圍較採樣式資料來得廣。釋放率由觀測資料之空氣劑量率(air dose data)和模擬之空氣劑量率，兩者以空間分布圖繪製比對後，取距離釋放源最相近之觀測點作為參考值，如圖六橘色圓圈處，將模擬的空氣劑量率乘上一轉換因子，使得觀測及模擬的空氣劑量率是相近的，即可得轉換因子(C)，得到的轉換因子即是釋放率。

$$\frac{airdose^O}{airdose^M} = \frac{C}{1}$$

其中， $airdose^M$ 為模式在單位釋放率(設定為 1 Bq/hr)下模擬出的空氣劑量率(mSv/hr)， $airdose^O$ 為量測之空氣劑量率(mSv/hr)， C 為轉換因子，即為所求的釋放率(Bq/hr)。

方法三:此方法的使用時機是因為在 3/13 23:00 至 3/14 11:00 的時段內找不到鄰近釋放源的觀測資料，且當日風向主要為東南風，因此採用距離較遠(下風處)之西北向之單一站點資料來回推釋放率。釋放率(Q)由高斯煙羽模式(Gaussian plume model)搭配觀測之空氣劑量率推估而得，此方法需要額外的資訊，諸如風速(U)、大氣穩定度(σ_y ， σ_z)、釋放高度(H)、下風處距釋放點的距離($x,y,0$)、輻射物內主要的核種及核種之間的比例等。表為：

$$\chi(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

另外，本計畫中亦將參考其他國家對核電廠發生事故所做的回推釋放源方法研究。如美國 NCAR(National Center for Atmosphere Research)應用研究實驗室之 G. Cervone et al.在 2014 年發表的文章: Source Term Estimation for the 2011 Fukushima Nuclear Accident 提到的方法，主要是利用觀測濃度和模擬濃度誤差最小化來辨認出釋放率的變化。首先設定一個釋放率的假設

值為常數 q ，對應到一連串 N 個離散的 $Q_n, n=1\dots N$ ，如圖七，而 Q_n 的大小可由 q 乘上一純量 ω_n ，所以重建釋放源的目標就是得到一向量 $W = \{\omega_1 \dots \omega_N\}$ 。藉由最小化各個觀測點觀測到的放射性物質及由大氣擴散模式的模擬值的誤差，來得到一隨機優化的向量 W 。

如果是在每個觀測位置 $x = (x, y, z)$ 和每個釋放時間 t 的放射性物質濃度總和可寫成

$$C(x, t) = \sum_{n=1}^N c_n(x, t)$$

其中， c_n 為每段釋放期間每個觀測位置和時間模擬得到的濃度值。

為找出未知的釋放率 Q_n ，首先，在整個空間中定義出 M 個離散的觀測站，以及共有 K 個樣本時間 t ，然後將 N 個釋放量都是 q 的釋放源在大氣擴散模式進行模擬，其中每段釋放都得到一個濃度 ε_{nmk} ，其中 $n=1\dots N, m=1\dots M, k=1\dots K$ ，也就是說，是在第 n 個釋放期間在測站 m 的時間 k 得到的濃度值。若是由真實的釋放量 Q_n 產生的濃度則可表示如下：

$$c_{nmk} = \omega_n \varepsilon_{nmk}$$

其中 ω_n 則是未知向量 W 中的一個，而濃度相對應到真實的釋放率 Q_n 則可表示如下：

$$C_{mk} = \sum_{n=1}^N c_{nmk} = \sum_{n=1}^N \omega_n \varepsilon_{nmk}$$

並且假設濃度和釋放率之間是線性關係：

$$Q_n = \omega_n q$$

未知的 ω_n 則可透過最小化在位置 m 時間 k 的模擬濃度 C_{mk} 和觀測濃度 C_{mk}^o 之間的平均平方差來得到：

$$\Delta = \frac{1}{M + K} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (C_{mk} - C_{mk}^o)^2$$

求解此價值函數 Δ 即可得到 ω_n 。

(四) 氣象觀測資料同化分析方法

當進行射源項回推時，需要先知道已排放的放射性物質在空氣中傳輸與擴散的主要推動力量，即放射性物質所在的氣象資料的空間及時間分布，以便讓劑量評估模式使用。由於氣象觀測資料的空間與時間解析度差距甚大。如陸地上有密度較高的地面觀測資料，但海面上的觀測資料較少；空中的觀測資料(探空資料)空間及時間密度(約數百公里即 6-12 小時)很疏。擁有較高空間與時間解析度的雷達或衛星資料均非一般氣象變數(如回波強度、竟像速度、衛星反射率資料等)。如何由這些難得的氣象觀測資料，獲取足夠且滿足劑量評估模式所需的高解析度四維氣象資訊，是本計畫中之氣象觀測資料同化分析的主要目的。

由於現代的作業數值天氣預報模式使用更一般性的氣象流體物理原始方程，為避免天氣預報模式因初始氣象分析場未能滿足模式的物理導致大振幅的虛假重力波被模式激發出來，從而影響整個預報場的準確度。因此必須對由氣象觀測資料分析得到的初始場做初始化或平衡的手續。而從氣象觀測資料收集到初始化的過程稱為氣象觀測資料同化。此為一循環的過程，並可分為 4 個部分：(曾忠一，氣象資料同化)

(a) 氣象觀測資料品質控制。

(b) 客觀分析，主要為空間內插。

(c) 初始化，又稱為平衡。

(d) 進行短時間的預報，以作為下次客觀分析的首次猜測場 (initial guess) 之用。

在氣象觀測資料品質控制方面，主要是處理氣象觀測資料的重大誤差。氣象資料的誤差可分為自然誤差和重大誤差，自然誤差包括儀器誤差和代表性誤差，代表性誤差和存在於大氣中卻不能被觀測網偵測的小尺度氣象擾動有關；重大誤差主要是因為人為因素、不當的儀器校準和電信傳送等所造成。在進行資料同化時，自然誤差可以妥善處理，而重大誤差才是需要檢驗出來並加以訂正或捨棄的

對象。

一般來說，品質控制主要有兩種方法，即統計校驗和連續校驗，統計校驗是指氣象變數的值有一定範圍，如果不再這範圍內，就可認定這個資料有錯而捨棄不用；連續校驗是指利用空間或時間的連續性檢驗資料的正確性，將某測站資料和周圍測站或前後時間資料互相比較，若相差太大則此測站此時的資料可能有錯。

客觀分析方面，主要是將不規則分布的測站點資料，進行空間的內插置規則網格點上，並可在內插過程中，利用數學的方式進行濾波的動作，將氣象資料裡面的小於網格可解析尺度的擾動去除。更可利用簡單的平衡條件(如靜力平衡)進行各種氣象變數間的平衡，維持氣象場間的內在一致。在此過程中通常需要模式的預報場或氣候場資料當作客觀分析的背景值。

在初始化方面，主要是因為一般的客觀分析方法所得的氣象分析資料，各氣象場之間並無法滿足數值預報模式所使用的物理方程，其原因有很大一部分是因為客觀分析中使用的背景資料的正確性及觀測資料密度的極度不均勻所致。若直接利用客觀分析場作為數值預報模式的初始場時，很有可能會馬上激發虛假的大幅度重力波產生而導致預報結果的錯誤。

在 1950 年代 Sasaki 利用變分學提出變分最佳分析的理論基礎，此方法能將動力的、數學的甚至經驗的約束條件納入最佳化過程中，以便維持氣象場的內在一致。並於 1969 年級 1970 年共 4 篇文章指出此方法的特點、約束條件的功能以及濾波器的特性，從而奠定變分最佳分析的理論基礎和應用在氣象資料分析的可行性。並自 1980 年代開始急劇發展，諸如變分初始化、變分正模初始化、變分資料同化、雷達與衛星資料變分反演等，目前仍在氣象資料分析及初始化上扮演最主流與主要的角色。

變分學主要討論如何求出一個泛函的極值。所謂泛函就是一個或多個函數的函數。例如平面或球面上兩點的距離依賴於通過這兩點的曲線，因此這個距離就是泛函，它的大小取決於這條曲線的形狀，而變分學就是找出此泛函極值(最小值)的曲線，極最短距離的曲線。

假如這個函數求極值問題屬於最小二乘問題，例如求出一個最佳的分析場，既按某個準確度和背景值、觀測值充分接近，又滿足大氣所應有的動力或其他約束條件的問題，即稱為變分資料同化。其泛函 J (或稱為價值函數) 可寫為：

$$J(x) = \frac{1}{2} x^T B^{-1} x + \frac{1}{2} (H_x - y)^T R^{-1} (H_x - y) + J_c$$

其中 x 為氣象變數(如風場、溫度、壓力、水氣場等)相對於背景值的

增量矩陣， y 為觀測變數(可與氣象變數相同或不同) 相對於背景值的增量矩陣， H_x 為理論或經驗上觀測變數與氣象變數的關係函數， B 及 R 分別為背景場及觀測場的誤差協方差矩陣， J_c 為其他動力或經驗統計等約束條件。

複雜地形上的氣流分析在核一、二、三場劑量評估系統的氣象應用中非常重要。一般來說，現有的風資訊來自各種不同的觀測系統，這些觀測系統各有不同的觀測誤差和分辨率。此外地形也限制了它們的代表性，需使用追隨地勢座標且對大氣邊界層內的風速垂直分布做若干假設。基於此，系統中所使用的變分資料同化中之動力約束條件採追隨地勢座標的複雜非靜力原始方程(與 MDDS 相同)。並在此動力約束條件加上邊界層的影響，而邊界層的計算分為兩部分，一為地面層，另一為行星邊界層。

地面層根據 Monin and Obukhov(1954)建議，在水平均勻的地面層其平均流和紊流的垂直變化只和由量測摩擦風速 u_* 所得的地面動量通量、浮力通量 B_0 、高度 z (限制了垂直的渦流高度，和其攜帶紊流通量)有關。因此我們可以假定穩定參數為 $\zeta = z/L$ ，獲得動量通量、熱量通量、水汽通量的無維度穩定函數，其表示如下：

$$\frac{kz}{u_*} \frac{\partial u}{\partial z} = \phi_m \left(\frac{z}{L} \right); \quad \frac{kz}{\theta_*} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \phi_h \left(\frac{z}{L} \right); \quad \frac{kz}{q_*} \frac{\partial q}{\partial z} = \phi_h \left(\frac{z}{L} \right)$$

其中 k 是馮卡曼常數， u 是在地面層高度 z 的風場， θ 為位溫，

θ_* , q_* 為溫度尺度、水氣尺度， L 是 Obukhov 長度，其公式如下：

$$L = -\frac{u_*^3 \theta}{kg(w'\theta')_0} = \frac{u_*^2 \theta}{kg\theta_*}$$

其中 $\overline{(w'\theta')_0}$ 為地面層熱動量通量， g 為重力加速度。

Deardorff (1968) 對動量穩定函數提供了一種較常用的通式

解，Businger et al. (1971) 利用 kansa 觀測資料歸納出關係式如下：

$$\phi_m = \begin{cases} (1 - \gamma_1 \zeta)^{-1/4} & \text{in the unstable case, } \zeta < 0 \\ 1 + \beta \zeta & \text{in the stable case, } \zeta > 0 \end{cases}$$

$$\phi_h = \begin{cases} \text{Pr}_{tN} (1 - \gamma_2 \zeta)^{-1/2} & \text{in the unstable case, } \zeta < 0 \\ \text{Pr}_{tN} + \beta \zeta & \text{in the stable case, } \zeta > 0 \end{cases}$$

Dyre (1967, 1974) 由 Hay 及 Gurley (均位於新南威爾斯州) 觀測資料

建議 $\text{Pr}_{tN} = 1$ 、 $\beta = 5$ 、 $\gamma_1 = \gamma_2 = 16$ ， Pr_{tN} 為普朗克常數。

假定地面層的高度為模式最底層的高度，將動量、熱量、水汽穩定

函數對 z 積分並整理成對 ζ 的函式，其中水汽穩定函式依照 Carlson

and Boland (1978) 假定於地面層內存在一摩擦次層，其高度從地表到

z_1 (z_1 在地上為 0.01 公尺，在水上為 z_0)，再依據 Grell et al. (1994) 修正

水汽項：

$$u_a = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} - \int_0^\zeta [1 - \phi_m(\zeta)] \frac{d\zeta}{\zeta} \right) \right] = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right) - \psi_m \right]$$

$$\theta_a - \theta_g = \frac{\theta_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} - \int_0^\zeta [1 - \phi_h(\zeta)] \frac{d\zeta}{\zeta} \right) \right] = \frac{\theta_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right) - \psi_m \right]$$

$$q_a - q_g = \frac{q_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} - \int_0^\zeta [1 - \phi_h(\zeta)] \frac{d\zeta}{\zeta} \right) \right] = \frac{q_*}{k} \left[\ln \left(\frac{kz_a u_*}{K_a} + \frac{z_a}{z_l} \right) - \psi_h \right]$$

z_a 為模式最底層的高度， u_a 、 θ_a 、 q_a 為在 z_a 時的風速、位溫、水汽混和比， θ_g 、 q_g 則為地表的值， z_0 為地表粗糙長度，為 $K_a = 2.4 \times 10^{-5} m^2 s^{-1}$ 為背景擴散係數， ψ_m 、 ψ_h 為積分後的相似函數。

Businger(1973)首先根據觀測提出自由對流中紊流會造成水平風場的波動及垂直風切，而建立自由對流速度尺度的概念，Godfrey and Beljaars(1991)和 Beljaars (1995)將此明確建立在水平風場的修正項 (βw_*)；Mahrt and Sun(1995)針對在大尺度流場微弱下，次網格內中尺度的熱量通量和水汽通量極為重要而對風場提出了修正項 (u_{sg})。其風場修正如下：

$$u_a^2 = u_a'^2 + \alpha w_*^2 + u_{sg}^2$$

$$w_* = \frac{g}{T_0} h \overline{(w'\theta'_v)_0}$$

$$u_{sg} = 0.32 \times \left(\max \left(\frac{dx}{5000} \right) - 1, 0 \right)^{0.33}$$

$\alpha = 1$ ， w_* 為自由對流速度尺度， T_0 為地表溫度， h 為邊界層高度， dx 為網格尺度。相似函數依照 Blackadar (1976,1979)高階析度邊界層模式及 Zhang and Anthes(1982)，以穩定度分為四個區域，穩定度則由

Bulk Richardson Number 來決定：

第一區： $Ri_b \geq 0.2$ ，穩定，如夜間穩定無紊流。

$$\psi_m = \psi_h = -10 \ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right)$$

第二區： $0 < Ri_b < 0.2$ ，Damped mechanical turbulence

$$\psi_m = \psi_h = \frac{-5Ri_b}{1.1 - 5Ri_b} \ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right)$$

$$\frac{z_a}{L} = \frac{Ri_b}{1 - 5Ri_b} \ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right) \quad \frac{z_a}{L} \leq 0.5$$

$$\frac{z_a}{L} = \left[1.89 \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) + 44.2 \right] Ri_b^2 + \left[1.18 \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - 1.37 \right] Ri_b \quad \frac{z_a}{L} > 0.5$$

第三區： $Ri_b = 0$ ，強迫對流。

$$\psi_m = \psi_h = 0$$

第四區： $Ri_b < 0$ ，自由對流。

$$\psi_m = 2 \ln \left(\frac{1+x}{2} \right) + \ln \left(\frac{1+x^2}{2} \right) + 2 \tan^{-1} x + \frac{\pi}{2}$$

$$\psi_h = 2 \ln \left(\frac{1+x^2}{2} \right)$$

其中

$$x = (1 - \gamma_1 \zeta)^{\frac{1}{4}} = \phi_m^{-1}$$

$$\text{Bulk Richardson Number } Ri_b = \frac{g}{\theta_a} z_a \frac{\theta_{va} - \theta_{vg}}{u_a^2}$$

θ_{va} 為在 z_a 高度的虛位溫。因為 u_* 、 θ_* 、 L 需要遞迴去求解，而 z_a/L 為

Ri_b 的函數，為了節省計算時間，假定 z_a/L 在第一、三、四區的初始值為 $Ri_b \ln(z_a/z_0)$ 。

遞迴解出 u_* 、 θ_* 、 L 後則可以依照下面關係求出地面層的動量通量、熱動量通量、水汽通量：

$$\overline{(u'_a w')_0} = -u_*^2$$

$$\overline{(w' \theta')_0} = -u_* \theta_*$$

$$\overline{(w' q')_0} = -u_* q_*$$

$$\overline{(u'_a w')_0} = -u_*^2$$

$$\overline{(w' \theta'_v)_0} = \overline{(w' \theta')_0} + 0.61 \theta_a \overline{(w' q')_0}$$

行星邊界層主要根據 Hong and Pan(1996)所開發並於 Medium-Range Forecast (MRF)模式中使用的行星邊界層參數化模組，再依據 Hong and Noh(2006)來修正。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_c \left(\frac{\partial C}{\partial z} - \gamma_c \right) \right]$$

其中 $C: u, v, \theta, q$ ， K_c 為紊流擴散係數， λ_c 為 Toren and Mahrt(1986)提出 Nonlocal-K 近似所增加的垂直梯度修正項（反梯度），因為大尺度紊流對整個邊界層的影響有反梯度的效果。根據 Toren and Mahrt(1986)，Holtslag et al.(1990)，Holtslag and Boville(1993)，動量

擴散係數 K_{zm} :

$$K_m = kw_s z \left(1 - \frac{z}{h}\right)^p$$

$$w_s = u_* \phi_m^{-1}$$

其中 $p=2$ 為擴散係數垂直形狀的指數， w_s 為混和層速度尺度。反梯

度 γ_c 為：

$$\gamma_c = b \frac{\overline{(w'c')}_0}{w_s h} \quad c \text{ only for } \theta, q$$

$b=7.8$ ， $\overline{(w'c')}_0$ 為地面層的熱動量通量和水氣通量。為了使邊界層底

和地面層頂的通量一至，將 $z=0.1h$ 代入穩定函數：

$$\phi_m = \begin{cases} \left(1 - 16 \frac{0.1h}{L}\right)^{\frac{1}{4}} & \text{for neutral and unstable, } \overline{(w'\theta'_v)}_0 \leq 0 \\ 1 + 5 \frac{0.1h}{L} & \text{for stable, } \overline{(w'\theta'_v)}_0 > 0 \end{cases}$$

$$\phi_h = \begin{cases} \left(1 - 16 \frac{0.1h}{L}\right)^{\frac{1}{2}} & \text{for neutral and unstable, } \overline{(w'\theta'_v)}_0 \leq 0 \\ 1 + 5 \frac{0.1h}{L} & \text{for stable, } \overline{(w'\theta'_v)}_0 > 0 \end{cases}$$

邊界層的高度 h 由 Ri_b 推導而來：

$$h = Ri_{b-cr} \frac{\theta_{va} |U(h)|^2}{g(\theta_v(h) - \theta_s)}$$

$$\theta_s = \theta_{va} + \theta_{vT}$$

$$\theta_{vT} = \frac{b \overline{(w'\theta'_v)}_0}{w_s}$$

$Ri_{b-cr} = 0.5$ 為 Ri_b 的臨界值， $U(h)$ 和 $\theta_v(h)$ 為在邊界層的風速和虛位溫， θ_s 為邊界層底的虛位溫， θ_{vT} 為虛位溫在邊界層底逸入的值，其值不大於 $3^\circ K$ 。因此為了求出 K_m ，先假定 $\theta_s = \theta_{va}$ ，以各模式層求出 Ri_b 內差出邊界層高度 h ，再依序代回 ϕ_m 、 w_s 、 θ_{vT} ，將 θ_{vT} 帶入 θ_s 求出修正後的 θ_s 、 h 、 ϕ_m 、 w_s ，最後求出 K_m 。 K_h 則由普朗克常數推導：

$$P_r = \left(\frac{\phi_h}{\phi_m} + bk \frac{0.1h}{h} \right) = \frac{K_m}{K_h}$$

在邊界層之上使用 Louis(1979)的 Local-K 近似來計算 K_m 、 K_h ：

$$K_{m,h} = l^2 \cdot f_{m,h}(Ri_g) \cdot \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)$$

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{kz} + \frac{1}{\lambda_0}$$

l 是混和長度， $\lambda_0 = 150$ 公尺為漸近長度尺度， $f_{m,h}(Ri_g)$ 為 gradient

Richardson number 的函數，依照穩定度分：

$$Ri_g = \frac{g}{\theta} \frac{\frac{\partial \theta_v}{\partial z}}{\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2}$$

不穩定 ($Ri_g < 0$)：

$$f_m(Ri_g) = 1 - \frac{8Ri_g}{1 + 1.746\sqrt{-Ri_g}}$$

$$f_h(Ri_g) = 1 - \frac{8Ri_g}{1 + 1.286\sqrt{-Ri_g}}$$

中性或穩定 ($Ri_g \geq 0$)

$$f_h(Ri_g) = \frac{1}{(1 + 5Ri_g)^2}$$

在中性和穩定的情形下， K_m 由 $P_r = 1.0 + 2.1Ri_g = K_m/K_h$ 來計算。

二、計畫執行內容

(一)核子事故劑量評估系統作業運轉維護

1.1 作業 24 小時正常運作之軟硬體維護

藉由 1.4 節假想事故電廠每日模擬，進行檢視，確保系統 24 小時運作正常，若有異常，在最短的時間內進行故障排除。如附件一：核子事故劑量評估系統作業運轉維護年度檢查表，可了解在網路連線、資料產出、繪圖產出這三大部分，各自的狀態分布，其狀態分為：正常、事後修復及無法修復，其狀態發生的比例。105 年在網路連線部分屬正常的情況佔 94~96%，事後修復佔 4~6%，無法修復為 0%；資料產出部分屬正常的情況佔 97~100%，事後修復佔 0~3%，無法修復為 0%；繪圖產出部分屬正常的情況佔 95%，事後修復佔 5%，無法修復為 0%。

1.2 若氣象上游預報資料升級，進行系統模式輸入格式調整

105 年度上游氣象預報資料並無異動，因此系統方面不需進行輸入格式的調整。

1.3 利用氣象觀測資料，進行年度氣象場預報校驗作業

本研究利用此中央氣象局每日分別在 8 時和 20 時(0000UTC 和 1200UTC)共發布兩筆全球預報模式資料，共預報 192 小時，每隔六小時輸出預報變數一次，利用此預報產品，將 CWB GFS 模式各廠區共三十二筆之八天預報值當作為預報場，和模式預報起始時間為實際環境分析場相互比較，以評估 CWB GFS 模式預報結果之表現。由於劑量評估系統中氣象部分考量作業的時效性，而採取不同天氣型態的氣象資料庫方法，資料庫中各種不同案例是以不同環境(或上游)之情境之下，利用 A2C flow 模式模擬出受到海陸、地形及太陽與地表輻射等交互作用下高解析度三維氣象資訊。

本系統在實際挑選資料作業時，是利用全球預報模式在離廠區最近，且不受地形影響的海面上資料當做其環境值，而每一個全球預報作業的初始時間(1 天 2 次，分別為早上 8 點及晚上 8 點 0000UTC 和 1200UTC)當為全球預報模式場，在利用所有觀測資訊透過先進資料同化方法得到的最終分析場。故此時的環境值稱為模式環境分析值。而由於全球預報模式每 12 小時執行 1 次 8 天的預報，故環境分析場每 12 小時才有 1 筆資料。

本研究資料分析期間從 2015 年 1 月至 2015 年 12 月年間，分別針對核一、二、三和四進行分析與討論，分析之預報變數主要為風速(0、2、5、8m/s)、風向(0-360°)兩主要氣象變數:

1. 挑選核一、二廠 2013 年整年模式預報場與環境分析場分別繪製之時間序列圖。
2. 分別計算四個核電廠 2013 年間 CWB GFS 8 天預報場與環境分析場之統計，利用平均絕對誤差與平均誤差標準差來做比較。

利用統計資料分析結果可用來評估 CWB GFS 預報模式在各核電廠區對風速、風向預報之可信度、準確性、和可用性，並了解模式預報資料對實際大氣風速、風向變化之掌握能力。

1.3.1 模式環境分析廠與 8 天預報場封象、風速之時間序列圖

台灣位於歐亞大陸東南側以及太平洋之西側，地處溫、熱帶之氣候過度區，特殊地理位置使台灣夏季常受到西南季風、梅雨鋒面、局部地區午後熱對流及颱風之強降水影響，產生不少突發性的氣候災害，冬季則主要受到大陸冷高壓之東北季風所影響。因此以正常情況來說，在台灣一整年度天氣系統預報上，夏季受到較多突發性天氣災害影響，大氣容易處在較不穩定的環境下，外加上台灣地形

為一個多山且複雜的島嶼，其中平均高度 2 公里的中央山脈縱貫台灣全島，在四面環海與山坡等複雜情況下，較容易引發由海陸與地形差異加熱不均的局部環流生成(如海陸風、斜坡風與山谷風等)，其瞬間或幾小時內風速、風向與地表溫度變化較大，易增加氣象局天氣預報的困難度和不準確性，使預報能力和精確度大幅降低，導致可預報時間尺度縮短，一般來說夏季以三天之內的氣象預報結果較具參考性。台灣冬季部分則與夏季情況相反，冬季受到大陸冷高壓所影響，大尺度環流呈現穩定且持續的東北風，大氣狀態相對夏季而言較為穩定，風向、風速和溫度變化較小，其氣象作業上之天氣預報能力較準確，可預報時間尺度較長，中長期天氣預報(五天以上)仍然有一定之可信程度。

在核一廠風速的部分(圖 1.3.1~1.3.2)，由各個月分的風速時序變化，可知不論是環境分析場或模式預報場，大多落在 5m/s 的分類，在夏秋之際(6~9 月)才有多一些屬於 2m/s 的分類，其他 0m/s 和 8m/s 都極少出現。風向的各月份時序變化(圖 1.3.3~ 1.3.4)則可分為秋冬季節和春夏季節來看，在秋冬季節(1~2、9~12 月)，環境分析場大約都是在 0~135 度之間，為北風系和東風系，模式預報場的落點(□)分布大致符合環境分析場落點(×)分布，預報誤差較小，而春夏之間，風

向變化較大，漸漸轉變為西風系及南風系的風向，此時的預報誤差較秋冬季節來的大些。

在核一廠東南方大約 20 公里的核二廠，在風速(圖 1.3.5~1.3.6)上的表現與核一廠非常相似，環境分析場與模式預報場的風速分類，大多落在 5m/s 的風速大小。風向之各月份時序變化(圖 1.3.7~1.3.8)，在秋冬季節時，風向變化較小，大約在 0~135 度之間，其中 10 月份的風向變化更小，大約在 0~90 度之間，風速也幾乎都是 5m/s，為穩定的東北季風，且秋冬季的預報場誤差較小，在春夏季，風向的分布範圍較廣，但相較於秋冬季，存在較多的南風系和西風系的風向，較不穩定的風向下，風向的預報誤差也較大。

在墾丁的核三廠(圖 1.3.9~1.3.12)，其環境分析場在風速上的分類也大多落在 5m/s，與核一、核二廠相似，且預報誤差也不大。但在風向的部分，與位在台灣北部的核一、核二廠就有些差異了，自 10 月份開始至 12 月，以及年初的 1~2 月，其風向都較核一核二廠來的集中，大致都落在 45~90 度之間，相較於其他月份而言，這幾個月份的預報誤差較小，自四月下旬到五月上旬，核三廠的風向分布較廣，五月下旬開始，東風系的分量少了許多，環境分析場的風向多落在 225~270 度的範圍，以西風系風向為主，直到六月下旬開始，

南風系的風向增加，接著 7~9 月份的風向變化較大，預報的誤差也比較明顯。

龍門電廠(核四廠，圖 1.3.13~1.3.16)，其風速的分類與其他三個電廠都相似，大多都是 5m/s 的分類，而風向的部分與相同位在台灣北部的核一、核二電廠類似，在秋冬季節的風向分布較為集中，且預報誤差較小，春夏季節的風向分布則較為廣泛，預報誤差較大。

1.3.2 模式環境分析場與 8 天預報場風向、風速之校驗統計與分析

針對校驗風速和風向兩變數，採用三種統計分析指標：平均誤差 (mean error)、平均絕對誤差 (mean absolute error) 和平均誤差標準差 (mean standard deviation)，以進一步定量分析 CWB GFS 預報模式之預報能力。此三種統計分析指標如下；

$$\text{平均誤差：} \quad \left(\sum_{i=1}^n x_f - x_r \right) / n$$

$$\text{平均絕對誤差：} \quad \left(\sum_{i=1}^n |x_f - x_r| \right) / n$$

$$\text{平均誤差標準差：} \quad \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left((x_f - x_r) - \overline{(x_f - x_r)} \right)^2}$$

其中 x_f 為預報場、 x_r 為環境分析場、 n 為資料個數。

由平均誤差和平均絕對誤差可代表模式預報結果與實際環境場之差距，若誤差越小，則代表模式預報場與環境分析場越相近，亦

即模式具有相當高之預報能力，對此有較高之可預報度。若誤差擴大或很大，則代表模式預報值與環境分析值差距較大，預報能力低。而平均誤差標準差則提供其誤差分散度資訊，若標準差較大，則預報誤差差異分布較大，亦即模式對環境場具有不確定性的預報結果；若較小的標準差，則反映模式無法掌握環境場之變化，並對此環境場不具預報能力。

圖 1.3.17 和圖 1.3.18 分別為核一、二、三和四廠區 12-192 小時之風速、風向平均絕對誤差序列圖，圖 3.1.3-19 和圖 3.1.3-20 則分別為各廠區風速、風向之平均誤差標準差序列圖，圖中色階實線為每 12 小時遞增之預報場資料，因此共有 16 條(192 Hr 八天預報資料)。

在風速預報能力表現上(圖 1.3.17 和圖 1.3.19)，對核一廠來說，在 9~12 月和 1~4 月的平均絕對誤差較小，而 5~8 月的平均絕對誤差較大。在標準差的部分，一樣是 6~8 月有較大的標準差值出現，大約是 2 左右，而較大的標準差值出現在預報時間 156 小時(6 月份)和 192 小時(8 月份)，與平均絕對誤差相符，顯示在夏季時，模式的預報能力較差。核二廠的部分，大致上與核一廠相似，較大的標準差的預報時間出現在 6 月份的 48 小時，及八月份的 192 小時，其值與核一廠相近，也大約是 2m/s，但是在平均絕對誤差方面，在 6 月份

最大值出現在 144 小時，顯示 48 小時的預報在這個月份裡的離散程度較大，而 8 月份的平均絕對誤差最大的預報時間則是與標準差一致。核三廠的部分，在平均絕對誤差及平均誤差標準差上面，季節變化較不明顯，在 11、12 和 1 月稍微較小，其中最大的標準差值出現在 7 月和 9 月，都是在預報時間 156 小時，值也大約在 2m/s，且與平均絕對誤差的表現一致。核四廠的部分，其變化與核一和核二廠相似，其中從 1 月到 6 月可看到平均絕對誤差與平均誤差標準差都在緩緩的上升中，在 6 月和 8 月份都有較大的值出現，其他核電廠相同，其較大的標準差值的大小約在 2m/s 左右，分別是 6 月份的 48 小時，和 8 月份的 192 小時，對應到平均絕對誤差，也是在那兩個預報時間有較大的誤差出現。在風速的預報表現上，越短的時間內其模式的預報能力是較好的，而在夏季時預報的能力較差，且在短時間內的預報也出現了較大誤差的情形。

模式在風向的預報能力上(圖 1.3.18 和圖 1.3.20)，核一廠的風向平均絕對誤差及平均誤差標準差，在 5 月和 8 月有較大的誤差，約在 160 度左右，預報時間分別是 5 月的 180 小時，和 8 月的 192 小時，其他月份的誤差僅稍微小於這兩個月。核二廠的平均絕對誤差和其標準差的表現與核一廠相似，在夏季有較大的誤差，如 5 月的

預報時間 156 小時及 8 月的預報時間 192 小時。核三廠的平均絕對誤差和其標準差，相較於核一、核二廠而言，預報的表現較好，在 11、12、1、2、3 月的平均絕對誤差較其他月份來的小，約介於 20~40 度之間，且各預報時間差距也比較接近，而對應到其標準差，在 3 月和 11 月的表現也較好，約介於 40~80 度之間，顯示模式在 3 月和 11 月對核三廠預報可信度較高。核四廠的風場預報表現，與相同位在台灣北部的核一、核二廠差距較小，其平均絕對誤差最大值出現在 8 月的預報時間 192 小時，約為 120 度左右，對應到其標準差，較最大值出現在 8 月份的預報時間 192 小時和 9 月份的預報時間 180 小時，其值約在 160 度左右。

與風速的預報相較之下，不同的預報時間其預報的誤差，風向的預報誤差差異較大，顯示風向的預報能力，隨著預報的時間拉長，其預報的準度下降的越多，而就整體風場的預報表現而言，北部的核一、核二、核四廠的季節變化較明顯，夏季的預報難度較高，而風向的預報難度又比風速的預報難度較高一些，模式在南部核三廠的預報表現稍好，尤其在冬季部分可信度高。

1.4 假想事故電廠每日擴散模擬評估作業

新一代核子事故劑量評估系統於開發建置完成之後(民國 103 年年底)，即開始進行每日的假想事故模擬評估，並於今年度五月份開始進行假想事故之氣象場和劑量評估結果進行每周的個案探討，以利系統特性掌握，以及系統管理人員對於系統面的了解，核電廠區周圍地形，在台灣各個季節的天氣特徵下，假想事故的劑量結果有基本的敏銳度。下面就以一個個案討論來呈現，本團隊在每周進行的個案探討。

由於，目前假想事故電廠每日擴散模擬，使用之氣象場，分別是 NCEP GFS 模式之全球範圍資料，以及經由降尺度系統之 NCEP GFS 在台灣地區之高解析度資料，因此每週之個案探討，會包含 NCEP GFS 模式預報能力討論，至降尺度過程分析，最後是核一、二、三廠之銻 137 及碘 131 沉降量和劑量分布變化，以及大陸福清電廠之銻 137 沉降量和劑量分布變化。

圖 1.4.1 為每周劑量評估系統案例的討論流程，首先會透過一周的天氣圖大致了解本周天氣情形，並且挑出所要討論之個案，接著對於 NCEP GFS 在其個案的天氣型態中，藉由不同天對這個個案的預報，預報能力的好壞，及其原因之探討。在降尺度系統分析的部

分，如第一章模式簡介，降尺度系統的介紹可知，降尺度系統包含了 6 個控制方程式，而整個降尺度系統處理時，會先進行”

Hydrostatic”的調整，這個部分是因為在處理氣象資料的時候，有挖空填補不合理的資料，用到差分方法破壞資料的合理性(完整性)，且各個模式的方程式不一定與 MDDS 中的方程式完全相同，如此調整之後，輸入之氣象場資料能夠滿足降尺度系統中的控制方程式，而此處的調整，只調整溫度、壓力的部分，其他的氣象場先固定不變。接著，將”Hydrostatic”調整完的所有氣象場，進行平衡控制方程式的調整，最後，開始提高資料解析度。因此圖 1.4.1 中可看到將降尺度系統分析的部分，分為三個步驟，第一個即是”Hydrostatic”調整，會進行調整前後之垂直速度、壓力場、溫度場之變化進行探討。第二步驟:第一次降尺度，則是所有氣象場之調整，會討論調整前後之三維風場、壓力場、溫度場之變化。最後:第五次降尺度，則是討論提高到最高解析度，與第一次降尺度前後，三維風場、壓力場、溫度場、以及台灣地形上各個局部區域之風場細部變化，並且佐以實際觀測資料，進行驗證。

至今年計畫為止，已有近 30 個個案之討論，其每週個案討論之簡報檔，收錄於附件光碟中，予以參考。在台灣地區，春夏之際

有颱風、鋒面等中小尺度的系統影響，此時全球預報模式(NCEP GFS)的預報掌握度就沒有這麼好，各個預報時間的預報結果差異較明顯，而秋冬季節，受大陸高壓等較大尺度系統的影響，則全球預報模式(NCEP GFS)的掌握度較佳，約 5~6 日前的預報結果，都有不錯的表現。降尺度分析的部分，在各個調整的部分，每個個案之調整程度各有不同，但可歸納出降尺度系統(MDDS)的一些特性，例如，在”Hydrostatic”調整階段時，壓力場會調整配合風場分布。在第一次降尺度時，風場則會有較顯著的修改，使其配合壓力場分布，此階段之溫度壓力場的調整幅度較小。在最後一次降尺度時，地形上的風場改變明顯，可看到風場在高解析度地形上隨著地形的變化，且繞山的作用比過山的作用來得強，洋面上的風場差異較小。

1.5 作業系統資訊安全風險管理及支援演習模擬評估作業

本系統部分流程所屬中央氣象局科技中心之”科技應用服務系統”，在 105 年 8 月依據本局所使用之資訊資產及風險評鑑方法論，進行了本系統相關的評鑑，皆屬於低風險的情形。

105 年度之核安演習舉辦日期為 9 月 12、13 及 28 日，在墾丁核三廠舉行，本系統相關人員亦派員至現場支援並進行新一代核子系統之說明與展示，其展示內容如附件六。

1.6 新一代劑量評估系統之系統文件說明

劑量評估系統主要分為幾個部分，氣象場部分、大氣擴散、沉降、劑量計算，所以在系統文件的基本理論也依序介紹這幾部分，除了基本理論之外，也會詳細說明目前新一代劑量評估系統每日的例行作業的執行內容，圖 1.6.1 為系統文件的目錄，完整系統文件收錄在附件二。

新一代劑量評估系統直接使用作業化的預報資料，以及經過降尺度系統處理過後之氣象資料，取代了使用資料庫的方式，新一代劑量評估系統之氣象的部分就能有較佳的預報資訊，此部分會介紹降尺度系統的基本理論。

接著，大氣擴散、沉降以及劑量計算都是由改寫過後 A2Ct&d 模

式進行運算，其中大氣擴散的部分是原本 A2Ct&d 模式中，將煙流切割為無數個煙陣的粒子煙陣(puff-particle)模式進行計算。沉降的部分則是參考美國 NOAA ARL 實驗室之 HYSPLIT 模式中對於乾溼沉降的判斷與計算方法，改寫之後加入 A2Ct&d 模式，使得煙陣有移除到地表累積的機制。最後劑量計算的部分，是根據模式中的地表濃度和地表沉積量，對於空氣浸身、呼吸攝入、地表輻射等途徑，呈上各個核種的劑量轉換因子得到，其中也包含計算核種的半衰期。如此一來，新一代的劑量評估系統就可以得到核子事故的完整資訊。

目前系統有一個即時的氣象資料庫，除了各個核電廠例行假想事故中會用到的 NCEP 預報資料和降尺度處理過後水平 2.5 公里解析度的 NCEP 預報資料，會每天固定 4 個時間進行氣象場的整合之外，也整合了 CWB GFS 資料和 CWB WRF 的資料存放，以利其他額外之模擬使用。因此系統文件的另一部分，即是在詳細的說明，各個資料原本的格式、存放位置以及整合至 A2Ct&d 模式可使用的資料過程。上述資料目前存放 15 天。

系統文件的最後，則是說明了目前每天例行假想事故的模擬資訊，核一~核三廠分別模擬 Cs137 和 I131 這兩種核種，8 天的預報結果，

和大陸福清電廠 Cs137 的預報結果，每天都有全身有效劑量率、地表輻射劑量率、甲狀腺等價劑量率和地表沉降量的結果輸出，以供參考。

(二)整合境內外劑量評估系統 _開發核一廠多層巢狀網格動力降尺

度氣象預報系統

本項工作為應用『國際核災輻射塵影響評估技術研究』完成之 MDDS 與 104 核技處科技計畫成果，將現階段緊急應變計畫區採高解析度資料庫類型之天氣類型法氣象資料，而全台灣採 MDDS 2.5 公里解析度全真化氣象預報，整合成全部利用 MDDS 技術建立核電廠周圍三層巢狀網格高解析度全真化氣象預報，加上全台灣 2.5 公里解析度之氣象預報共四層巢狀網格。採用 MDDS 氣象預報技術除能更精確掌握風場的三維空間分布及天氣系統變化時伴隨風場的轉變，也可解決在極端天天氣條件下，原氣象資料庫類型完全無法適用之問題。

2.1 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統開發與建置

為使全真化氣象預報滿足現行緊急應變計畫區半徑 8 公里和 8 公里外的準備區，三層巢狀網格的設定如下：中心點設定為經度 121.6252，緯度 25.2444，參考緯度 30 度和 60 度，參考經度與中心點的經度相同。第一層巢狀網格取 MDDS 全真化 2.5 公里解析度範圍的資料，內插到以三層巢狀網格設定的 2 公里解析度範圍(共 129 公里)，並降尺度至 1 公里解析度。第二層巢狀網格取 1 公里解析度

中間共 65 公里範圍，並降尺度至 500 公尺解析度。第三層巢狀網格取 500 公尺解析度中間共 32 公里範圍，並降尺度至 250 公尺解析度。其範圍如圖 2.1.1、圖 2.1.2、圖 2.1.3 所示：圖 2.1.1 黑色框框為 MDDS 第一層巢狀網格 1 公里解析度的範圍，紅色框框為核一廠半徑 30 公里 1 公里解析度的範圍；圖 2.1.2 黑色框框為 MDDS 第二層巢狀網格 500 公尺解析度範圍，紅色框框為核一廠半徑 20 公里 500 公尺解析度範圍。圖 2.1.3 黑色框框為 MDDS 第三層巢狀網格 250 公尺解析度範圍，紅色框框為核一廠半徑 10 公里 250 公尺解析度範圍。MDDS 地形高度和地表利用資料捨棄 USGS 30 秒資料(約 1 公里解析度)，改用中央大學的高解析度地形高度資料(100 公尺解析度)和高解析度地表利用資料(NCU-CSRSR，40 公尺解析度)。

2.2 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統案例測試

西南風系案例選擇 2016 年 06 月 02 日 00Z 的時間點，其為一鋒面帶在台北的上空，圖 2.2.1 為當時的地面天氣圖，低氣壓 1000 百帕，在北緯 27 度，東經 140 度，鋒面由此中心向西南西延伸，經臺灣北部（北緯 24 度，東經 121 度）至湖北（北緯 30 度，東經 110 度）。受鋒面影響，臺灣北部地區風場較為凌亂。圖 2.2.2-圖 2.2.5 分別為 2.5 公里/1 公里/500 公尺/250 公尺解析度範圍所表示的風場，可

以發現鋒面正在台北的外海上。原始風場中西風對陽明山有些微的風場轉向，但受限於地形解析度 2.5 公里其轉向並不明顯。觀察陽明山區，可以發現隨著降尺度解析度的提高，地形解析度的提升，MDDS 越能解析出風場遇到陽明山阻擋的效應，其風場南北轉向的效果越明顯。至 500 公尺可以較明顯的看到陽明山背風側(金山地區)有因繞流而產生渦旋，淡水河口附近也此有較強的遇到山勢阻擋而產生的渦度。至 250 公尺解析度範圍可以看到受到大屯山的阻礙，其背風山勢低處(約陽金公路至金山一帶)風場很小，其風場逐漸由西南風轉為東北風(繞陽明山迴流所產生)。圖 2.2.6-圖 2.2.9 則分別為 2.5 公里/1 公里/500 公尺/250 公尺解析度範圍所表示的壓力擾動場，可以看到隨著解析度的提高，在淡水靠近陽明山區，可以看到一塊低壓區出現，其原因為受到西風遇陽明山的阻擋而分流所產生的山前低壓帶，山後陽金公路至金山一帶也可以看到因為風過不了陽明山於山後所產生的低壓帶，另外隨著地形解析度的提高，氣壓的配置越和地勢相關，例如山頂的氣壓越低。圖 2.1.10-圖 2.1.13 則分別為 2.5 公里/1 公里/500 公尺/250 公尺解析度範圍所表示的溫度擾動場，同樣可以看到隨著解析度的提高，溫度擾動受地形的影響較能顯現出來。

(三) 開發並建立氣象觀測資料同化分析技術_氣象觀測資料自動化

接收與氣象觀測資料同化分析技術建立

3.1 氣象觀測資料自動化接收流程建置

自動化接收的氣象資料分為三部分：氣象局測站觀測資料、GTS 資料、反演資料。氣象局測站觀測資料細分為：局屬測站(meso)、自動氣象站(newshp)、自動雨量站(newcum)、農業測站(agr)、雷達觀測(radar)等五項。GTS 資料細分為：機場天氣報(metar,sa)、船舶報(ship,sh)、綜觀天氣報(synop,sm)、台灣地區地面自動氣象觀測報(mesonet,sn)、漂浮站報(buoy,ss)、衛星探空報(satem,tt)、衛星風報(satob,ts)、高密度衛星風報(hiden-satwind,tw)、飛機報(airep,ua)、海上高空溫壓報(tempship,uk)、高空風報(pilot,up)、高空溫壓報(temp,us)、高空溫壓報—飛機投擲(temp,ux)。反演資料為衛星雲導風。如圖 3.1.1 所示。資料存放路徑圖於附件七。

地面觀測站之測站資訊如表 3.1.1~3.1.5，其分別對應：局屬測站/綜觀天氣報、自動氣象站、自動雨量站、農業測站、機場天氣報。綜觀天氣報和機場天氣報屬於 GTS 全球資料，測站資料之列表屬於例行性高解析度氣象場範圍之測站資訊，其測站之經緯度較精確。局數測站和綜觀天氣報之測站大部分相同，故測站資訊放在同一個

表格內。雷達觀測測站則有 6 個測站，其名稱為七股雷達站(rccg)、清泉崗雷達站(rcck)、花蓮雷達站(rchd)、墾丁雷達站(rckt)、馬公雷達站(rcmk)、五分山雷達站(rcwf)。

資料格式的部分，氣象局測站觀測資料為 AS CII/BIG5 格式(雷達資料除外)，其包含各測站之原始觀測資料。雷達資料有九層之原始觀測資訊、回波場以及督卜勒場，其資料格式是以 netcdf 格式存放。GTS 的氣象資料係透過中央氣象局的氣象資料自動處理系統 (AMDP)，將接收到的 GTS 資料經過分類、解碼以及檢定等處理，將資料以 FGGE 格式儲存，並依據觀測的間隔，將 GTS 的資料分為 1、3、6 小時儲存。反演資料的衛星雲導風則為 ASCII 格式，為經過氣象局衛星中心校正過之資料。

時間即時性方面，局屬測站(meso)為 20 分鐘，自動氣象站(newshp)、自動雨量站(newcum)為 2 小時，農業測站(agr)為 4 小時，雷達觀測(radar)資料為 20 分鐘，衛星雲導風為 1 小時。GTS 資料部分則需要較久的時間，為 4~18 小時左右。所有自動化接收的氣象觀測資料皆透過安管內的網路存放在陣列磁碟/P6350_A/ CWB_DATA/ 機器上。

MDAS 引入的傳統觀測資料表如圖 3.1.2 所示，本計畫今年度引

入傳統觀測資料。氣象局資料部分引入局屬測站、自動氣象站、自動雨量站、農業測站等 4 種觀測資料；GTS 資料部分引入機場天氣報、船舶報、綜觀天氣報、漂浮站報、高空溫壓報等五種資料；反演資料則導入衛星雲導風。GTS 資料之台灣地區地面自動氣象觀測報、衛星風報、高密度衛星風報和氣象局資料及衛星雲導風資料重複則不重複計算。引入 GTS 各種測站資料之 FGGE 格式如附件八。

由於須導入龐大的觀測資料種類與筆數，本系統在進行資料同化前先建立一個導入資料的系統(ingest system)，一是為了統一資料輸出的格式方便 MDAS 的導入，一是為了方便資料之 QC/QA 在這邊處理。目前 Ingest system 會將經過篩選的資料分為兩種(均為 ASCII 格式)，一個是針對所有地面測站(局屬測站、自動氣象站、自動雨量站、農業測站、機場天氣報、船舶報、綜觀天氣報、漂浮站報)所產生的 ingest_sfc，一個是針對高空溫壓報所產生的 ingest_sounding。衛星雲導風為經過衛星中心直接進行 QC/QA 所產生的檔案，故不經過 ingest system 而直接導入 MDAS 中。

所有地面測站資料讀取後均會進行 QC 動作然後輸出為一 ASCII 檔案格式(圖 3.1.3)，其檔案名為 ingest_sfc_YYYY.MM.DD.HH.DAT，YYYY、MM、DD、HH 分別是年、月、日、時，其格式說明如下：

第一行輸出：

測站碼(station 可為數字或文字，一般最多六碼)、世界氣象組織代碼(wmoid 通常與測站相同，測站為文字則給定-99)、資料給予者(provider，11 碼文字，目前只有 CWB 與 NWS 兩個選項)、測站緯度、測站經度、測站高度、觀測時間與資料輸出時間差。

第二行輸出：

測站報告類型(METAR、SYNOPSIS、LDAD、MARTIM)、測站型態(MESO、AGR、SHP、CUM、MVG、FIX)、現在天氣(一般為 UNK，少數 SYNOPSIS 測站會有值)

第三行輸出：

溫度、溫度誤差、露點溫度、露點溫度誤差、相對溼度、相對溼度誤差。

第四行輸出：

風向、風速、陣風風向、陣風風速、風向誤差、風速誤差。

第五行輸出：

高度撥定氣壓(altimeter，一般只有 METAR 有值)、測站氣壓、測站海平面、3 小時氣壓趨勢、3 小時氣壓改變量、氣壓誤差、高度計誤差。

第六行輸出：

能見度、能見度誤差、太陽輻射、太陽輻射誤差、地表面/海平面溫度、地溫/海溫誤差、地表面溼度、地表面溼度誤差。

第七行輸出：

1 小時、3 小時、6 小時、24 小時降水量、雪深、降水量誤差、雪深誤差。

第八行輸出：

雲觀測層數、24 小時最高溫、24 小時最低溫。若觀測層數不為 0，則依觀測層數多加行數，每行均為雲分量及雲高。單位為 mgs 制度。

高空溫壓報(temp,us)資料讀取後輸出為一 ASCII 檔案格式(圖 3.1.4)，其檔案名為 ingest_sounding_yyyy.mm.dd.hh.dat，yyyy、mm、dd、hh 分別是年、月、日、時，其格式說明如下：

第一行輸出：

世界氣象組織代碼、此探空測站資料垂直層數、測站經度、測站緯度、測站高度、儒略日時間、測站型態。

其後的行數和探空資料垂直層數相當，其輸出為：

該層探空高度、該層探空氣壓、該層探空溫度、該層探空路點溫

度、該層探空風向、該層探空風速、儒略日時間、測站經度、測站緯度。

衛星雲導風之 ASCII 檔案格式如圖 3.1.5，其主要提供資料的經緯度(lon、lat)、氣壓(pre)、風向(dir)、風速(spд)、及準確度(qi)。準確度為衛星中心經比對前後一時間同一的雲塊的移動方向後所給定的信心值，MDAS 採用 $qi > 0.6$ 的雲導風資料。

3.2 地面觀測資料品質控制前置處理模組、地面資料引入及同化模組 開發

3.2.1 地面觀測資料品質控制前置處理模組

依據世界氣象組織(WMO)對自動地面觀測氣象站的 QC 守則
(Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic
Weather Stations,
[https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Surface/ET-STM
T1_Geneva2004/Doc6.1\(2\).pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Surface/ET-STM
T1_Geneva2004/Doc6.1(2).pdf)), 針對所有的地面測站資料(局屬測站、
自動氣象站、自動雨量站、農業測站、機場天氣報、綜觀天氣報),
設定引入資料前的 QC 守則如下：

A. 顯著錯誤檢查(gross error check)

各氣象資料觀測結果不得超過該測量儀器之可量測範圍，否則應
標示為錯誤資料：

1. 氣溫應介於-30 OC 至 60 OC 範圍內。
2. 氣壓應介於 800hpa 至 1100hpa 間。
3. 風速應介於 0~120m/s。

B. 資料合理性檢查(plausible value check)

各觀測結果應落在合理範圍內：

1. 平地測站之溫度應介於 0°C 至 40°C。

2. 平地測站之氣壓應介於 950 hPa 至 1035 hPa 之間。
3. 觀測風速應介於 0~60 m/s。

C. 內部一致性檢查(internal consistency check)

該觀測站所觀測不同氣象要素需合理：

1. 露點溫度需小於等於氣溫。
2. 陣風風速需大於等於平均風風速。
3. 風速等於 0 時，風向需等於 0。

3.2.2 地面資料引入及同化模組的開發(MDAS)

MDAS (mesoscale dynamic assimilating system)的發展是以 MDDS (mesoscale dynamic downscaling system)為主軸，將不同種類的氣象觀測資料利用變分法加入 MDDS 中。

在 1950 年代 Sasaki 利用變分學提出變分最佳分析的理論基礎，此方法能將動力的、數學的甚至經驗的約束條件納入最佳化過程中，以便維持氣象場的內在一致。並於 1969 年級 1970 年共 4 篇文章指出此方法的特點、約束條件的功能以及濾波器的特性，從而奠定變分最佳分析的理論基礎和應用在氣象資料分析的可行性。並自 1980 年代開始急劇發展，諸如變分初始化、變分正模初始化、變分資料同化、雷達與衛星資料變分反演等，目前仍在氣象資料分析及初始

化上扮演最主流與主要的角色。變分學主要討論如何求出一個泛函的極值。所謂泛函就是一個或多個函數的函數。例如平面或球面上兩點的距離依賴於通過這兩點的曲線，因此這個距離就是泛函，它的大小取決於這條曲線的形狀，而變分學就是找出此泛函極值(最小值)的曲線，極最短距離的曲線。假如這個函數求極值問題屬於最小二乘問題，例如求出一個最佳的分析場，既按某個準確度和背景值、觀測值充分接近，又滿足大氣所應有的動力或其他約束條件的問題，即稱為變分資料同化。

MDAS 之泛函 J 可以寫成為：

$$J = \omega_1 J_1 + \omega_2 J_2$$

$$J_1 = \iiint \sum_{i,j} \beta_{i,j} (O_j - X_j)^2$$

$$J_2 = \iiint (\alpha_1 P_1^2 + \alpha_2 P_2^2 + \alpha_3 P_3^2 + \alpha_4 P_4^2 + \alpha_5 P_5^2 + \alpha_6 P_6^2 + \alpha_7 P_7^2) d\Omega$$

其中 J_1 為觀測資料的泛函， J_2 為原 MDDS 的泛函，其亦為變分資料同化中的約束條件的泛函，其詳細約束條件內容如章節貳氣象資料來源與分析方法部分。 ω_1 和 ω_2 則為觀測資料和約束條件的權重。觀測資料的泛函 J_1 中， $\beta_{i,j}$ 為觀測資料的種類與觀測變數的權重， i 為觀測資料種類有 10 種，為 3.2.1 節所導入的 10 種傳統觀測資料， j 為觀測資料的變數有 5 種，分別為 u, v, p, t, q 。 O_j 為觀測資料， X_j 則為

周圍網格點資料內插至 O_j 所在位置之值。

MDAS 之初步結果，以 2016 年 10 月 13 號 08Z 時間為例(圖 3.2.1)，大陸上冷高壓 1026 百帕，在北緯 41 度，東經 127 度，向東緩慢移動，受冷高壓影響，全台吹東北風。地面觀測資料(局屬測站/綜觀天氣報、自動氣象站、機場天氣報)如圖 3.2.2 所示，發現在臺北盆地的北邊為東北風，臺北盆地南邊遇山勢阻擋變為東風；嘉南平原則為微弱的東北風。對比尚未引進觀測資料之 MDDS 及引進觀測資料後之 MDAS 250 公尺高降尺度風場(圖 3.2.3)，可以發現 MDAS 在臺北盆地之風場較符合觀測資料，風向為東風而非原本的東北風；嘉南平原之風向 MDAS 也較 MDDS 符合觀測資料，MDAS 為東風系較符合測站資料之東北風系風向，而 MDDS 此時的結果為西風系。

本年度計畫主要為建立 MDAS 所需之氣象資料庫導入及 MDAS 對傳統觀測資料之資料同化流程建置。後續計畫將會持續精進對 MDAS 對傳統觀測資料之合理銓重調整及增加對非統觀測資料之導入。

(四) 開發並建立外釋射源項回推系統

日本311福島核電廠事故後，國內外皆尋求突發事故外釋射源項回推方法，過去經驗得知當事故包含非計畫性的意外排放時，緊急事故評估系統無法獲知事故的外釋射源資料，劑量評估系統無法有效預報及評估劑量的影響，由此顯現射源項回推技術開發之重要性。

本計畫已完成國際間相關文獻收集、外釋射源項回推方法整理，經評估後以日本原子力研究開發機構JAEA(Japan Atomic Energy Agency)提出的外釋射源項回推方法作為基礎，配合大氣擴散模式，建立了一套適合本土的外釋射源項回推系統及作業程序。

4.1 建立本土化的射源項回推作業程序

JAEA 與日本核能安全協會 NSC(Nuclear Safety Commission)合作研究，於 2012 年發表「Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II: Verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion」，該研究將福島核災事件從 2011 年 3 月 12 日 00 時(JST)至 5 月 1 日 00 時(JST)分為 30 個時段，根據不同狀況、事故特性，使用不同的觀測資料及方法去估算釋放率，

表 4.1.1 即為其外釋射源項回推結果。

本計畫以 JAEA 提出的外釋射源項回推方法作為基礎，建立了一套適合本土的外釋射源項回推系統作業程序如圖 4.1.1 所示，步驟依序為 A2C t&d/DOSE Unit Run、Data Processing、Source Term Estimate(STE) Process 及 Release Rate Verification，說明如下：

步驟一 A2C t&d/DOSE Unit Run：當事故發生外釋射源項回推系統啟動，根據事故時間及地點以單位活度釋放率 1Bq/sec 進行劑量評估模式(A2C t&d/DOSE)模擬，其中氣象場以 NCEP GFS 及 MDDS 三維氣象場作為氣象輸入資料，模擬完成即可輸出每個時間步階的煙陣活度、大小及位置。

步驟二 Data Processing: 蒐集現有的觀測資料及事件歷程資料。觀測資料包含測站位置及逐時核種空氣劑量率測值，利用測站位置及步驟一輸出的煙陣資料，可計算出 Unit Run 於測站點的空氣劑量率；逐時核種空氣劑量率測值則是於步驟四 Release Rate Verification 使用。進入步驟三射源回推計算前，需先將事故外釋射源釋放率變化時間序列以現有的資訊進行分段，事件歷程資料即是重要的分段設計依據，其中計畫性排放可依人為操作資料設定釋放時間及長度，非計畫性排放則須依事件屬性假定之。

步驟三 STE Process：步驟一與二完成後，便已準備好射源回推計算所需的資料-測站觀測資料(觀測點逐時空氣劑量率)、觀測點逐時空氣劑量率劑量評估模式單位活度釋放率模擬結果及事故外釋射源釋放率時序演變分段。倘若有 n 段待求的釋放率 R_n ，第 n 段釋放率期間所釋放的煙陣提供單一測站於任一時間的空氣劑量率一共為 A_n ，則任一時刻任一測站空氣劑量率觀測值 A 可以表示為

$$A = \sum_{k=1}^n A_k$$

對應到待求的釋放率 R_n ，單位活度釋放率的劑量評估模式模擬釋放率 Ru_n 皆等於 1，而因為釋放率的比值會等於所得到的空氣劑量率比值，因此，單一釋放率期間所釋放的煙陣提供單一測站於任一時間的空氣劑量率可表示為

$$A_k = R_k \times Au_k \quad (4.1.1 \text{ 式})$$

同樣地，第 a 段釋放率期間所釋放的煙陣提供單一測站於任一時間的空氣劑量率可表示為

$$A_a = R_a \times Au_a$$

代求的第 a 段釋放率即可改寫為

$$R_a = \frac{A_a}{Au_a} = \frac{A - \sum_{k=1}^n A_k}{Au_a}, \quad k \neq a \quad (4.1.2 \text{ 式})$$

將 4.1.2 式中的 A_k 以 4.1.1 式代換掉後可改寫為

$$R_a = \frac{A - \sum_{k=1}^n (R_k \times Au_k)}{Au_a}, k \neq a \quad (4.1.3 \text{ 式})$$

利用 4.1.3 式即可求得第 1 至 n 段釋放率，亦為射源回推計算核心公式，求解方法如下：

篩選出單位活度釋放率的劑量評估模式模擬中，測站只受單一釋放率時段 R_a 影響的時間，這些時間的空氣劑量率模擬值僅來自 R_a ，因此 $\sum_{k=1}^n (R_k \times Au_k)$ 在 $k \neq a$ 時，總和為 0，4.1.3 式便可簡化為

$$R_a = \frac{A}{Au_a} \quad (4.1.4 \text{ 式})$$

等號右側皆為已知，可求得 R_a ，接著篩選出只受釋放率時段 R_a 與 R_b 影響的時間，4.1.3 可改寫為

$$R_b = \frac{A - (R_a \times Au_a)}{Au_b} \quad (4.1.5 \text{ 式})$$

等號右側皆為已知，可求得 R_b ，並依此類推，進行多次的疊代(不超過 n 次)便可解出 $R_1 \sim R_n$ 。

步驟四 Release Rate Verification: 利用步驟二中的事件歷程資料，檢視步驟三求得的外釋射源釋放率時序演變的合理性，倘若釋放率時序演變特性與事件歷程無法匹配，或是蒐集到新的觀測資料與事件歷程資料時，回到步驟二進行觀測資料更新及釋放率時段的分段調整。

步驟二 Data Processing、步驟三 STE Process、步驟四 Release Rate

Verification 三個步驟為一個循環，重複求解出釋放率時間序列及其合理性的驗證，進而求得合理的釋放率時間序列。

4.2 射源項回推作業程序案例測試

為驗證外釋射源項回推公式計算的正確性，以下利用日本 311 福島核電廠事故進行案例測試。首先利用劑量評估模式建立一組假想的觀測資料，假定 10 個觀測點分別位於福島電廠的北方、西北方、西方、西南方及南方(分布如圖 4.1.2)，以 Terada et al.(2012)推估的 30 個釋放率分段(2011 年 3 月 12 日 05 時~2011 年 5 月 1 日 00 時 JST，表 4.1.1)中的前 15 段(2011 年 3 月 12 日 05 時 JST~2011 年 3 月 20 日 04 時 JST)釋放率，進行劑量評估模式模擬(A2C t&d/DOSE Fukushima Run)，將求得的 10 個觀測點的空氣劑量率作為替代觀測資料，接著以單位活度釋放率(1Bq/sec) 進行劑量評估模式模擬(A2C t&d/DOSE Unit Run)，並以前述之 15 個釋放率時段作劃分，進行外釋射源項回推計算。

圖 4.1.3 及圖 4.1.4 為模擬於 2011 年 3 月 14 日的結果，15 個釋放率分段釋放之煙陣分別用不同顏色之圓點表示。射源回推計算結果如表 4.1.2 及圖 4.1.4 所示，表格由上至下為第 1 至第 15 次疊代結果，最下列為表 4-1 的前 15 段釋放率，其上陰影列即為釋放率回推計算結果。大部分的時段(第 1~2、4~5、7、9~15 段)皆於第一次疊代計算即求得釋放率並與 JAEA 釋放率幾乎一致，驗證了 4.1.4 式之正

確性；第 6 段釋放率於第 2 次疊代解得，其結果亦與 JAEA 釋放率一致，驗證了 4.1.5 式；唯第 3 跟第 8 段釋放率，因為其釋放的煙陣並未提供任何站點空氣劑量率，導致無法求解。此案例測試結果驗證了射源項回推公式(4.1.3 式)，透過多次的疊代計算便可解得合理的釋放率時間序列。

參、主要發現與結論

新一代核子事故劑量評估系統，能使用即時的天氣預報模式資料，進行事故的模擬，目前已開始進行每日的例行作業，包含氣象廠的部分以及大氣擴散及劑量的模擬計算。今年度透過系統相關文件的撰寫，希望可以進一步檢視整個系統流程的細節，逐步地將系統為調到最佳狀態，以及讓系統相關人員，在處理系統各個部分時，都能有清楚的脈絡可尋，較有效率。另外，透過假想事故每日的模擬，可以進行系統各個部分基本理論的探討，思考系統改進的空間，讓整個系統能夠提供最適當的模擬結果。

核一廠氣象場三層降尺度系統已完成建置，其利用 MDDS 全台灣 2.5 公里解析度氣象資訊，挑選 129 公里降尺度至解析度 1 公里，64 公里降尺度至解析度 500 公尺，32 公里降尺度至 250 公尺範圍，求得核一廠周圍的高解析度氣象場，後續可以提供給新一代劑量評估系統進行核一廠周圍的高解析度的擴散評估。

為了提供高解析度及高品質之即時氣象資料，以提供後續更精確的劑量評估，開始將觀測資料導入 MDAS 系統，進行資料同化。初步階段完成自動抓取氣象局之傳統/非傳統之觀測資料流程，並完成將傳統觀測資料導入 MDAS 中進行資料同化之程序建置，初步的結

果也使高解析度氣象場資料更符合觀測資料。而後續計畫將繼續針對傳統觀測資料同化的分析進行測試與校驗，以確保資料同化結果之準確性。

外釋射源項回推系統係根據 JAEA 提出的外釋射源項回推方法作為基礎所建立的本土化射源項回推作業程序，其流程依序為一、A2C t&d/DOSE Unit Run，二、Data Processing，三、STE Process 及四、Release Rate Verification，其中步驟二、三、四為一個循環，反覆求解出釋放率時間序列並進行合理性驗證，進而求得合理的釋放率時間序列。此回推方法已利用日本 311 福島核電廠事故案例進行測試，外釋射源項回推所得的釋放率時間序列與 JAEA 釋放率幾乎一致，藉此驗證了射源項回推公式，亦說明了外釋射源項回推系統可於非計畫性的意外排放事故中求得難以取得之外釋射源釋放率時間序列，彌補了緊急事故評估系統因無法取得外釋射源資料導致無法有效預報及評估劑量影響的弱點。

肆、參考文獻

- Y. -L. Lin, N. -H. Lin, R. P. Weglarz. (1992) Numerical modeling studies of lee mesolows, mesovortices and mesocyclones with application to the formation of Taiwan mesolows. *Meteorology and Atmospheric Physics* 49:1-4, 43-67
- Lorenz, E. N., 1960: Energy and numerical weather prediction. *Tellus*, 12, 364–373.
- Roland R. Draxler, “description of the hysplit_4 modeling system,” Air Resources Laboratory, Silver Spring, Maryland, Dec. 1997.
- Terada, H., G. Katata, M. Chino, and H. Nagai (2012), Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. Part II: Verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion, *J. Environ. Radioact.*, 112, 141–154
- Yamada, T. and S. Bunker, 1988: Development of a Nest Grid, Second Moment Turbulence Closure Model and Application to the 1982 ASCOT Brush Creek Data Simulation. *J. Appl. Meteor.*, 27, 562-578.

附表

表 3.1.1 氣象局局屬測站(meso)和綜觀天氣報(synop)測站資料

! MDAS meso(43)/synop(2) station id 2016/08/04								
use	wei	cwb_id	twd67	twd67	height	name	location	
		lat	lon	(m)				
1	1	46694	25.1351	121.7322	26	基隆	基隆市中山區(氣象站)	
1	1	46690	25.1667	121.4407	19	淡水	新北市淡水區(氣象站)	
1	1	46688	24.9994	121.4338	11	板橋	新北市板橋區(氣象站)	
1	1	46693	25.1639	121.5363	607	竹子湖	臺北市北投區(氣象站)	
1	1	46691	25.1844	121.5215	832	鞍部	臺北市北投區(氣象站)	
1	1	46757	24.8296	121.0060	26	新竹	新竹縣竹北市(氣象站)	
1	1	46749	24.1475	120.6759	84	臺中	臺中市北區(氣象站)	
1	1	46777	24.2578	120.5152	7	梧棲	臺中市梧棲區(氣象站)	
1	1	46735	23.5672	119.5550	10	澎湖	澎湖縣馬公市(氣象站)	
1	1	46765	23.8831	120.8999	1014	日月潭	南投縣魚池鄉(氣象站)	
1	1	46753	23.5100	120.8051	2413	阿里山	嘉義縣阿里山鄉(氣象站)	
1	1	46755	23.4894	120.9514	3844	玉山	南投縣信義鄉(氣象站)	
1	1	46748	23.4977	120.4248	26	嘉義	嘉義市西區(氣象站)	
1	1	46744	22.5677	120.3077	2	高雄	高雄市前鎮區(氣象站)	
1	1	46759	22.0057	120.7383	22	恆春	屏東縣恆春鎮(氣象站)	
1	1	46708	24.7658	121.7483	7	宜蘭	宜蘭縣宜蘭市(氣象站)	
1	1	46706	24.5986	121.8492	24	蘇澳	宜蘭縣蘇澳鎮(氣象站)	
1	1	46699	23.9769	121.6051	16	花蓮	花蓮縣花蓮市(氣象站)	
1	1	46761	23.0993	121.3653	33	成功	臺東縣成功鎮(氣象站)	
1	1	46766	22.7540	121.1465	9	臺東	臺東縣臺東市(氣象站)	
1	1	46754	22.3574	120.8957	8	大武	臺東縣大武鄉(氣象站)	
1	1	46762	22.0388	121.5503	324	蘭嶼	臺東縣蘭嶼鄉(氣象站)	
1	1	46695	25.6298	122.0715	99	彭佳嶼	基隆市中正區(氣象站)	
1	1	46730	23.2587	119.6594	44	東吉島	澎湖縣望安鄉(氣象站)	
1	1	46742	23.0401	120.2286	8	永康	臺南市永康區(氣象站)	
1	1	A0W03	24.4183	118.4251	6	金門(合)	金門縣金湖鎮(合作站)	
1	1	A0C54	24.6921	121.3957	1374	拉拉山	桃園市復興區(合作站)	
1	1	D2F23	24.3818	121.3518	1734	武陵	臺中市和平區(合作站)	
1	1	A0T78	24.1618	121.6069	83	太魯閣	花蓮縣秀林鄉(合作站)	
1	1	A0A9M	24.9608	121.5164	24	新店	新北市新店區(檢校中心)	
1	1	46692	25.0394	121.5066	6	臺北	臺北市中正區(氣象站)	
1	1	A0G72	24.0831	120.5485	37	彰師大	彰化市彰化市(合作站)	
1	1	46741	22.9950	120.1967	13	臺南	臺南市中西區(氣象站)	
1	1	A0Z08	24.1463	121.2682	3171	合歡山莊	花蓮縣秀林鄉(合作站)	
1	1	A0W08	23.7417	119.5960	3	吉貝	澎湖縣白沙鄉(合作站)	
1	1	46779	21.9028	120.8460	42	墾丁雷達	屏東縣恆春鎮(雷達站)	
1	1	46810	20.7024	116.7220	4	東沙	高雄市東沙島(合作站)	
1	1	46711	24.4089	118.2811	48	金門	金門縣金城鎮(氣象站)	
1	1	46799	26.1710	119.9151	97	馬祖	連江縣南竿鄉(氣象站)	
1	1	A0K42	23.8005	120.2096	22	麥寮	雲林縣麥寮鄉(合作站)	
1	1	46705	25.0085	121.0393	20	新屋	桃園市新屋區(氣象站)	
1	1	46773	23.5184	120.8072	2286	新阿里山	嘉義縣阿里山鄉(氣象站)	
1	1	46686	25.0821	121.2240	32	大園	桃園市大園區(民航局)	
1	1	46736	24.4319	118.3567	40	金門	(NAA)	
1	1	46902	10.3791	114.3590	5	南沙島	(NAVY)	

表 3.1.2 氣象局自動氣象站(newshp)測站資料

! MDAS cwb new_shp station id 2016/08/04								
use	wei	cwb_id	wgs84 lat	wgs84 lon	height (m)	name	location	
1	1	COA520	24.9749	121.4020	48	山佳	新北市樹林區	
1	1	COA530	24.9382	121.7094	300	坪林	新北市坪林區	
1	1	COA540	24.8928	121.7459	401	四堵	新北市坪林區	
1	1	COA550	24.9712	121.8237	460	泰平	新北市雙溪區	
1	1	COA560	24.7762	121.5028	405	福山	新北市烏來區	
1	1	COA570	24.8482	121.5980	360	桶後	新北市烏來區	
1	1	COA580	24.9224	121.5463	70	屈尺	新北市新店區	
1	1	COA640	24.9939	121.6629	241	石碇	新北市石碇區	
1	1	COA650	25.0027	121.7429	287	火燒寮	新北市平溪區	
1	1	COA660	25.1132	121.8011	97	瑞芳	新北市瑞芳區	
1	1	COA710	25.0764	121.3782	238	林口	新北市林口區	
1	1	COA860	25.1659	121.6330	362	大坪	新北市萬里區	
1	1	COA870	25.1322	121.6087	685	五指山	新北市汐止區	
1	1	COA880	25.0178	121.9421	6	福隆	新北市貢寮區	
1	1	COA890	25.0360	121.8642	40	雙溪	新北市雙溪區	
1	1	COA920	25.2638	121.5653	196	富貴角	新北市石門區	
1	1	COA931	25.2332	121.5952	216	三和	新北市金山區	
1	1	COA940	25.2236	121.6440	49	金山	新北市金山區	
1	1	COA950	25.1290	121.9234	118	鼻頭角	新北市瑞芳區	
1	1	COA970	25.0076	122.0021	116	三貂角	新北市貢寮區	
1	1	COA980	25.1095	121.4697	54	社子	臺北市士林區	
1	1	COA9A0	25.0780	121.5429	49	大直	臺北市中山區	
1	1	COA9B0	25.1163	121.5138	7	石牌	臺北市北投區	
1	1	COA9C0	25.1175	121.5372	35	天母	臺北市士林區	
1	1	COA9E0	25.0903	121.5030	26	士林	臺北市士林區	
1	1	COA9F0	25.0794	121.5755	35	內湖	臺北市內湖區	
1	1	COA9G0	25.0554	121.6029	42	南港	臺北市南港區	
1	1	COA9I1	25.0567	121.4885	18	三重	新北市三重區	
1	1	COAC40	25.1757	121.5224	1079	大屯山	臺北市北投區	
1	1	COAC60	24.9390	121.3697	55	三峽	新北市三峽區	
1	1	COAC70	25.0378	121.5646	71	信義	臺北市信義區	
1	1	COAC80	25.0024	121.5757	40	文山	臺北市文山區	
1	1	COACA0	25.0515	121.4468	25	新莊	新北市新莊區	
1	1	COAD00	25.2581	121.5019	86	三芝	新北市三芝區	
1	1	COAD10	25.1502	121.4039	27	八里	新北市八里區	
1	1	COAD20	25.0014	121.6176	57	深坑	新北市深坑區	
1	1	COAD30	25.0866	121.4723	20	蘆洲	新北市蘆洲區	
1	1	COAD40	24.9732	121.4452	32	土城	新北市土城區	
1	1	COAD50	24.9515	121.3463	84	鶯歌	新北市鶯歌區	
1	1	COAG90	24.9926	121.4904	25	中和	新北市中和區	
1	1	COAH00	25.0669	121.6588	38	汐止	新北市汐止區	
1	1	COAH10	25.0113	121.5081	30	永和	新北市永和區	
1	1	COAH30	25.0713	121.7808	755	五分山	新北市新莊區	
1	1	COAH40	25.1291	121.5771	405	平等	臺北市士林區	
1	1	COC460	24.8202	121.3523	482	復興	桃園市復興區	
1	1	COC480	24.9924	121.3232	105	桃園	桃園市桃園區	
1	1	COC490	24.9287	121.2833	157	八德	桃園市八德區	
1	1	COC520	24.9676	121.1853	151	中壢	桃園市中壢區	
1	1	COC540	25.0478	121.2260	70	埔心	桃園市大園區	

1	1	C0C590	25.0271	121.1533	29	觀音	桃園市觀音區
1	1	C0C620	25.0843	121.2658	19	蘆竹	桃園市蘆竹區
1	1	C0C630	24.8829	121.2655	209	大溪	桃園市大溪區
1	1	C0C640	25.0303	121.3757	177	龜山	桃園市龜山區
1	1	C0C650	24.8975	121.2146	208	平鎮	桃園市平鎮區
1	1	C0C660	24.9124	121.1430	176	楊梅	桃園市楊梅區
1	1	C0C670	24.8701	121.2214	250	龍潭	桃園市龍潭區
1	1	C0D360	24.6783	121.2086	523	梅花	新竹縣尖石鄉
1	1	C0D390	24.7982	121.1739	146	關西	新竹縣關西鎮
1	1	C0D430	24.6905	121.0172	87	峨眉	新竹縣峨眉鄉
1	1	C0D480	24.8497	121.1508	223	打鐵坑	新竹縣新埔鎮
1	1	C0D540	24.7112	121.1169	227	橫山	新竹縣橫山鄉
1	1	C0D550	24.5270	121.1161	1956	雪霸	新竹縣五峰鄉
1	1	C0D560	24.7671	121.0579	147	竹東	新竹縣竹東鎮
1	1	C0D570	24.7469	120.9055	15	香山	新竹市香山區
1	1	C0D580	24.7350	121.0252	120	寶山	新竹縣寶山鄉
1	1	C0D590	24.8707	120.9772	143	新豐	新竹縣新豐鄉
1	1	C0D650	24.9048	121.0436	97	湖口	新竹縣湖口鄉
1	1	C0D660	24.7987	120.9869	65	新竹市東區	新竹市東區光
1	1	C0E420	24.7090	120.8889	19	竹南	苗栗縣竹南鎮
1	1	C0E430	24.6018	121.0002	258	南庄	苗栗縣南庄鄉
1	1	C0E520	24.4149	120.8709	320	大湖	苗栗縣大湖鄉
1	1	C0E530	24.4109	120.7660	341	三義	苗栗縣三義鄉
1	1	C0E540	24.6065	120.7839	32	後龍	苗栗縣後龍鎮
1	1	C0E550	24.5835	120.8854	84	明德	苗栗縣頭屋鄉
1	1	C0E590	24.4719	120.7046	40	通霄	苗栗縣通霄鎮
1	1	C0E610	24.4513	120.9302	850	馬都安	苗栗縣泰安鄉
1	1	C0E730	24.6882	120.9122	26	頭份	苗栗縣頭份市
1	1	C0E740	24.6371	120.8648	27	造橋	苗栗縣造橋鄉
1	1	C0E750	24.5646	120.8246	62	苗栗	苗栗縣苗栗市
1	1	C0E780	24.4897	120.7909	160	銅鑼	苗栗縣銅鑼鄉
1	1	C0E790	24.3128	120.8248	344	卓蘭	苗栗縣卓蘭鎮
1	1	C0E810	24.5629	120.7485	53	西湖	苗栗縣西湖鄉
1	1	C0E820	24.5391	120.9200	220	獅潭	苗栗縣獅潭鄉
1	1	C0E830	24.4397	120.6531	37	苑裡	苗栗縣苑裡鎮
1	1	C0E850	24.6181	120.9486	104	大河	苗栗縣三灣鄉
1	1	C0E860	24.5060	121.1132	2616	觀霧 2	苗栗縣苗栗縣
1	1	C0F000	24.1530	120.5721	273	大肚	臺中市大肚區
1	1	C0F0A0	24.3886	121.2363	3587	雪山圈谷	臺中市和平區
1	1	C0F0B0	24.2761	120.7776	311	石岡	臺中市石岡區
1	1	C0F850	24.2464	120.8330	379	東勢	臺中市東勢區
1	1	C0F861	24.2475	121.2437	2215	梨山	臺中市和平區
1	1	C0F900	24.2885	120.9042	535	雙崎	臺中市和平區
1	1	C0F930	24.3476	120.6404	100	大甲	臺中市大甲區
1	1	C0F970	24.1731	120.7223	145	大坑	臺中市北屯區
1	1	C0F9A0	24.1036	120.7511	425	中竹林	臺中市太平區
1	1	C0F9I0	24.2725	120.6583	194	神岡	臺中市神岡區
1	1	C0F9K0	24.3451	120.5880	30	大安	臺中市大安區
1	1	C0F9L0	24.3104	120.7297	253	后里	臺中市后里區
1	1	C0F9M0	24.2543	120.7207	230	豐原	臺中市豐原區
1	1	C0F9N0	24.0925	120.7014	75	大里	臺中市大里區
1	1	C0F900	24.2131	120.7039	175	潭子	臺中市潭子區
1	1	C0F9P0	24.3123	120.5622	26	清水	臺中市清水區
1	1	C0F9Q0	24.3478	120.7057	149	外埔	臺中市外埔區
1	1	C0F9R0	24.1845	120.5290	20	龍井	臺中市龍井區

1	1	COF9S0	24.1071	120.6241	43	烏日	臺中市烏日區
1	1	COF9T0	24.1795	120.6413	111	西屯	臺中市西屯區
1	1	COF9U0	24.1370	120.6380	74	南屯	臺中市南屯區
1	1	COF9V0	24.2002	120.8158	525	新社	臺中市新社區
1	1	COF9X0	24.2153	120.6245	166	大雅	臺中市中部科
1	1	COF9Y0	24.4327	121.3038	3313	桃山	臺中市和平區
1	1	COF9Z0	24.3888	121.2687	3193	雪山東峰	臺中市和平區
1	1	COG620	24.0157	120.6213	110	芬園	彰化縣芬園鄉
1	1	COG640	24.0753	120.4305	17	鹿港	彰化縣鹿港鎮
1	1	COG650	23.9465	120.5856	34	員林	彰化縣員林市
1	1	COG660	23.9484	120.4791	27	溪湖	彰化縣溪湖鎮
1	1	COG720	23.8516	120.4991	50	溪州	彰化縣溪州鄉
1	1	COG730	23.9033	120.3761	27	二林	彰化縣二林鎮
1	1	COG740	23.8525	120.3209	24	大城	彰化縣大城鄉
1	1	COG750	23.8466	120.3825	31	竹塘	彰化縣竹塘鄉
1	1	COG770	24.0413	120.4377	15	福興	彰化縣福興鄉
1	1	COG780	24.0341	120.5039	27	秀水	彰化縣秀水鄉
1	1	COG790	24.0161	120.5523	27	花壇	彰化縣花壇鄉
1	1	COG800	24.0004	120.4317	15	埔鹽	彰化縣埔鹽鄉
1	1	COG810	23.9476	120.5255	26	埔心	彰化縣埔心鄉
1	1	COG820	23.9017	120.5094	29	田尾	彰化縣田尾鄉
1	1	COG830	23.8660	120.4528	27	埤頭	彰化縣埤頭鄉
1	1	COG840	23.8776	120.5142	32	北斗	彰化縣北斗鎮
1	1	COG850	23.8568	120.5883	62	田中	彰化縣田中鎮
1	1	COG860	23.8976	120.5862	45	社頭	彰化縣社頭鄉
1	1	COG870	23.9223	120.3200	12	芳苑	彰化縣芳苑鄉
1	1	COG880	23.8107	120.6173	92	二水	彰化縣二水鄉
1	1	COG890	24.1489	120.4844	24	伸港	彰化縣伸港鄉
1	1	COH890	23.9722	120.9524	440	埔里	南投縣埔里鎮
1	1	COH950	23.8844	120.7664	192	中寮	南投縣中寮鄉
1	1	COH960	23.9737	120.6809	120	草屯	南投縣草屯鎮
1	1	COH990	24.1213	121.2736	3076	昆陽	南投縣仁愛鄉
1	1	COH9A0	23.5327	120.8437	1595	神木村	南投縣信義鄉
1	1	COH9C0	24.1434	121.2725	3402	合歡山	南投縣仁愛鄉
1	1	COI010	24.0333	121.1818	1562	廬山	南投縣仁愛鄉
1	1	COI080	23.6897	120.8510	536	信義	南投縣信義鄉
1	1	COI090	23.7281	120.7873	910	鳳凰	南投縣鹿谷鄉
1	1	COI110	23.7612	120.6882	161	竹山	南投縣竹山鎮
1	1	COI360	23.8126	120.8498	300	水里	南投縣水里鄉
1	1	COI370	23.8957	120.9414	671	魚池	南投縣魚池鄉
1	1	COI380	23.8282	120.8015	258	集集	南投縣集集鎮
1	1	COI390	24.0221	121.1322	1184	仁愛	南投縣仁愛鄉
1	1	COI410	23.8371	120.7014	180	名間	南投縣名間鄉
1	1	COI420	24.0378	120.8551	305	國姓	南投縣國姓鄉
1	1	COI460	23.9132	120.6792	110	南投	南投縣南投市
1	1	COI480	24.0853	121.1736	2165	梅峰	南投縣仁愛鄉
1	1	COI490	23.9282	121.0914	1601	萬大林道	南投縣仁愛鄉
1	1	COI520	23.4705	120.9560	3860	玉山風口	南投縣信義鄉
1	1	COK240	23.5956	120.6935	1132	草嶺	雲林縣古坑鄉
1	1	COK250	23.7556	120.3189	59	崙背	雲林縣崙背鄉
1	1	COK280	23.6304	120.2271	23	四湖	雲林縣四湖鄉
1	1	COK291	23.5363	120.1693	8	宜梧	雲林縣口湖鄉
1	1	COK330	23.7192	120.4420	38	虎尾	雲林縣虎尾鎮
1	1	COK390	23.6790	120.3956	31	土庫	雲林縣土庫鎮
1	1	COK400	23.7206	120.5411	65	斗六	雲林縣斗六市

1	1	COK410	23.5740	120.2928	20	北港	雲林縣北港鎮
1	1	COK420	23.8004	120.4674	42	西螺	雲林縣西螺鎮
1	1	COK430	23.6909	120.3036	30	褒忠	雲林縣褒忠鄉
1	1	COK440	23.7728	120.4089	35	二崙	雲林縣雲林縣
1	1	COK450	23.6461	120.4315	35	大埤	雲林縣大埤鄉
1	1	COK460	23.6787	120.4784	60	斗南	雲林縣雲林縣
1	1	COK470	23.7487	120.6096	97	林內	雲林縣林內鄉
1	1	COK480	23.7612	120.5024	56	莿桐	雲林縣莿桐鄉
1	1	COK490	23.6543	120.5598	91	古坑	雲林縣古坑鄉
1	1	COK500	23.6498	120.3150	12	元長	雲林縣元長鄉
1	1	COK510	23.5729	120.2460	10	水林	雲林縣水林鄉
1	1	COK520	23.6744	120.1548	10	雲林東勢	雲林縣東勢鄉
1	1	COK530	23.7015	120.1976	12	臺西	雲林縣臺西鄉
1	1	COK550	23.5143	120.2297	15	蔦松	雲林縣水林鄉
1	1	COK560	23.6865	120.6034	117	棋山	雲林縣古坑鄉
1	1	COM410	23.3244	120.5820	245	馬頭山	嘉義縣大埔鄉
1	1	COM520	23.3699	120.2481	15	東後寮	嘉義縣義竹鄉
1	1	COM530	23.4939	120.6993	1385	奮起湖	嘉義縣竹崎鄉
1	1	COM640	23.4254	120.5229	155	中埔	嘉義縣中埔鄉
1	1	COM650	23.4346	120.2390	20	朴子	嘉義縣朴子市
1	1	COM660	23.6041	120.4036	40	溪口	嘉義縣溪口鄉
1	1	COM670	23.6006	120.4584	43	大林	嘉義縣大林鎮
1	1	COM680	23.4551	120.3315	37	太保	嘉義縣太保市
1	1	COM690	23.4197	120.3889	33	水上	嘉義縣水上鄉
1	1	COM700	23.5262	120.5555	150	竹崎	嘉義縣竹崎鄉
1	1	COM710	23.4589	120.1539	15	東石	嘉義縣東石鄉
1	1	COM720	23.4647	120.5542	225	番路	嘉義縣番路鄉
1	1	COM730	23.4577	120.4605	40	嘉義市東區	嘉義市親水路
1	1	COM740	23.4929	120.2906	15	六腳	嘉義縣六腳鄉
1	1	COM750	23.3809	120.1678	10	布袋	嘉義縣布袋鎮
1	1	COM760	23.5518	120.4285	40	民雄	嘉義縣民雄鄉
1	1	COM770	23.5854	120.5556	164	嘉義梅山	嘉義縣梅山鄉
1	1	COM780	23.4113	120.3084	30	鹿草	嘉義縣鹿草鄉
1	1	COM790	23.5533	120.3457	15	新港	嘉義縣新港鄉
1	1	COM800	23.2991	120.6648	440	茶山	嘉義縣阿里山
1	1	COM810	23.3891	120.7166	1354	里佳	嘉義縣阿里山
1	1	COM820	23.4540	120.7495	980	達邦	嘉義縣阿里山
1	1	COM830	23.3838	120.6682	540	山美	嘉義縣阿里山
1	1	C00810	23.2197	120.4973	161	曾文	臺南市楠西區
1	1	C00830	23.0796	120.4950	127	北寮	臺南市南化區
1	1	C00840	23.2213	120.3995	144	王爺宮	臺南市六甲區
1	1	C00860	23.1189	120.3608	38	大內	臺南市大內區
1	1	C00900	23.1129	120.2972	9	善化	臺南市善化區
1	1	C00930	23.1260	120.4606	69	玉井	臺南市玉井區
1	1	C00950	23.0767	120.1449	4	安南	臺南市安南區
1	1	C00960	22.9595	120.3693	112	崎頂	臺南市龍崎區
1	1	C00970	23.0214	120.3479	71	虎頭埤	臺南市新化區
1	1	C00980	23.0616	120.2982	18	新市	臺南市新市區
1	1	C00990	22.9918	120.2935	18	媽廟	臺南市歸仁區
1	1	COR100	22.8331	120.6839	1006	尾寮山	屏東縣三地門
1	1	COR130	22.7429	120.7437	1040	阿禮	屏東縣霧台鄉
1	1	COR140	22.6829	120.6866	740	瑪家	屏東縣瑪家鄉
1	1	COR150	22.7099	120.6399	105	三地門	屏東縣內埔鄉
1	1	COR160	22.7396	120.5308	45	鹽埔新圍	屏東縣鹽埔鄉
1	1	COR170	22.6603	120.4941	26	屏東	屏東縣屏東市

1	1	COR190	22.5923	120.6143	32	赤山	屏東縣萬巒鄉
1	1	COR220	22.5344	120.5400	23	潮州	屏東縣潮州鎮
1	1	COR240	22.5273	120.6251	87	來義	屏東縣萬巒鄉
1	1	COR260	22.3704	120.6283	76	春日	屏東縣春日鄉
1	1	COR270	22.3322	120.3622	51	琉球嶼	屏東縣琉球鄉
1	1	COR280	22.0761	120.8368	242	檳榔	屏東縣滿州鄉
1	1	COR350	21.9218	120.7358	35	貓鼻頭	屏東縣恆春鎮
1	1	COR360	21.9456	120.8022	20	墾丁	屏東縣恆春鎮
1	1	COR370	21.9920	120.8446	55	佳樂水	屏東縣滿州鄉
1	1	COR380	22.3694	120.5896	2	枋寮	屏東縣枋寮鄉
1	1	COR400	22.1902	120.6927	15	楓港	屏東縣枋山鄉
1	1	COR420	22.1678	120.8406	504	牡丹池山	屏東縣牡丹鄉
1	1	COR430	22.4649	120.4417	31	東港	屏東縣東港鎮
1	1	COR470	22.8264	120.6008	103	高樹	屏東縣高樹鄉
1	1	COR480	22.6931	120.5426	57	長治	屏東縣長治鄉
1	1	COR490	22.7405	120.4905	49	九如	屏東縣九如鄉
1	1	COR500	22.5849	120.5440	32	竹田	屏東縣竹田鄉
1	1	COR510	22.5878	120.4904	31	萬丹	屏東縣萬丹鄉
1	1	COR520	22.5148	120.5069	18	崁頂	屏東縣崁頂鄉
1	1	COR530	22.4308	120.5100	16	林邊	屏東縣林邊鄉
1	1	COR540	22.4195	120.5524	17	佳冬	屏東縣佳冬鄉
1	1	COR550	22.4679	120.5829	38	新埤	屏東縣新埤鄉
1	1	COR560	22.5434	120.4616	22	新園	屏東縣新園鄉
1	1	COR570	22.6508	120.5272	37	麟洛	屏東縣麟洛鄉
1	1	COR580	22.4859	120.5027	10	南州	屏東縣南州鄉
1	1	COR590	22.7792	120.4946	72	里港	屏東縣里港鄉
1	1	COR600	22.5882	120.6649	766	舊泰武	屏東縣泰武鄉
1	1	COR620	21.9008	120.8553	34	墾雷	屏東縣恆春鎮
1	1	COS680	22.9198	121.0392	1659	紅葉山	臺東縣延平鄉
1	1	COS690	22.6090	120.9853	522	太麻里	臺東縣太麻里
1	1	COS700	22.6849	121.0056	507	知本	臺東縣卑南鄉
1	1	COS710	22.9177	121.1230	382	鹿野	臺東縣臺東縣
1	1	COS730	22.6672	121.4753	110	綠島	臺東縣綠島鄉
1	1	COS740	23.1196	121.2095	289	池上	臺東縣池上鄉
1	1	COS750	23.2484	120.9861	2280	向陽	臺東縣海端鄉
1	1	COS760	23.0691	121.1262	1621	紅石	臺東縣海端鄉
1	1	COS770	22.4785	120.9433	375	大溪山	臺東縣太麻里
1	1	COS790	22.5381	120.9669	236	金崙	臺東縣太麻里
1	1	COS810	22.9727	121.3040	65	東河	臺東縣東河鄉
1	1	COS830	23.2868	121.4120	288	長濱	臺東縣長濱鄉
1	1	COS840	22.2797	120.8892	22	南田	臺東縣達仁鄉
1	1	COS890	23.0395	121.1750	238	關山	臺東縣關山鎮
1	1	COT790	24.1861	121.3161	2830	大禹嶺	花蓮縣秀林鄉
1	1	COT820	24.1796	121.4956	550	天祥	花蓮縣秀林鄉
1	1	COT841	24.0379	121.6095	23	新城	花蓮縣新城鄉
1	1	COT870	23.9356	121.5089	135	鯉魚潭	花蓮縣壽豐鄉
1	1	COT900	23.8119	121.4415	160	西林	花蓮縣萬榮鄉
1	1	COT960	23.6607	121.4250	120	光復	花蓮縣光復鄉
1	1	COT9A0	23.8099	121.5398	498	月眉山	花蓮縣壽豐鄉
1	1	COT9B0	23.9919	121.5372	558	水源	花蓮縣秀林鄉
1	1	COT9C0	24.1482	121.6296	109	富世	花蓮縣秀林鄉
1	1	COT9D0	24.2666	121.7413	7	和中	花蓮縣秀林鄉
1	1	COT9E0	23.8806	121.5820	415	大坑	花蓮縣壽豐鄉
1	1	COT9F0	23.7971	121.5425	283	水璉	花蓮縣壽豐鄉
1	1	COT9G0	23.7358	121.4198	650	鳳林山	花蓮縣鳳林鎮

1	1	COT9H0	23.6829	121.5274	746	加路蘭山	花蓮縣豐濱鄉
1	1	COT9I0	23.5841	121.5143	214	豐濱	花蓮縣豐濱鄉
1	1	COT9M0	23.4552	121.4950	92	靜浦	花蓮縣豐濱鄉
1	1	COU520	24.7530	121.6413	517	雙連埤	宜蘭縣員山鄉
1	1	COU600	24.8175	121.7655	10	礁溪	宜蘭縣礁溪鄉
1	1	COU620	24.7437	121.7897	17	壯圍	宜蘭縣壯圍鄉
1	1	COU650	24.6753	121.5871	494	玉蘭	宜蘭縣大同鄉
1	1	COU680	24.6324	121.7935	22	冬山	宜蘭縣冬山鄉
1	1	COU710	24.5055	121.5257	1810	太平山	宜蘭縣大同鄉
1	1	COU730	24.3972	121.3567	2036	思源	宜蘭縣大同鄉
1	1	COU750	24.8417	121.9531	398	龜山島	宜蘭縣頭城鎮
1	1	COU760	24.5219	121.8331	32	東澳	宜蘭縣南澳鄉
1	1	COU770	24.4493	121.8102	5	南澳	宜蘭縣南澳鄉
1	1	COU780	24.6864	121.7979	15	五結	宜蘭縣五結鄉
1	1	COV150	23.2602	120.6647	1163	表湖	高雄市那瑪夏
1	1	COV210	23.2224	120.8061	700	復興	高雄市桃源區
1	1	COV250	23.0801	120.5918	270	甲仙	高雄市甲仙區
1	1	COV260	22.9710	120.5399	65	月眉	高雄市杉林區
1	1	COV310	22.8987	120.5192	46	美濃	高雄市美濃區
1	1	COV350	22.7386	120.4468	36	溪埔	高雄市大樹區
1	1	COV360	22.9755	120.4668	94	內門	高雄市內門區
1	1	COV370	22.8932	120.4019	30	古亭坑	高雄市田寮區
1	1	COV400	22.8042	120.3555	56	阿公店	高雄市燕巢區
1	1	COV440	22.6467	120.3561	27	鳳山	高雄市鳳山區
1	1	COV450	22.5451	120.3926	51	鳳森	高雄市小港區
1	1	COV490	22.6274	120.2988	20	新興	高雄市新興區
1	1	COV500	22.5886	120.2859	6	旗津	高雄市旗津區
1	1	COV530	22.8832	120.3275	34	阿蓮	高雄市阿蓮區
1	1	COV610	22.7606	120.2672	22	梓官	高雄市梓官區
1	1	COV620	22.8232	120.2369	18	永安	高雄市永安區
1	1	COV630	22.9066	120.1826	19	茄萣	高雄市茄萣區
1	1	COV640	22.8871	120.2445	35	湖內	高雄市湖內區
1	1	COV650	22.7838	120.2464	28	彌陀	高雄市彌陀區
1	1	COV660	22.7971	120.2950	25	岡山	高雄市岡山區
1	1	COV670	22.7198	120.2860	20	楠梓	高雄市楠梓區
1	1	COV680	22.7011	120.3477	40	仁武	高雄市仁武區
1	1	COV690	22.6233	120.2756	30	鼓山	高雄市鼓山區
1	1	COV700	22.6450	120.3112	24	三民	高雄市三民區
1	1	COV710	22.6227	120.3307	34	苓雅	高雄市苓雅區
1	1	COV720	22.5077	120.3945	15	林園	高雄市林園區
1	1	COV730	22.6056	120.3957	33	大寮	高雄市大寮區
1	1	COV740	22.8886	120.4836	60	旗山	高雄市旗山區
1	1	COV750	22.8550	120.2594	50	路竹	高雄市路竹區
1	1	COV760	22.7578	120.3058	30	橋頭	高雄市橋頭區
1	1	COV770	22.7303	120.3466	26	大社	高雄市大社區
1	1	COV790	22.9059	120.6881	410	萬山	高雄市茂林區
1	1	COV800	22.9979	120.6336	256	六龜	高雄市六龜區
1	1	COV810	22.6749	120.2849	32	左營	高雄市左營區
1	1	COW110	25.9652	119.9681	16	東莒	連江縣莒光鄉
1	1	COW120	23.5626	119.4684	58	西嶼	澎湖縣西嶼鄉
1	1	COW130	23.3999	119.3228	25	花嶼	澎湖縣望安鄉
1	1	COW140	24.4883	118.4088	21	金沙	金門縣金沙鎮
1	1	COW150	24.4577	118.3290	42	金寧	金門縣金寧鄉
1	1	COW160	24.9938	119.4548	25	烏坵	金門縣烏坵鄉
1	1	COX050	23.2966	120.3856	25	東河	臺南市東山區

1	1	COX060	23.2269	120.2562	19	下營	臺南市下營區
1	1	COX080	23.1730	120.1450	2	佳里	臺南市佳里區
1	1	COX100	23.0104	120.1942	10	臺南市北區	臺南市北區文
1	1	COX110	22.9612	120.1884	20	臺南市南區	臺南市南區明
1	1	COX120	23.1833	120.2486	28	麻豆	臺南市麻豆區
1	1	COX130	23.1932	120.3154	27	官田	臺南市官田區
1	1	COX140	23.1256	120.2031	17	西港	臺南市西港區
1	1	COX150	23.1026	120.2278	18	安定	臺南市安定區
1	1	COX160	22.9682	120.2576	26	仁德	臺南市仁德區
1	1	COX170	22.9630	120.3278	50	關廟	臺南市關廟區
1	1	COX180	23.0757	120.3633	62	山上	臺南市山上區
1	1	COX190	22.9932	120.1522	10	安平	臺南市安平區
1	1	COX200	23.0568	120.4085	61	左鎮	臺南市左鎮區
1	1	COX210	23.3475	120.4144	38	白河	臺南市白河區
1	1	COX220	23.2304	120.1822	26	學甲	臺南市學甲區
1	1	COX230	23.2726	120.2476	29	鹽水	臺南市鹽水區
1	1	COX240	23.3312	120.5080	394	關子嶺	臺南市白河區
1	1	COX250	23.3107	120.3167	33	新營	臺南市新營區
1	1	COX260	23.3664	120.3623	39	後壁	臺南市後壁區
1	1	COX270	23.2572	120.3736	33	柳營	臺南市柳營區
1	1	COX280	23.2150	120.1358	22	將軍	臺南市將軍區
1	1	COX290	23.2678	120.1255	10	北門	臺南市北門區
1	1	COX300	23.3860	120.4773	70	鹿寮	臺南市白河區
1	1	COX310	23.1473	120.0863	9	七股	臺南市七股區
1	1	COZ020	23.2087	121.2623	211	明里	花蓮縣富里鄉
1	1	COZ050	23.3455	121.2132	704	佳心	花蓮縣卓溪鄉
1	1	COZ061	23.3215	121.3397	174	玉里	花蓮縣玉里鎮
1	1	COZ070	23.4681	121.3741	272	舞鶴	花蓮縣瑞穗鄉
1	1	COZ080	23.5876	121.3782	298	富源	花蓮縣光復鄉
1	1	COZ100	23.8953	121.5498	36	東華	花蓮縣壽豐鄉

表 3.1.3 氣象局自動雨量站(newcum)測站資料

! MDAS cwb new_cum station id 2016/08/04								
use	wei	cwb_id	wgs84 lat	wgs84 lon	height (m)	name	location	
1	1	C1A630	24.7710	121.5386	527	下盆	新北市烏來區	
1	1	C1A730	25.0144	121.5395	22	公館	臺北市大安區	
1	1	C1A9N0	24.9342	121.5933	435	四十份份	新北市新店區	
1	1	C1AC50	25.1335	121.4693	111	關渡	臺北市北投區	
1	1	C1C510	24.9401	121.0872	106	水尾	桃園市楊梅區	
1	1	C1D380	24.8475	121.0383	65	新埔	新竹縣新埔鎮	
1	1	C1D400	24.7191	121.2839	839	烏嘴山	新竹縣尖石鄉	
1	1	C1D410	24.5794	121.0799	1290	白蘭	新竹縣五峰鄉	
1	1	C1D420	24.6328	121.1606	1279	太閣南	新竹縣五峰鄉	
1	1	C1D630	24.7665	121.1192	462	飛鳳山	新竹縣芎林鄉	
1	1	C1D640	24.6444	121.0910	718	外坪	新竹縣北埔鄉	
1	1	C1E451	24.3686	120.9402	950	象鼻	苗栗縣泰安鄉	
1	1	C1E461	24.3980	120.9860	1325	松安	苗栗縣泰安鄉	
1	1	C1E480	24.5548	121.0347	576	鳳美	苗栗縣南庄鄉	
1	1	C1E511	24.3477	120.8270	326	新開	苗栗縣大湖鄉	
1	1	C1E601	24.5725	120.7348	125	南勢	苗栗縣後龍鎮	
1	1	C1E670	24.5383	121.0028	1209	南礦	苗栗縣南庄鄉	
1	1	C1E681	24.4217	120.9238	977	南勢山	苗栗縣泰安鄉	
1	1	C1E691	24.4014	120.8375	786	南湖	苗栗縣大湖鄉	
1	1	C1E701	24.4918	120.9276	737	八卦	苗栗縣泰安鄉	
1	1	C1E711	24.3673	120.9017	990	馬拉邦山	苗栗縣大湖鄉	
1	1	C1E721	24.4890	120.9680	1409	泰安	苗栗縣泰安鄉	
1	1	C1E770	24.5269	120.8308	83	公館	苗栗縣公館鄉	
1	1	C1F871	24.2035	121.0186	1000	上谷關	臺中市和平區	
1	1	C1F891	24.2635	121.0056	2205	稍來	臺中市和平區	
1	1	C1F911	24.2214	120.8411	417	新伯公	臺中市東勢區	
1	1	C1F941	24.2806	121.0266	2620	雪嶺	臺中市和平區	
1	1	C1F9B1	24.0662	120.7352	130	桐林	臺中市霧峰區	
1	1	C1F9C1	24.1828	120.9299	610	白冷	臺中市和平區	
1	1	C1F9D1	24.1583	120.8869	639	白毛台	臺中市新社區	
1	1	C1F9E1	24.1605	120.8320	563	龍安	臺中市新社區	
1	1	C1F9F1	24.2724	120.8490	500	伯公龍	臺中市東勢區	
1	1	C1F9G1	24.1809	120.8484	810	慶福山	臺中市東勢區	
1	1	C1F9H1	24.2791	120.9458	930	烏石坑	臺中市和平區	
1	1	C1F9J1	24.0712	120.8204	723	清水林	臺中市太平區	
1	1	C1F9W0	24.2548	121.1903	1970	德基	臺中市和平區	
1	1	C1G690	23.8161	120.5676	110	下水埔	彰化縣溪州鄉	
1	1	C1H000	24.1094	121.2052	2454	翠峰	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1H860	24.1238	121.1835	1676	瑞岩	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1H900	24.0808	120.9630	934	清流	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1H920	24.1020	120.8799	736	長豐	南投縣國姓鄉	
1	1	C1H941	23.9674	120.8022	630	雙冬	南投縣草屯鎮	
1	1	C1H971	23.9250	120.6380	429	六分寮	南投縣鳳鳴里	
1	1	C1H9B1	24.1263	120.9947	1710	阿眉	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1I020	23.9798	121.1323	1120	萬大	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1I030	23.9132	121.0525	948	武界	南投縣仁愛鄉	
1	1	C1I050	23.7537	121.1411	2568	丹大	南投縣信義鄉	
1	1	C1I070	23.5911	120.8889	825	和社	南投縣信義鄉	
1	1	C1I101	23.6618	120.8076	1810	溪頭	南投縣鹿谷鄉	

1	1	C1I121	23.6784	120.7600	1515	大鞍	南投縣竹山鎮
1	1	C1I131	23.6419	120.6541	311	桶頭	南投縣竹山鎮
1	1	C1I140	23.7544	121.0879	1700	卡奈托灣	南投縣信義鄉
1	1	C1I150	23.7934	120.9494	393	青雲	南投縣信義鄉
1	1	C1I201	23.7287	120.7121	677	中心崙	南投縣竹山鎮
1	1	C1I211	23.9340	120.8120	529	蘆竹浦	南投縣中寮鄉
1	1	C1I220	23.9053	120.8470	1098	樟湖	南投縣國姓鄉
1	1	C1I230	23.9619	120.8450	837	九份二山	南投縣國姓鄉
1	1	C1I240	23.9587	120.9179	725	外大坪	南投縣埔里鎮
1	1	C1I250	23.9619	120.9911	732	鯉潭	南投縣埔里鎮
1	1	C1I260	23.9246	121.0069	601	北坑	南投縣埔里鎮
1	1	C1I280	23.8208	120.6426	439	埔中	南投縣名間鄉
1	1	C1I290	23.6682	120.8874	1151	豐丘	南投縣信義鄉
1	1	C1I310	23.7545	120.8840	1033	西巒	南投縣南投縣
1	1	C1I320	23.9530	121.1786	1275	奧萬大	南投縣仁愛鄉
1	1	C1I330	23.9868	121.0761	1266	楓樹林	南投縣仁愛鄉
1	1	C1I340	23.5633	120.8687	897	新興橋	南投縣信義鄉
1	1	C1I400	24.0188	121.0045	1399	凌霄	南投縣仁愛鄉
1	1	C1I430	24.1920	121.2243	2415	翠華	南投縣仁愛鄉
1	1	C1I440	23.4787	120.8789	2540	新高口	南投縣信義鄉
1	1	C1I450	23.5942	120.9443	3025	望鄉山	南投縣信義鄉
1	1	C1I470	23.6395	120.7864	1680	杉林溪	南投縣竹山鎮
1	1	C1I500	23.8586	120.9949	2017	大尖山	南投縣仁愛鄉
1	1	C1I510	23.7615	120.8330	1208	線浸林道	南投縣鹿谷鄉
1	1	C1K540	23.5853	120.1805	15	口湖	雲林縣口湖鄉
1	1	C1M390	23.4067	120.6544	1090	龍美	嘉義縣番路鄉
1	1	C1M400	23.2519	120.5761	369	菜瓜坪	嘉義縣大埔鄉
1	1	C1M480	23.5370	120.6078	798	獨立山	嘉義縣竹崎鄉
1	1	C1M570	23.4750	120.6202	728	大湖	嘉義縣番路鄉
1	1	C1M600	23.4064	120.6033	986	頭凍	嘉義縣番路鄉
1	1	C1M610	23.4966	120.6635	1083	石磐龍	嘉義縣竹崎鄉
1	1	C1M620	23.5451	120.6752	1252	瑞里	嘉義縣梅山鄉
1	1	C1N001	22.9355	120.3094	24	沙崙	臺南市歸仁區
1	1	C1O850	23.1486	120.4186	44	環湖	臺南市大內區
1	1	C1O870	23.3116	120.5223	1249	大棟山	臺南市白河區
1	1	C1O880	23.1734	120.5941	223	關山	臺南市南化區
1	1	C1O921	23.1835	120.4841	115	楠西	臺南市楠西區
1	1	C1R110	22.7701	120.6452	110	口社	屏東縣三地門
1	1	C1R120	22.7633	120.7044	820	上德文	屏東縣三地門
1	1	C1R201	22.6671	120.6020	63	龍泉	屏東縣內埔鄉
1	1	C1R250	22.4281	120.6292	92	力里	屏東縣春日鄉
1	1	C1R290	22.1126	120.7566	260	石門山	屏東縣牡丹鄉
1	1	C1R300	22.1946	120.8877	13	旭海	屏東縣牡丹鄉
1	1	C1R320	22.0744	120.7162	7	車城	屏東縣車城鄉
1	1	C1R330	22.2469	120.6611	9	枋山	屏東縣枋山鄉
1	1	C1R340	22.1300	120.7926	230	牡丹	屏東縣牡丹鄉
1	1	C1R440	22.4053	120.7532	1654	大漢山	屏東縣春日鄉
1	1	C1R610	22.6177	120.7322	1828	西大武山	屏東縣泰武鄉
1	1	C1S620	22.4531	120.8876	122	土阪	臺東縣達仁鄉
1	1	C1S630	22.8784	121.2280	23	都蘭	臺東縣東河鄉
1	1	C1S660	23.1502	121.0700	794	下馬	臺東縣海端鄉
1	1	C1S670	23.1995	121.0270	1580	摩天	臺東縣海端鄉
1	1	C1S800	22.6579	121.0233	80	華源	臺東縣太麻里
1	1	C1S820	22.5910	120.9332	177	金峰	臺東縣金峰鄉
1	1	C1S850	23.1221	121.2624	489	豐南	花蓮縣富里鄉

1	1	C1S860	22.8094	121.0505	516	利嘉	臺東縣卑南鄉
1	1	C1S870	23.1503	121.3823	222	南美山	臺東縣成功鎮
1	1	C1S880	22.2389	120.8589	474	壽卡	臺東縣達仁鄉
1	1	C1T800	24.2046	121.4540	1260	洛韶	花蓮縣秀林鄉
1	1	C1T810	24.1920	121.3884	2049	慈恩	花蓮縣秀林鄉
1	1	C1T830	24.1718	121.5713	675	布洛灣	花蓮縣秀林鄉
1	1	C1T850	23.9733	121.5628	50	吉安	花蓮縣吉安鄉
1	1	C1T860	23.9660	121.4927	168	銅門	花蓮縣秀林鄉
1	1	C1T890	23.8691	121.5079	40	壽豐	花蓮縣壽豐鄉
1	1	C1T910	23.8536	121.4047	653	東壩	花蓮縣萬榮鄉
1	1	C1T920	23.7695	121.4987	68	中興	花蓮縣壽豐鄉
1	1	C1T930	23.7436	121.4456	130	鳳林	花蓮縣鳳林鎮
1	1	C1T940	23.7142	121.3731	539	大觀	花蓮縣萬榮鄉
1	1	C1T950	23.6667	121.3701	1050	太安	花蓮縣萬榮鄉
1	1	C1T970	23.6152	121.4133	183	大農	花蓮縣光復鄉
1	1	C1T980	24.0233	121.4113	1306	龍澗	花蓮縣秀林鄉
1	1	C1T990	23.3942	121.3568	128	高寮	花蓮縣玉里鎮
1	1	C1U501	24.6378	121.5737	280	牛鬥	宜蘭縣大同鄉
1	1	C1U511	24.5716	121.6716	492	古魯	宜蘭縣大同鄉
1	1	C1U580	24.9072	121.8734	8	北關	宜蘭縣頭城鎮
1	1	C1U610	24.7859	121.6783	268	大礁溪	宜蘭縣礁溪鄉
1	1	C1U630	24.7150	121.6794	140	再連	宜蘭縣員山鄉
1	1	C1U660	24.6706	121.6544	103	三星	宜蘭縣三星鄉
1	1	C1U670	24.6341	121.7167	147	寒溪	宜蘭縣冬山鄉
1	1	C1U690	24.6255	121.7512	101	新寮	宜蘭縣冬山鄉
1	1	C1U720	24.4374	121.3817	1260	南山	宜蘭縣大同鄉
1	1	C1U830	24.4827	121.8394	618	烏石鼻	宜蘭縣蘇澳鎮
1	1	C1U840	24.5378	121.8485	750	東澳嶺	宜蘭縣南澳鄉
1	1	C1U850	24.3832	121.7786	683	觀音海岸	宜蘭縣南澳鄉
1	1	C1U860	24.8532	121.8308	5	頭城	宜蘭縣頭城鎮
1	1	C1V160	23.2798	120.7053	1040	達卡努瓦	高雄市那瑪夏
1	1	C1V170	23.4636	120.9541	3690	排雲	高雄市桃源區
1	1	C1V190	23.2740	120.9118	2700	南天池	高雄市桃源區
1	1	C1V200	23.2684	120.8236	870	梅山	高雄市桃源區
1	1	C1V220	23.1542	120.8136	1781	小關山	高雄市桃源區
1	1	C1V231	23.1349	120.7167	731	高中	高雄市桃源區
1	1	C1V300	23.0019	120.7153	1637	御油山	高雄市桃源區
1	1	C1V340	22.8883	120.6459	190	大津	高雄市六龜區
1	1	C1V390	22.8131	120.3677	60	尖山	高雄市燕巢區
1	1	C1V570	22.8542	120.5454	82	吉東	高雄市美濃區
1	1	C1V580	23.0849	120.7884	1656	溪南	高雄市桃源區
1	1	C1V590	23.0570	120.6460	741	新發	高雄市六龜區
1	1	C1V600	23.0719	120.7570	1561	藤枝	高雄市桃源區
1	1	C1V780	22.8880	120.7379	1050	多納林道	高雄市茂林區
1	1	C1X040	23.2915	120.4638	232	東原	臺南市東山區
1	1	C1Z010	23.2970	121.2716	198	卓樂	花蓮縣卓溪鄉
1	1	C1Z030	23.4931	121.3388	218	紅葉	花蓮縣萬榮鄉
1	1	C1Z040	23.4433	121.3273	434	立山	花蓮縣卓溪鄉
1	1	C1Z090	24.1169	121.6051	706	三棧	花蓮縣秀林鄉

表 3.1. 農業測站(agr)測站資料

台灣地區農業氣象觀測網一級農業氣象站各站基本資料							88.05.18
use	wei	cwb_id	twd67 lat	twd67 lon	height (m)	name	
1	1	72C44	24.9500	121.0250	33.5	桃園區農業改良場	
1	1	82C16	24.9000	121.2000	195.0	茶業改良場	
1	1	72D08	24.6167	121.1500	1208.0	桃園區農業改良場五峰工作站	
1	1	K2E36	24.5000	120.8167	100.0	苗栗區農業改良場	
1	1	G2F82	24.0333	120.6667	85.0	農業試驗所	
1	1	72G60	24.0186	120.5067	19.0	台中區農業改良場	
1	1	U2H48	23.6667	120.7833	1150.0	台大實驗林溪頭營林區	
1	1	72K22	23.6375	125.4667	35.0	台南區農業改良場雲林分場	
1	1	A2K36	23.7200	120.1822	1.0	水產試驗所台西分所	
1	1	72M36	23.3375	120.2361	6.0	台南區農業改良場義竹工作站	
1	1	B2N89	23.0606	120.3275	31.0	畜產試驗所	
1	1	72Q01	22.6667	120.5000	24.0	高雄區農業改良場	
1	1	A2Q95	22.4722	120.4333	5.0	水產試驗所東港分所	
1	1	B2Q81	21.9667	120.8000	20.0	畜產試驗所恆春分所	
1	1	72U48	24.7000	121.7000	27.0	花蓮區農業改良場蘭陽分場	
1	1	72T25	23.9667	121.5667	36.0	花蓮區農業改良場	
1	1	72S20	22.8350	121.0667	240.0	台東區農業改良場斑鳩分場	

表 3.1.5 機場天氣報(metar)測站資料

METAR STATION						
use	wei	cwb_id	wgs84 lat	wgs84 lon	height (m)	name
1	1	RCTP	25.0805	121.2261	55.7	桃園航空氣象台
1	1	RCSS	25.0717	121.5528	15.0	台北松山航空氣象台
1	1	RCKH	22.5733	120.3486	11.7	高雄航空氣象台
1	1	RCFN	22.7567	121.0933	42.0	台東豐年航空氣象台
1	1	RCLY	22.0294	121.5272	13.4	台東蘭嶼航空氣象台
1	1	RCGI	22.6744	121.4583	8.5	台東綠島航空氣象台
1	1	RCMT	26.2267	119.9992	12.5	馬祖北竿航空氣象台
1	1	RCBS	24.4319	118.3567	40.2	金門尚義航空氣象台
1	1	RCFG	26.1605	119.9572	70.7	馬祖南竿航空氣象台
1	1	RCKW	22.0408	120.7303	14.0	屏東恆春航空氣象台
1	1	RCDC	22.6724	120.4617	24.0	屏東南機場(六天中)
1	1	RCSQ	22.7002	120.4820	29.0	屏東北機場(六天中)
1	1	RCAY	22.7825	120.2626	10.0	高雄岡山空軍基地(十一天中)
1	1	RCQS	22.7931	121.1820	37.0	台東志航機場(十天中)
1	1	RCNN	22.9504	120.2058	19.0	台南機場(一天中)
1	1	RCKU	23.4618	120.3928	25.0	嘉義水上機場(四天中)
1	1	RCQC	23.5687	119.6283	31.0	澎湖馬公機場(七天中)
1	1	RCYU	24.0230	121.6180	16.0	花蓮機場(九天中)
1	1	RCMQ	24.2650	120.6210	202.0	台中清泉崗機場(七天中)
1	1	RCPO	24.8180	120.9390	8.0	新竹機場(二天中)
1	1	ROYN	24.4670	122.9780	21.0	與那國島機場
1	1	ZSAM	24.5406	118.1354	18.0	廈門機場
1	1	ZSFZ	25.9359	119.6662	14.0	福建機場

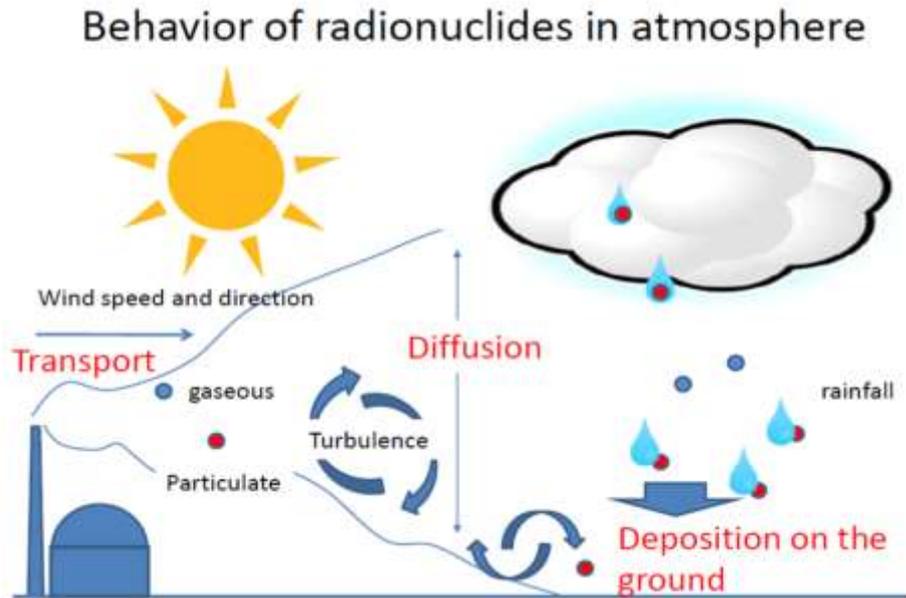
表 4.1.1 釋放率回推之方法採用表

No.	Release period (month/day time JST)	Release duration (h)	Release rate of ¹³¹ I (Bq h ⁻¹)	¹³¹ I/ ¹³⁷ Cs	Release height (m)
1	3/12 05:00-3/12 09:30	4.5	3.7 × 10 ¹³	10	20
2	3/12 09:30-3/12 15:30	6	1.7 × 10 ¹³	10	120
3	3/12 15:30-3/12 16:00	0.5	3.0 × 10 ¹⁵	10	Volume source ^a
4	3/12 16:00-3/13 23:00	31	8.4 × 10 ¹³	10	120
5	3/13 23:00-3/14 11:00	12	3.6 × 10 ¹³	10	120
6	3/14 11:00-3/14 11:30	0.5	3.0 × 10 ¹⁵	10	Volume source ^a
7	3/14 11:30-3/14 21:30	10	2.3 × 10 ¹²	10	20
8	3/14 21:30-3/15 00:00	2.5	1.3 × 10 ¹⁵	10	120
9	3/15 00:00-3/15 07:00	7	3.5 × 10 ¹⁴	8.8	120
10	3/15 07:00-3/15 10:00	3	3.0 × 10 ¹⁵	10	20
11	3/15 10:00-3/15 13:00	3	8.0 × 10 ¹³	10	20
12	3/15 13:00-3/15 17:00	4	4.0 × 10 ¹⁵	10	20
13	3/15 17:00-3/17 06:00	37	2.1 × 10 ¹⁴	70	20
14	3/17 06:00-3/19 15:00	57	4.1 × 10 ¹⁴	41	20
15	3/19 15:00-3/21 03:00	36	3.8 × 10 ¹⁴	11	20
16 ^b	3/21 03:00-3/21 21:00	18	1.4 × 10 ¹⁴	10 (131)	20
17	3/21 21:00-3/22 23:00	26	4.1 × 10 ¹⁴	87	20
18	3/22 23:00-3/24 00:00	25	7.1 × 10 ¹⁴	80	20
19	3/24 00:00-3/25 00:00	24	1.9 × 10 ¹⁴	66	20
20	3/25 00:00-3/26 11:00	35	5.6 × 10 ¹³	45	20
21	3/26 11:00-3/28 10:00	47	4.0 × 10 ¹²	23	20
22	3/28 10:00-3/29 21:00 (3/28 10:00-3/30 00:00)	35 (38)	7.5 × 10 ¹²	1.6	20
23 ^c	3/29 21:00-3/30 11:00	14	1.5 × 10 ¹³	1.7	20
24	3/30 11:00-3/31 00:00 (3/30 00:00-3/31 00:00)	13 (24)	1.8 × 10 ¹⁴	1.3	20
25	3/31 00:00-3/31 22:00	22	2.4 × 10 ¹³	5.3	20
26	3/31 22:00-4/2 09:00	35	1.8 × 10 ¹²	1.1	20
27	4/2 09:00-4/4 09:00	48	1.8 × 10 ¹²	3.1	20
28	4/4 09:00-4/7 17:00 (4/4 09:00-4/6 00:00)	80	7.0 × 10 ¹¹	4.9	20
29 ^d	4/7 17:00-4/13 23:00	150	7.0 × 10 ¹¹	2.0	20
30 ^d	4/13 23:00-5/1 00:00	409	7.0 × 10 ¹¹	4.0	20

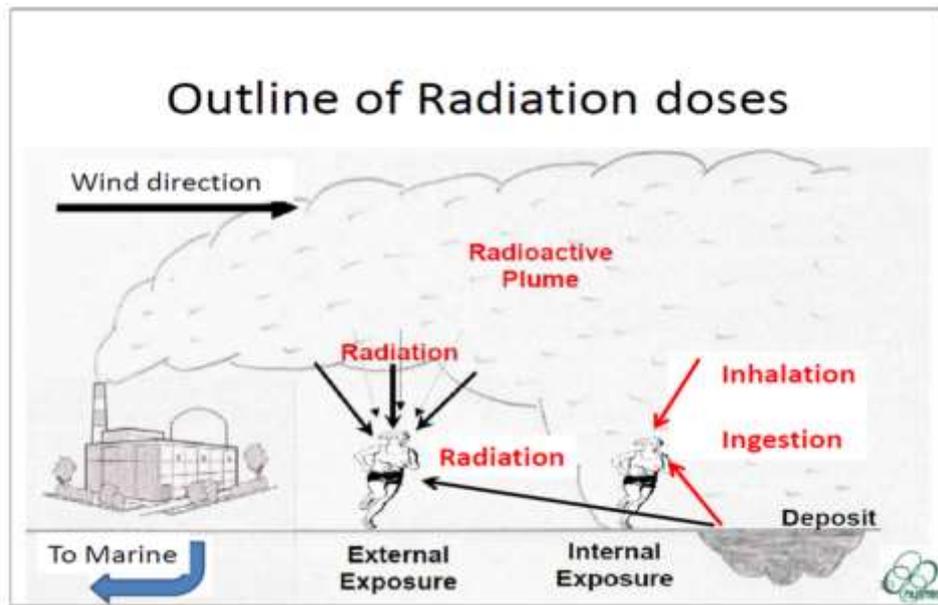
表 4.1.2 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果(unit: Bq/sec)

Iteration Times	Release Rates of Source Term Estimation Result														
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
iter-1	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	-999	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-2	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-3	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-4	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-5	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-6	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-7	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-8	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-9	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-10	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-11	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-12	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-13	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-14	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
iter-15	1.1E+09	4.7E+08	-999	2.3E+09	1.0E+09	8.4E+10	6.4E+08	-999	1.2E+10	8.3E+10	2.3E+09	1.1E+11	8.4E+08	2.8E+09	9.6E+09
JAEA	1.0E+09	4.7E+08	8.3E+10	2.3E+09	1.0E+09	8.3E+10	6.4E+08	3.6E+10	1.1E+10	8.3E+10	2.2E+09	1.1E+11	8.3E+08	2.8E+09	9.6E+09

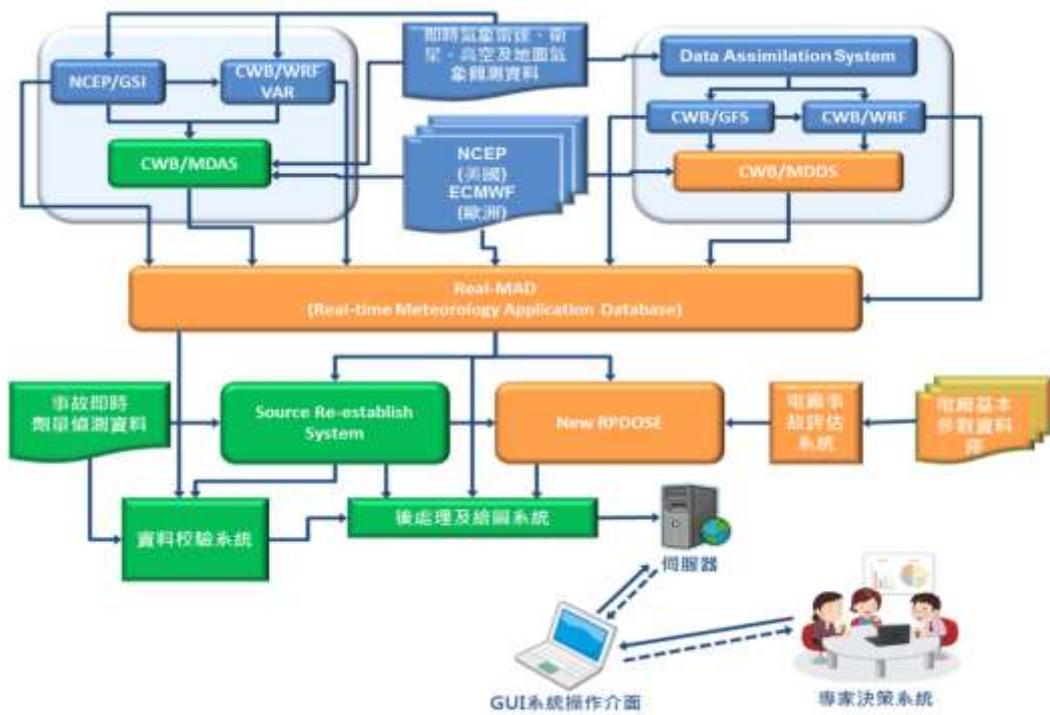
附圖



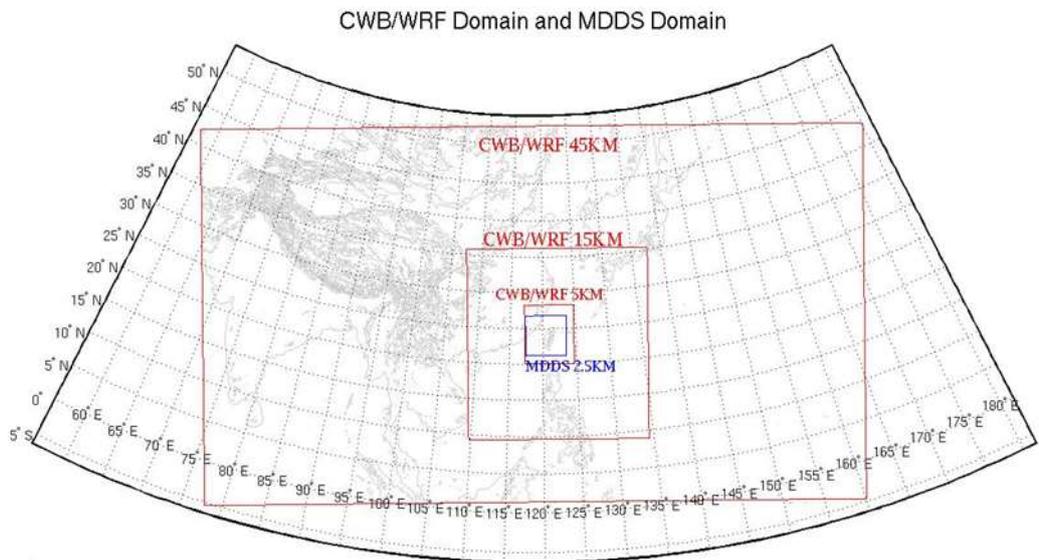
圖一：核子事故排放之放射性物質在空氣中的行為示意圖。



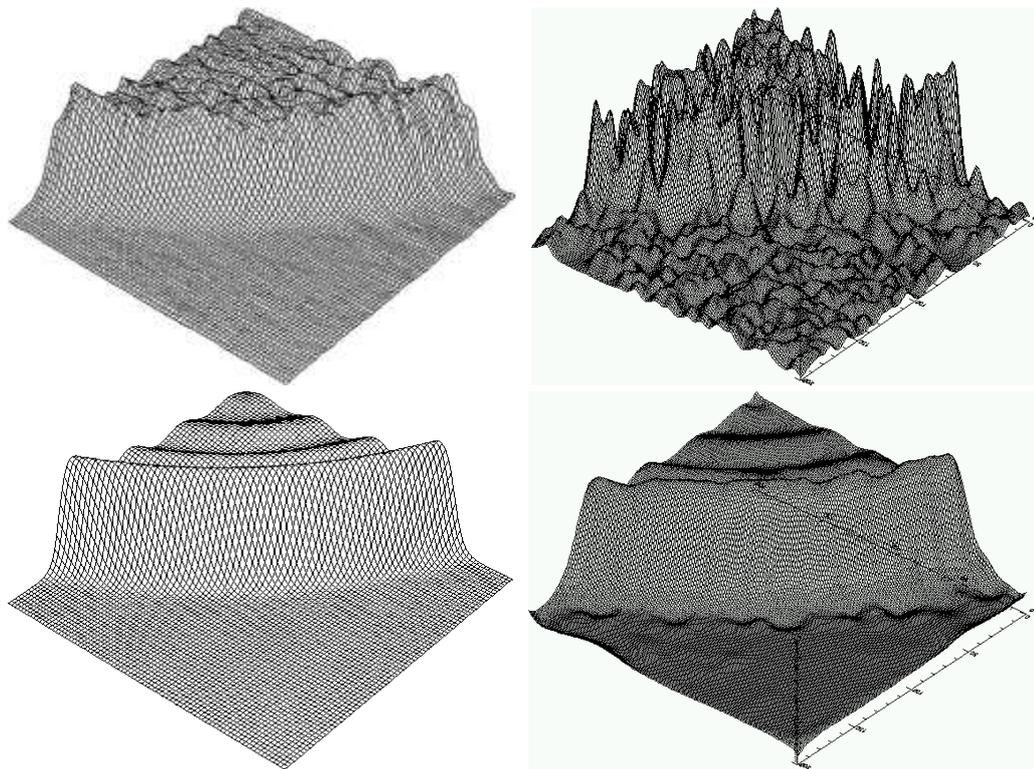
圖二：人體接收輻射雲團的劑量途徑示意圖。



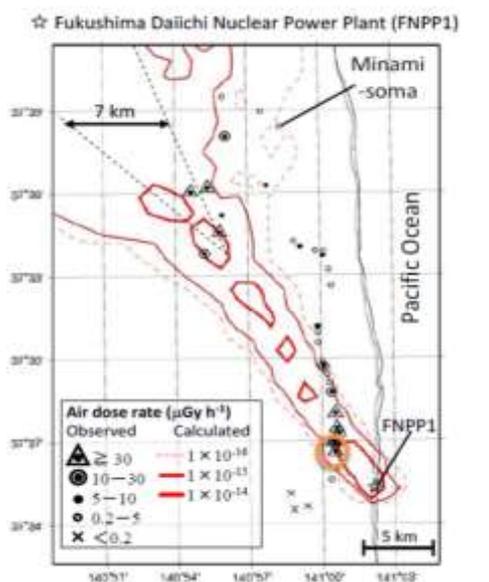
圖三：新一代核子事故緊急應變劑量評估系統規劃圖。



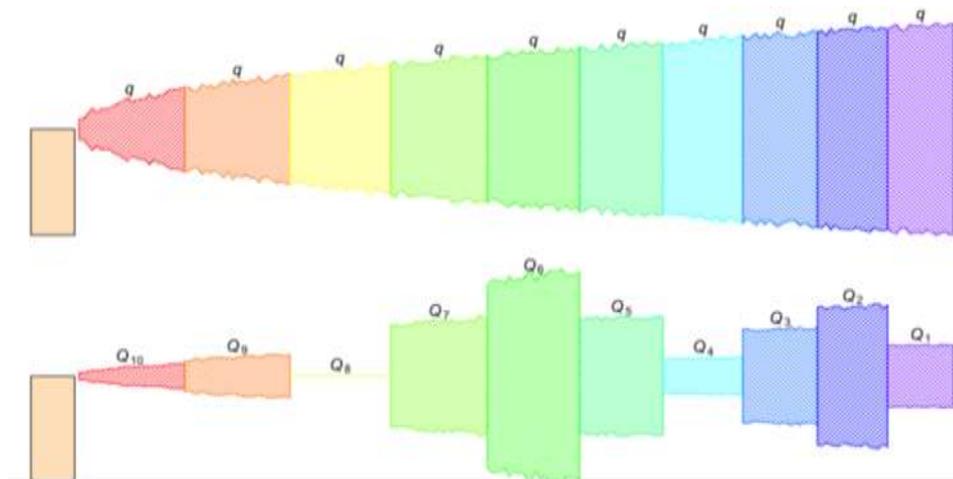
圖四：CWB/WRF 不同解析度所包含的範圍及 MDDS 高解析度氣象資訊之範圍。紅色方框為 CWB/WRF，藍色方框為 MDDS 2.5 公里解析度範圍。



圖五：利用多重尺度之複雜現象的理想化試驗數據進行不同資料同化(或客觀分析)的比較。上圖左為 Barnes 方法、上圖右為現行的 3DVAR 方法、下圖左為理想化試驗數據圖、下圖右為連續變分的方法。



圖六：福島事故觀測資料點與劑量模擬計算結果



圖七：釋放率時序變化

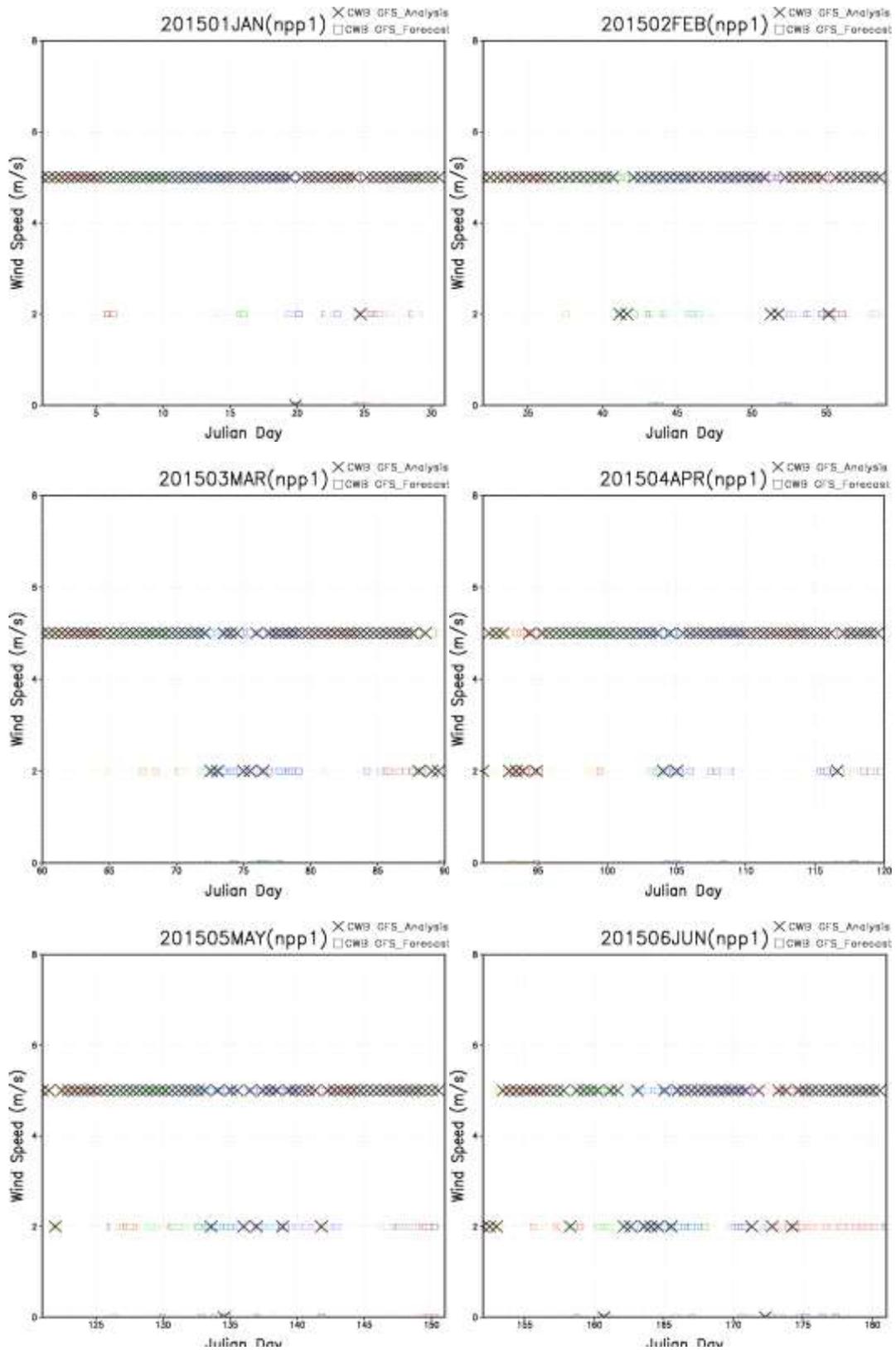


圖 1.3.1: 2015 年(上半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)。

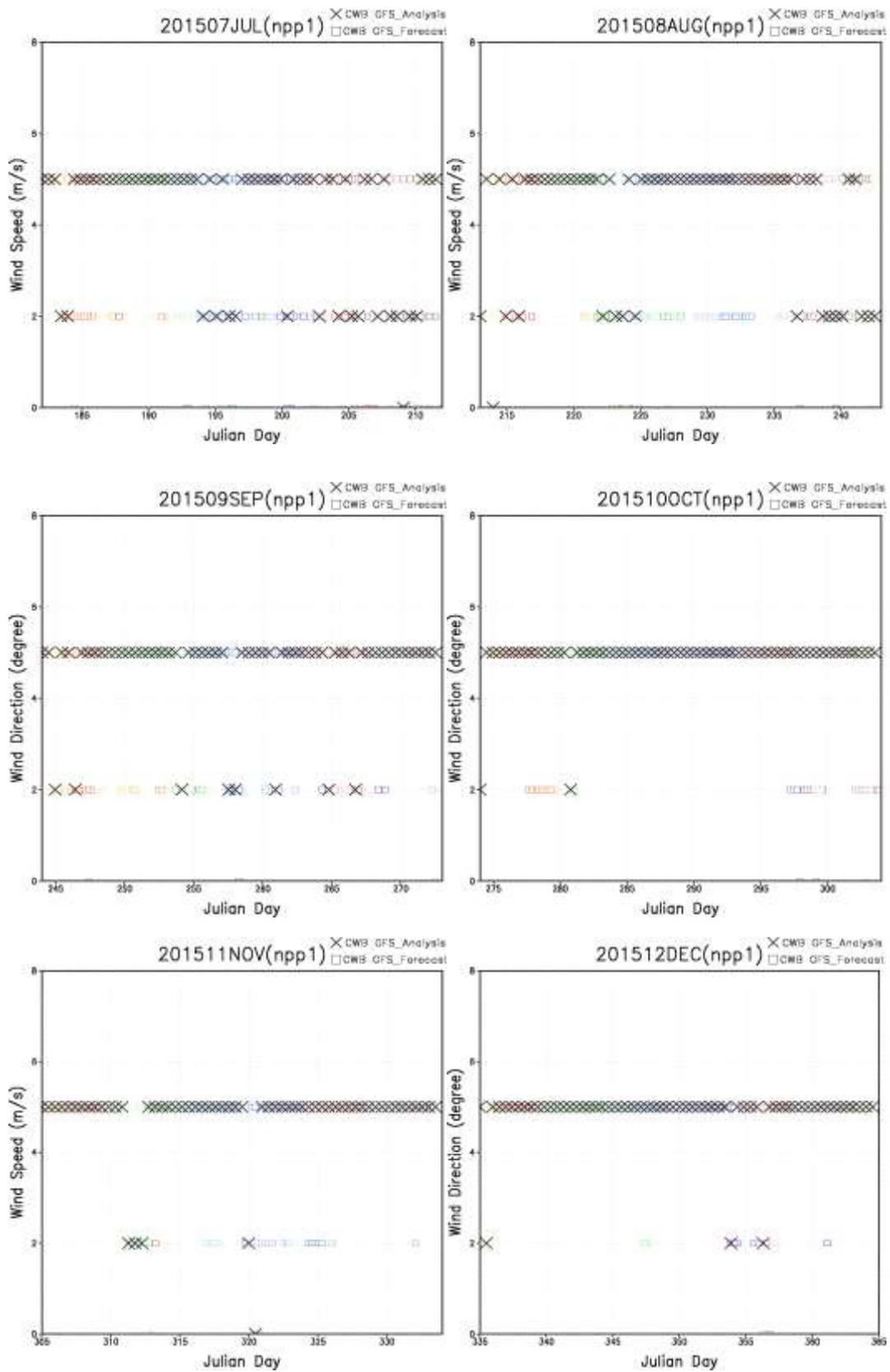


圖 1.3.2: 2015 年(下半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

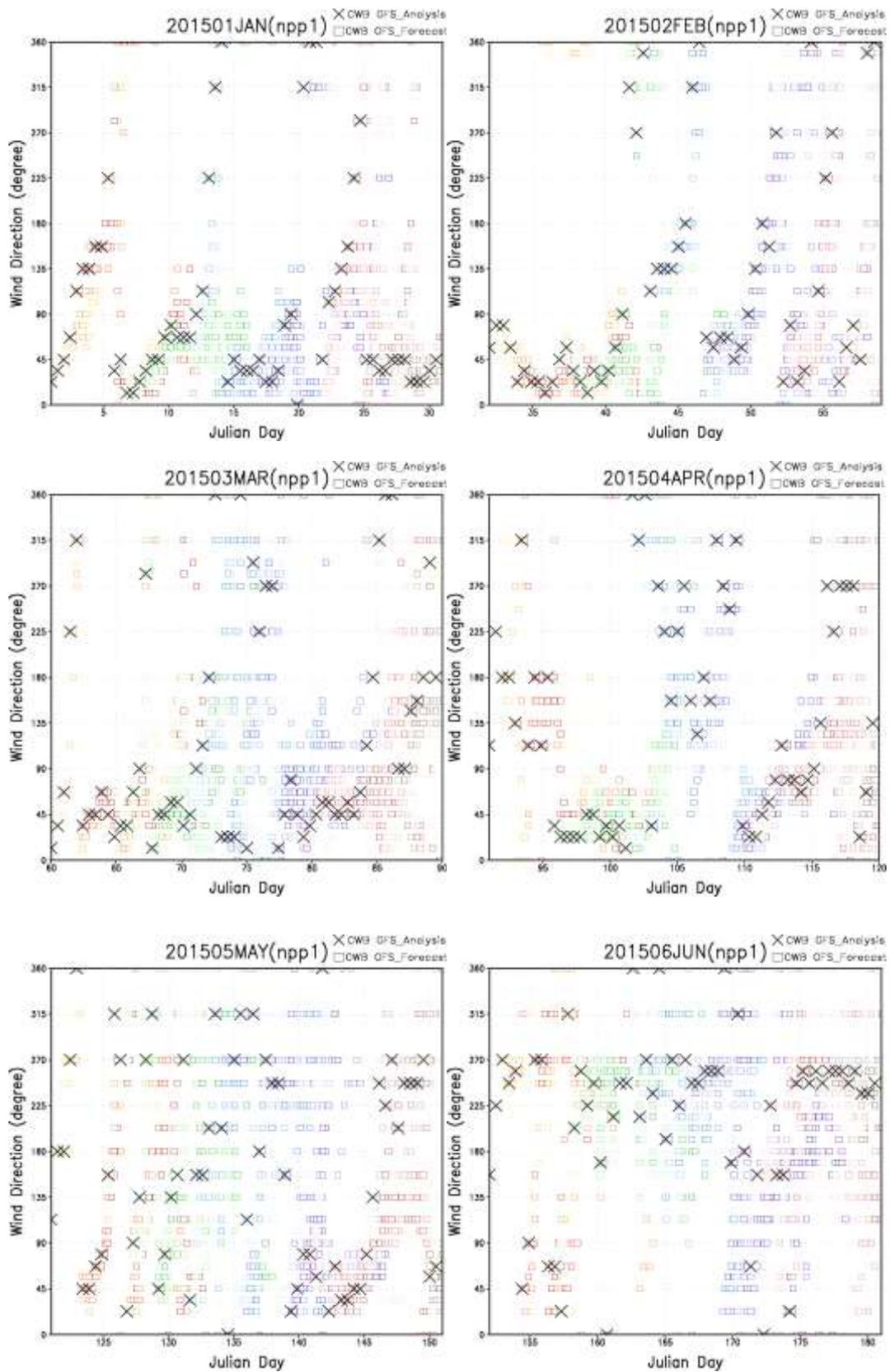


圖 1.3.3: 2015 年(上半年)核一廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

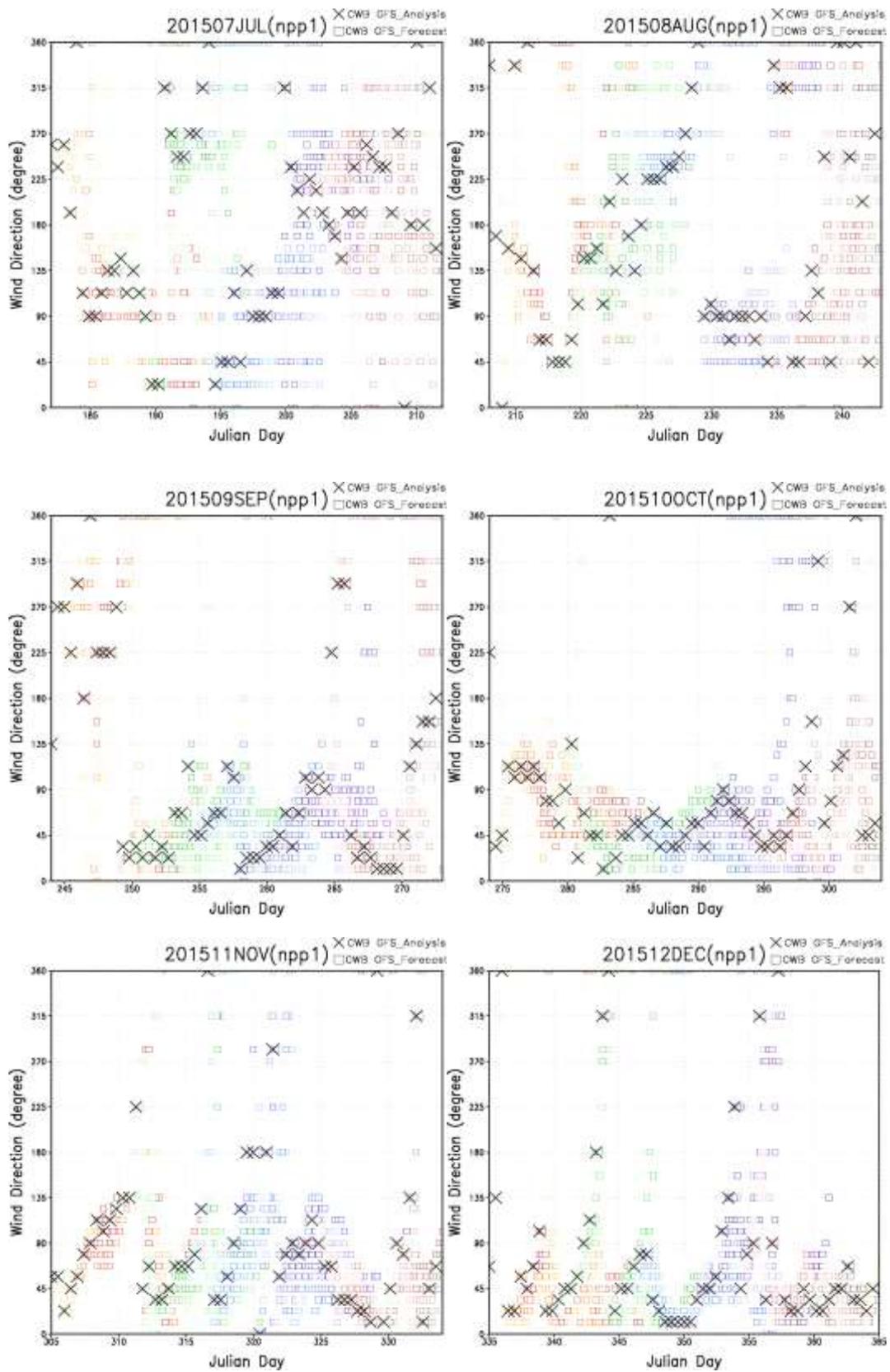


圖 1.3.4: 2015 年(下半年)核一廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

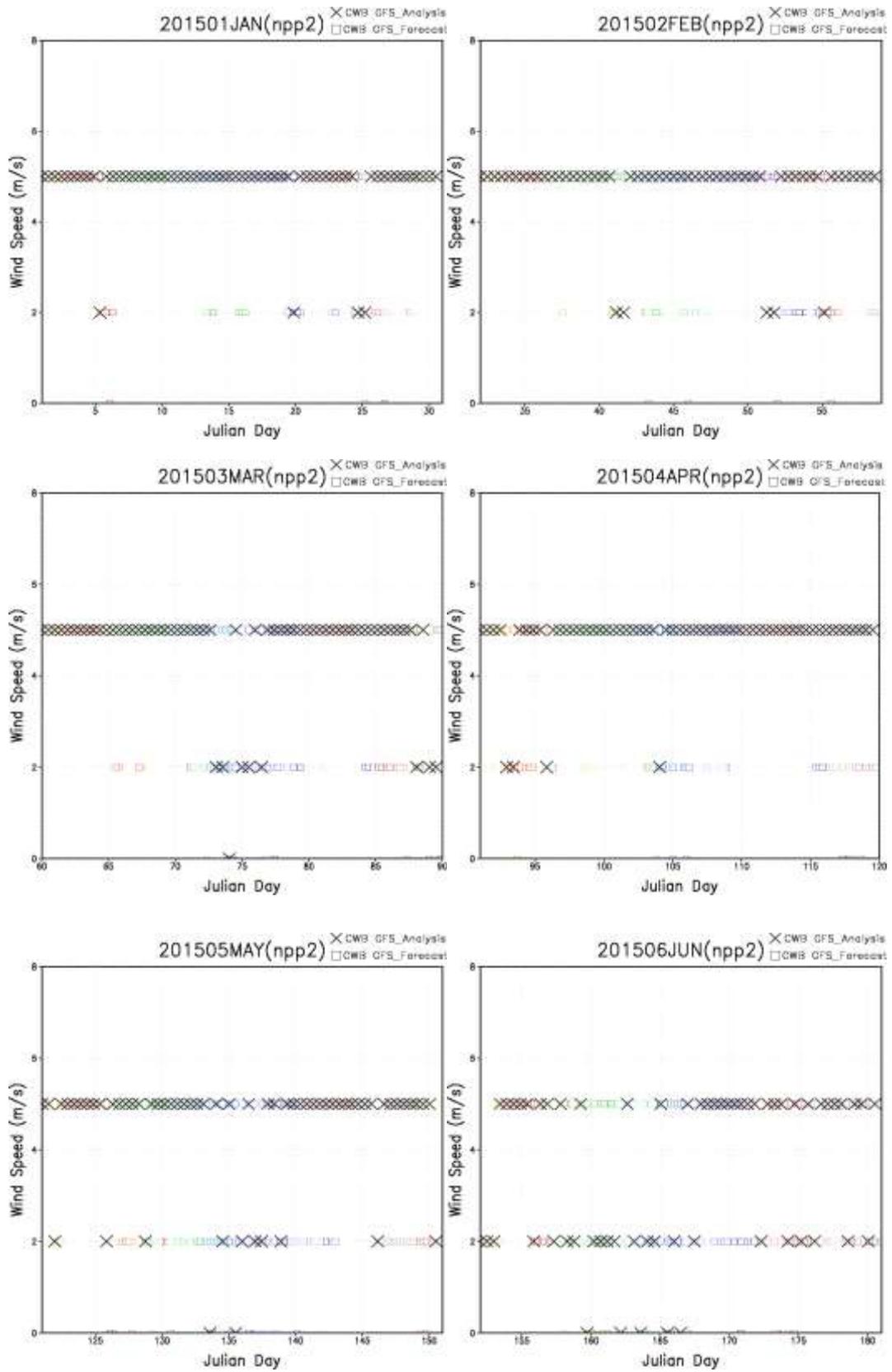


圖 1.3.5: 2015 年(上半年)核二廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

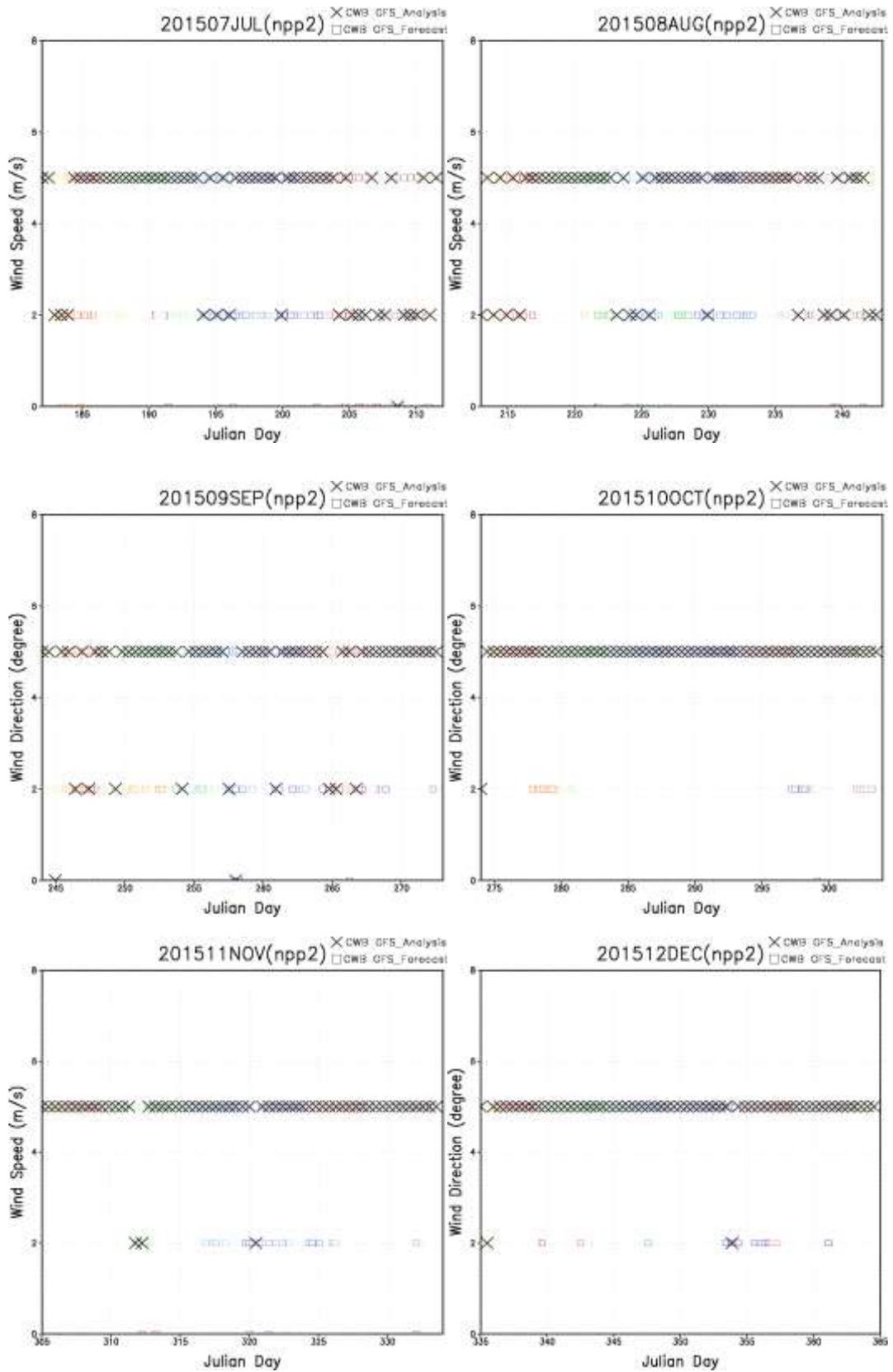


圖 1.3.6: 2015 年(下半年)核二廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

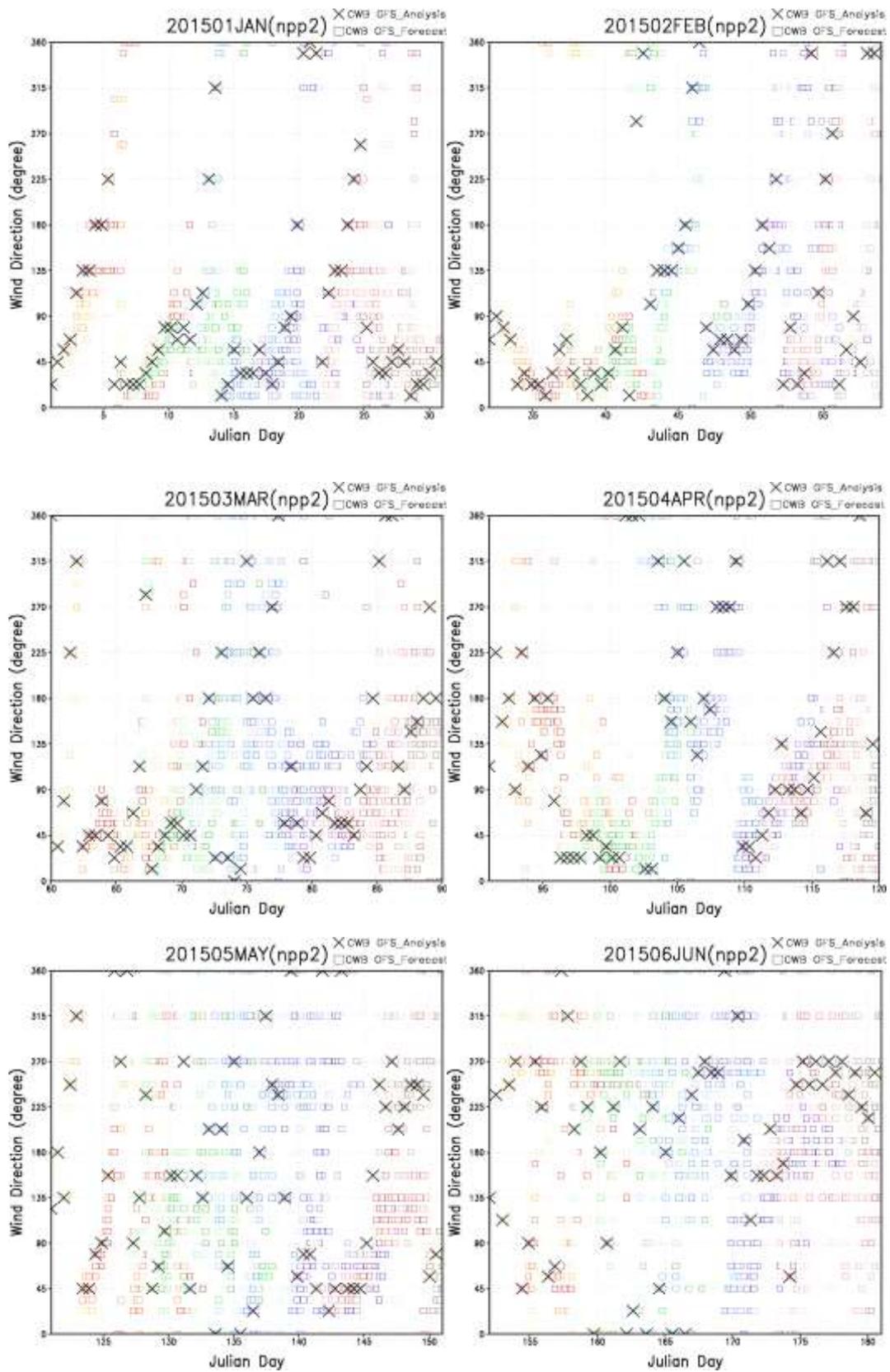


圖 1.3.7: 2015 年(上半年)核二廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

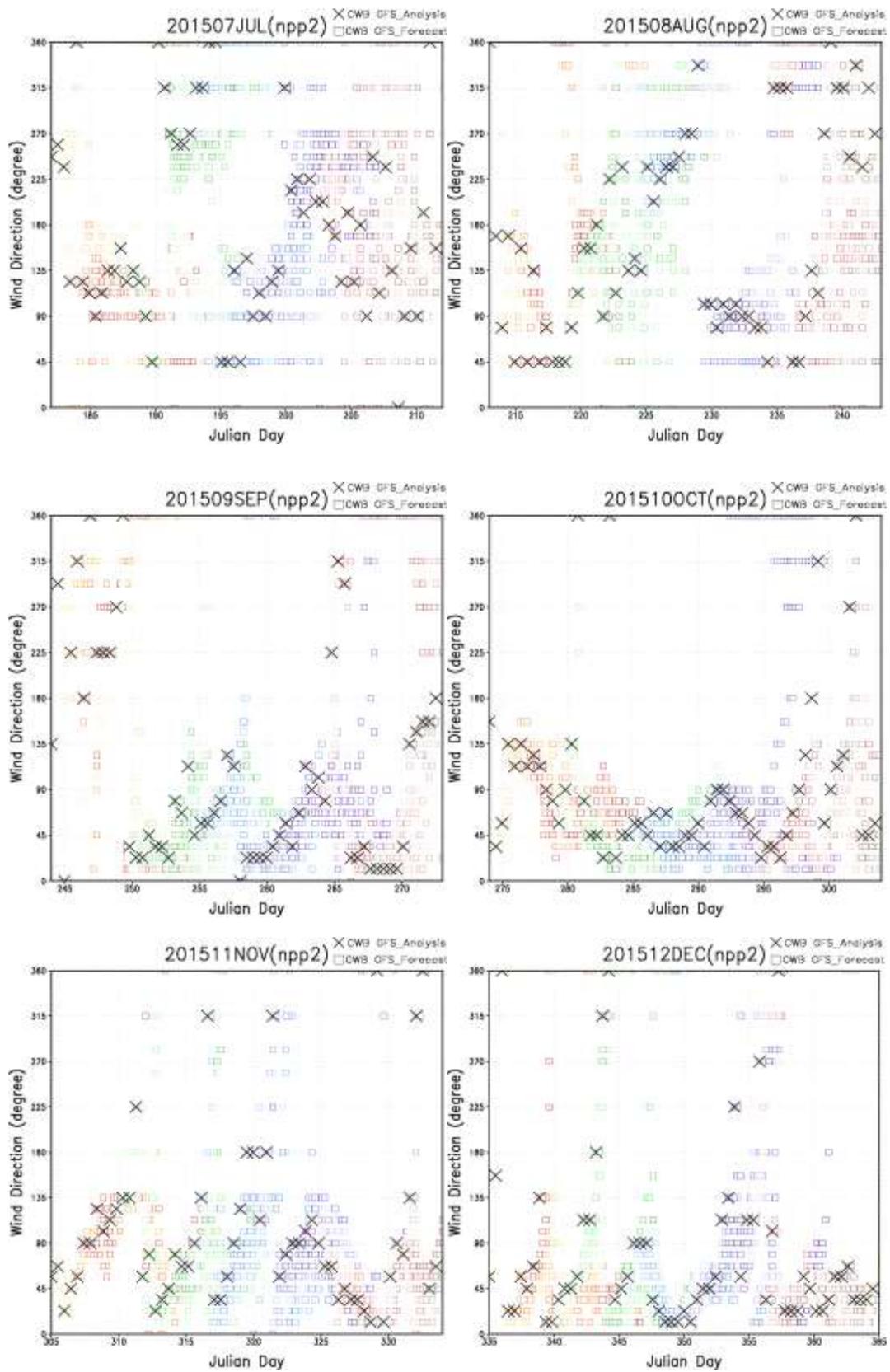


圖 1.3.8: 2013 年(下半年)核二廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

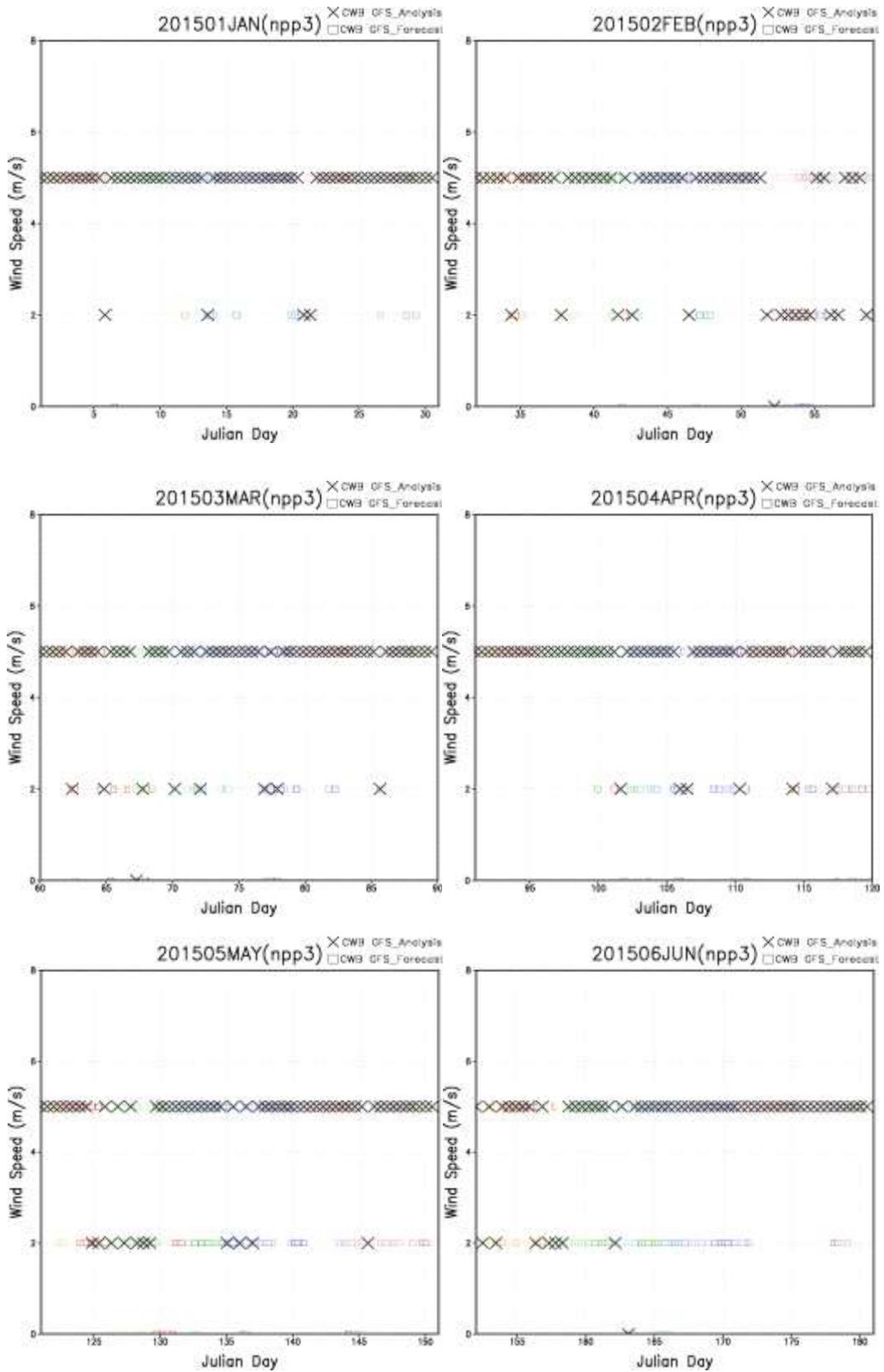


圖 1.3.9: 2015 年(上半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

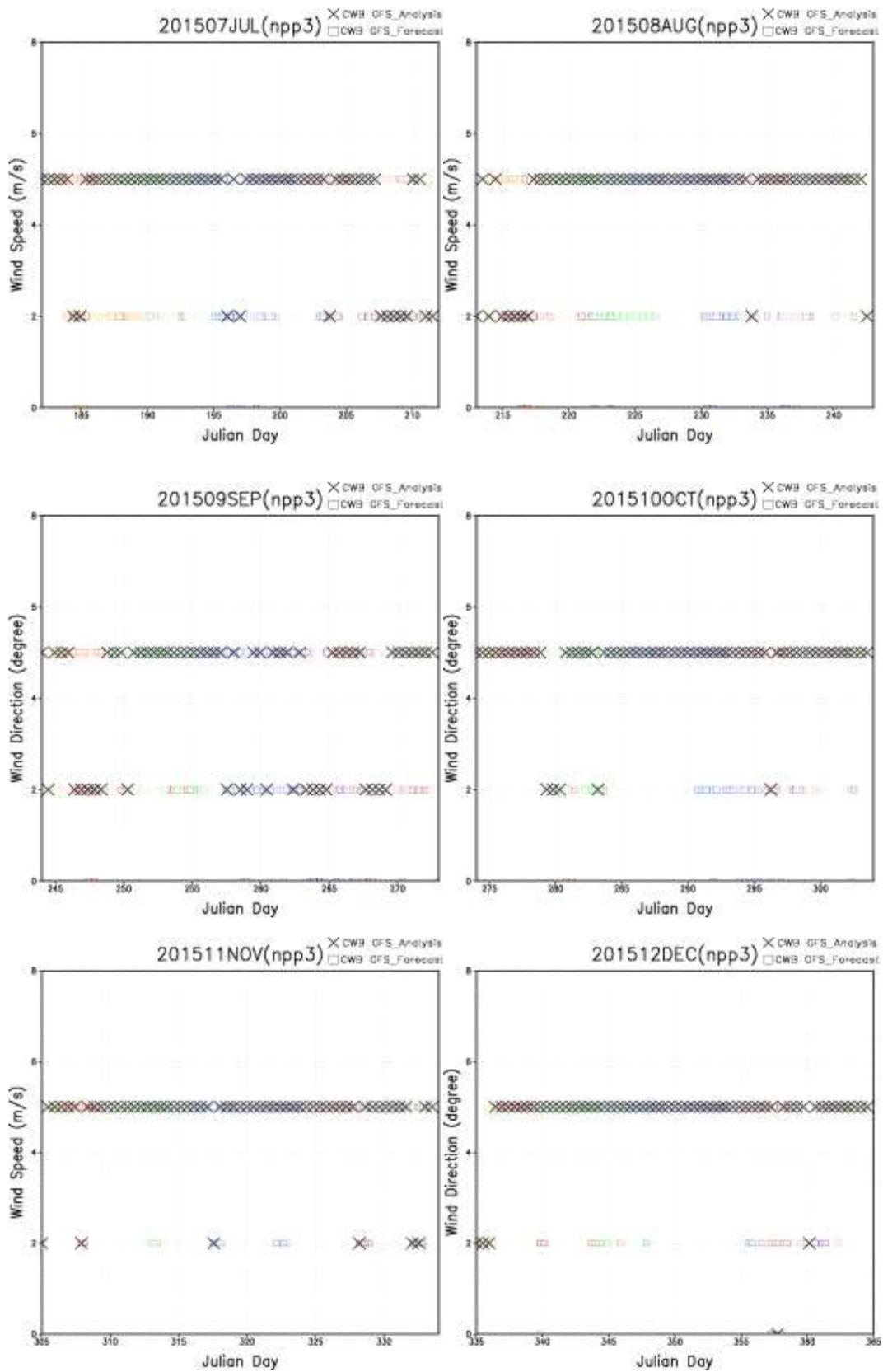


圖 1.3.10: 2015 年(下半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

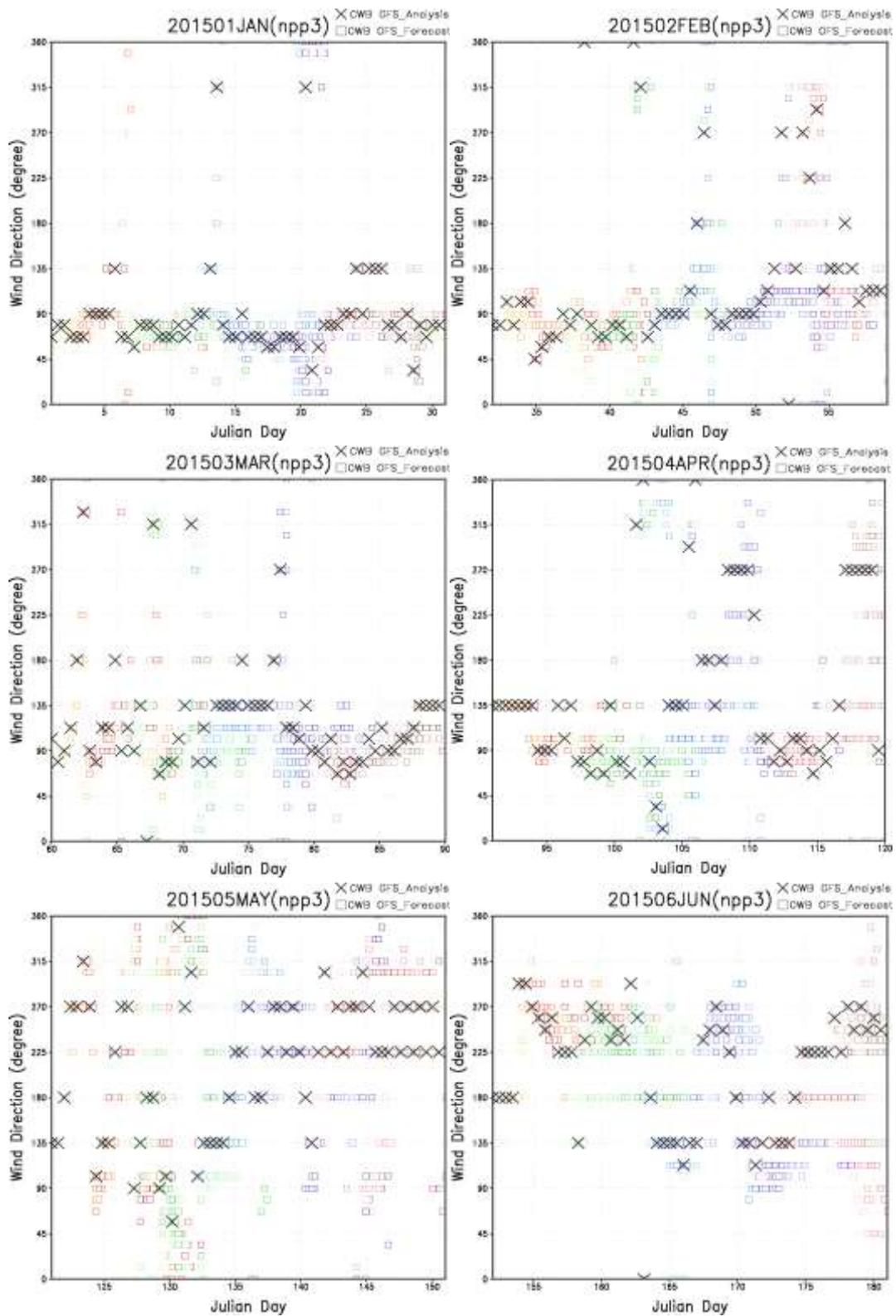


圖 1.3.11: 2015 年(上半年)核三廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

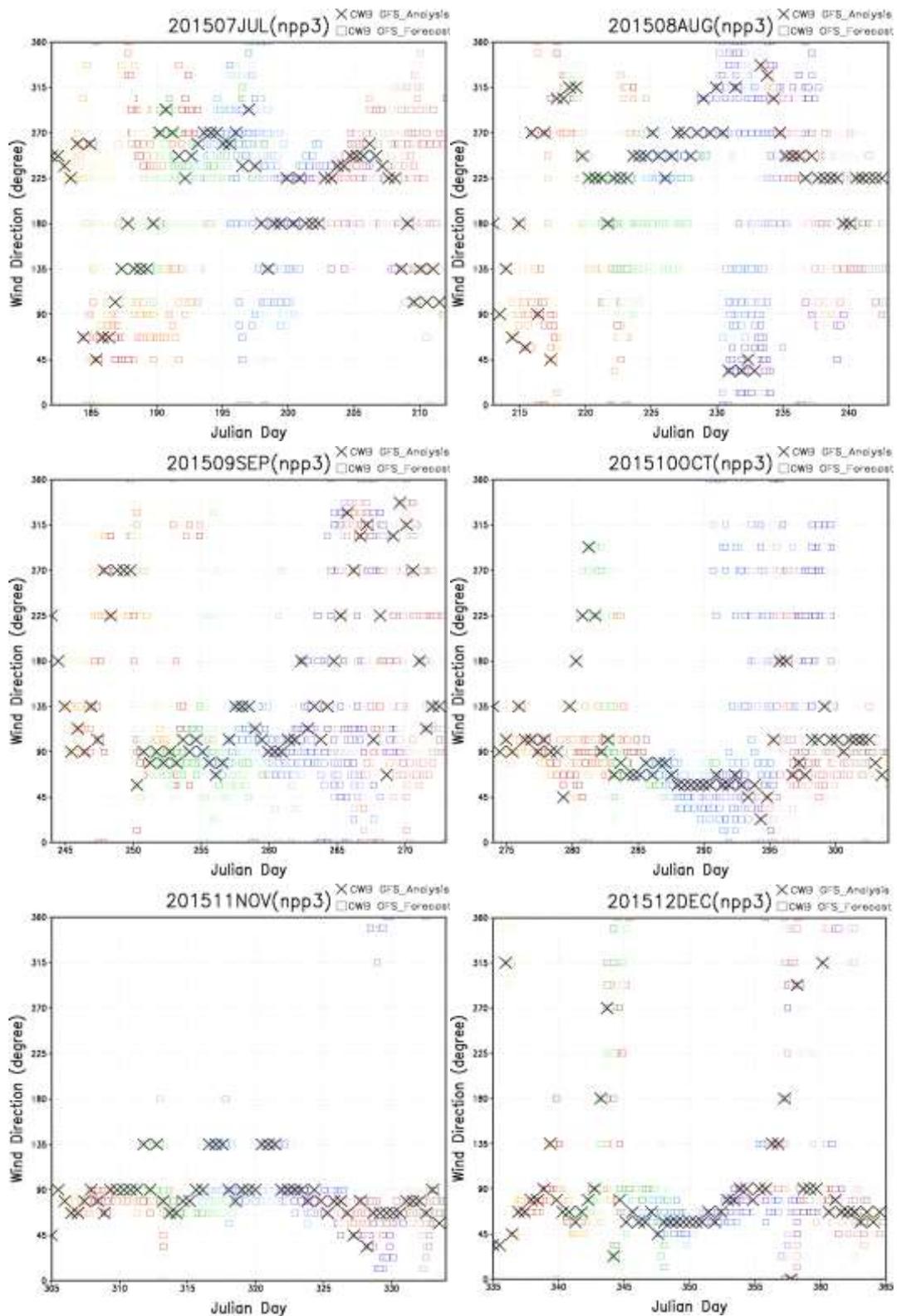


圖 1.3.12: 2015 年(下半年)核三廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

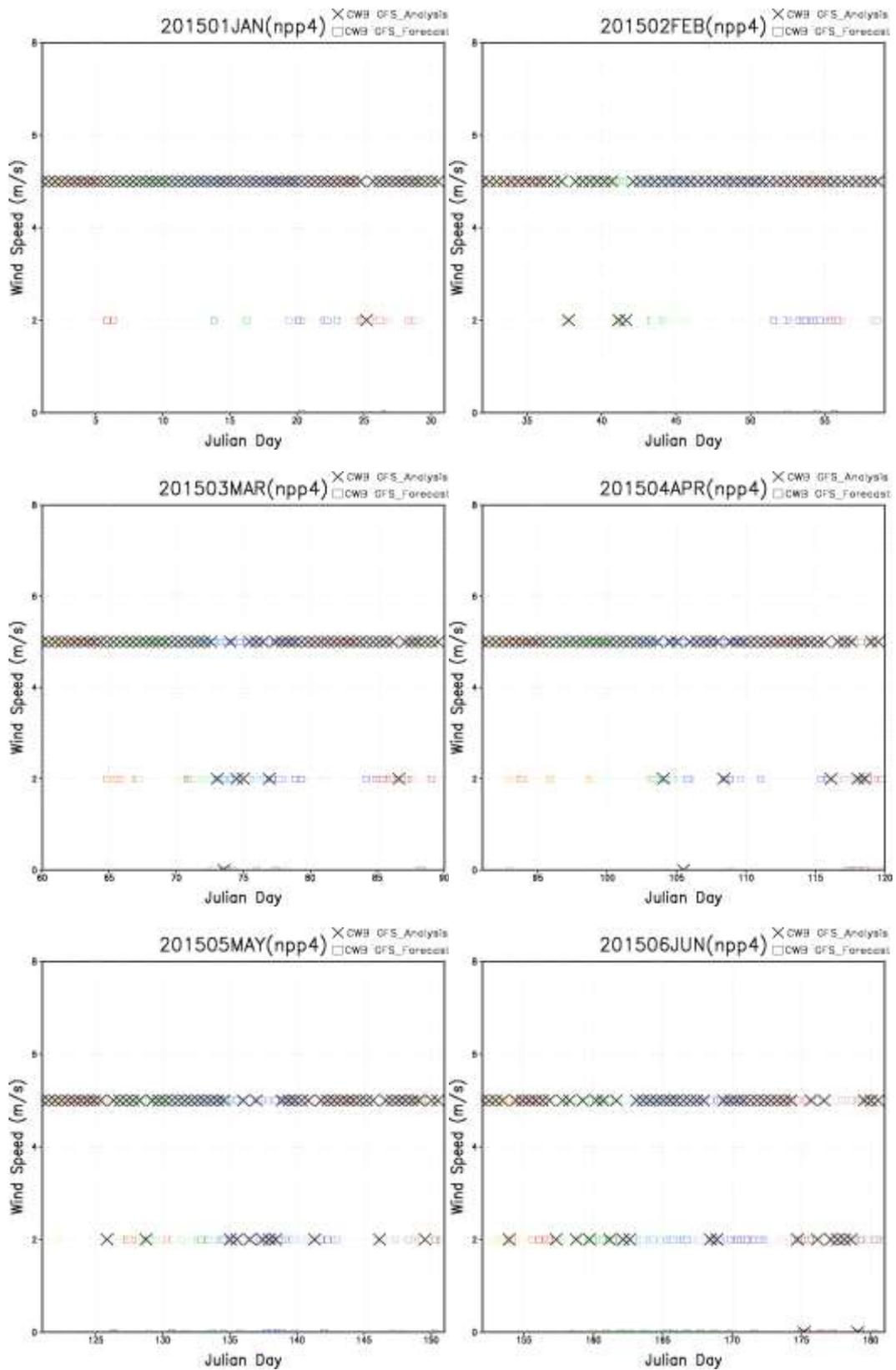


圖 1.3.13: 2015 年(上半年)龍門電廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

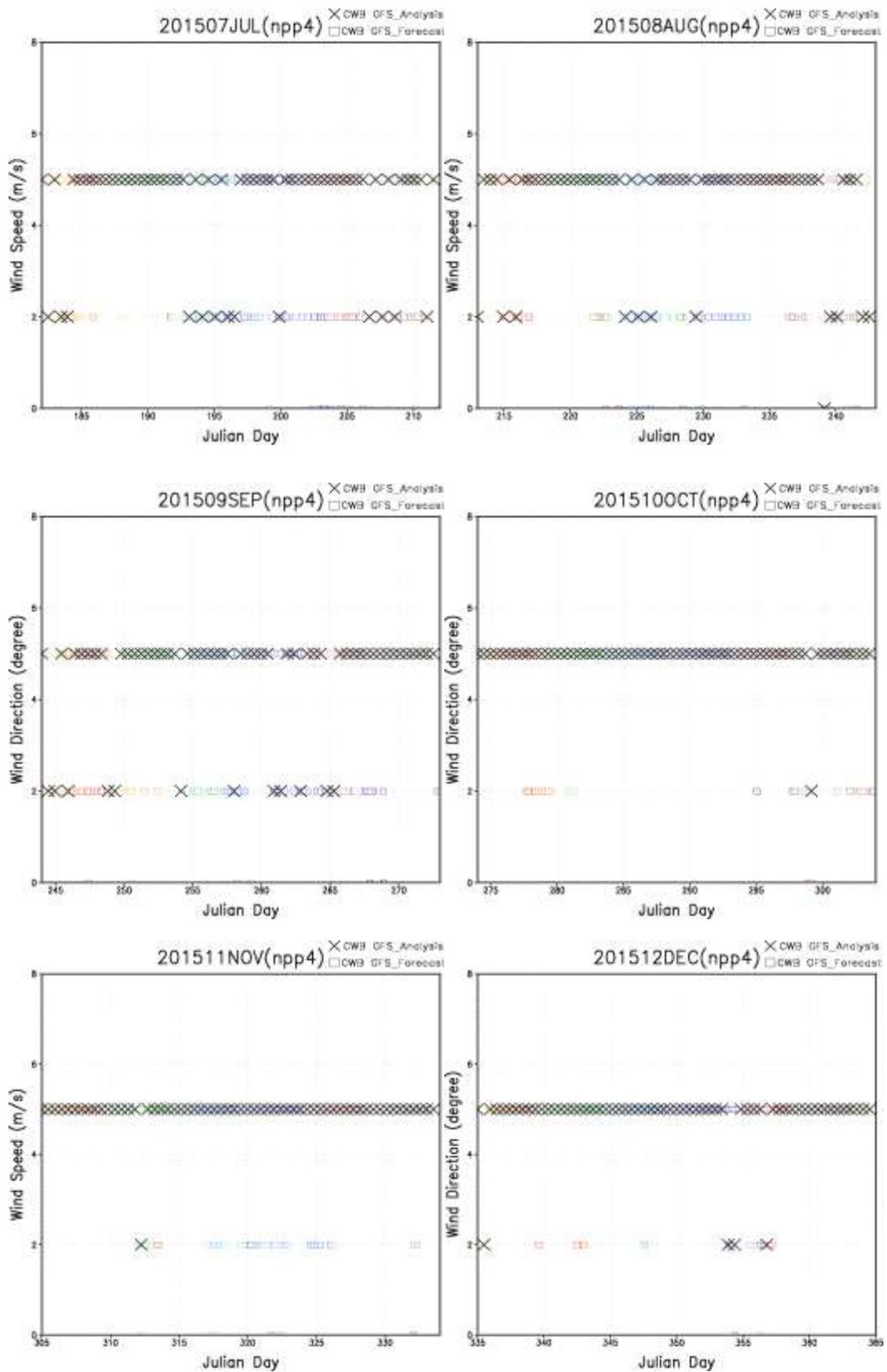


圖 1.3.14: 2015 年(下半年)龍門電廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

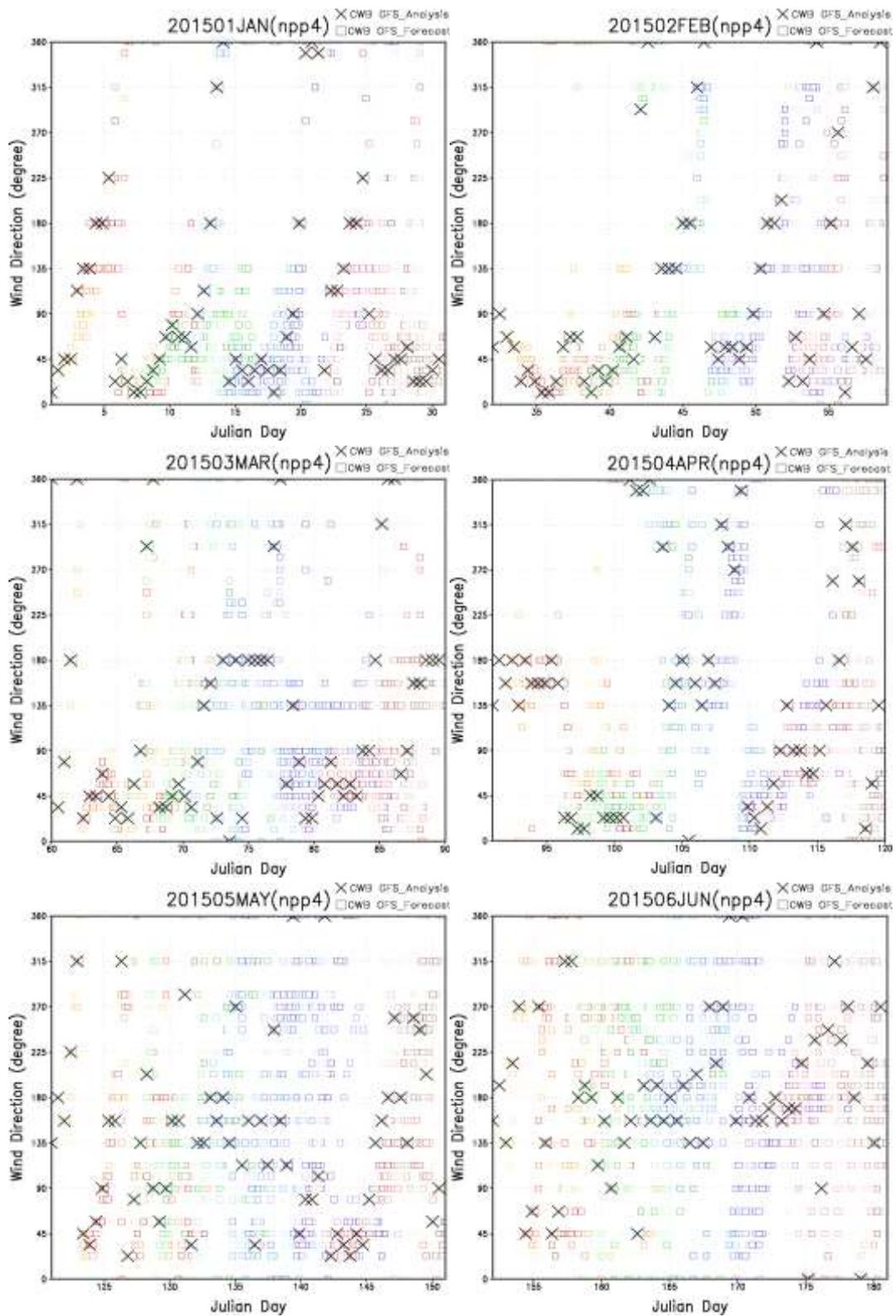


圖 1.3.15: 2015 年(上半年)龍門電廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

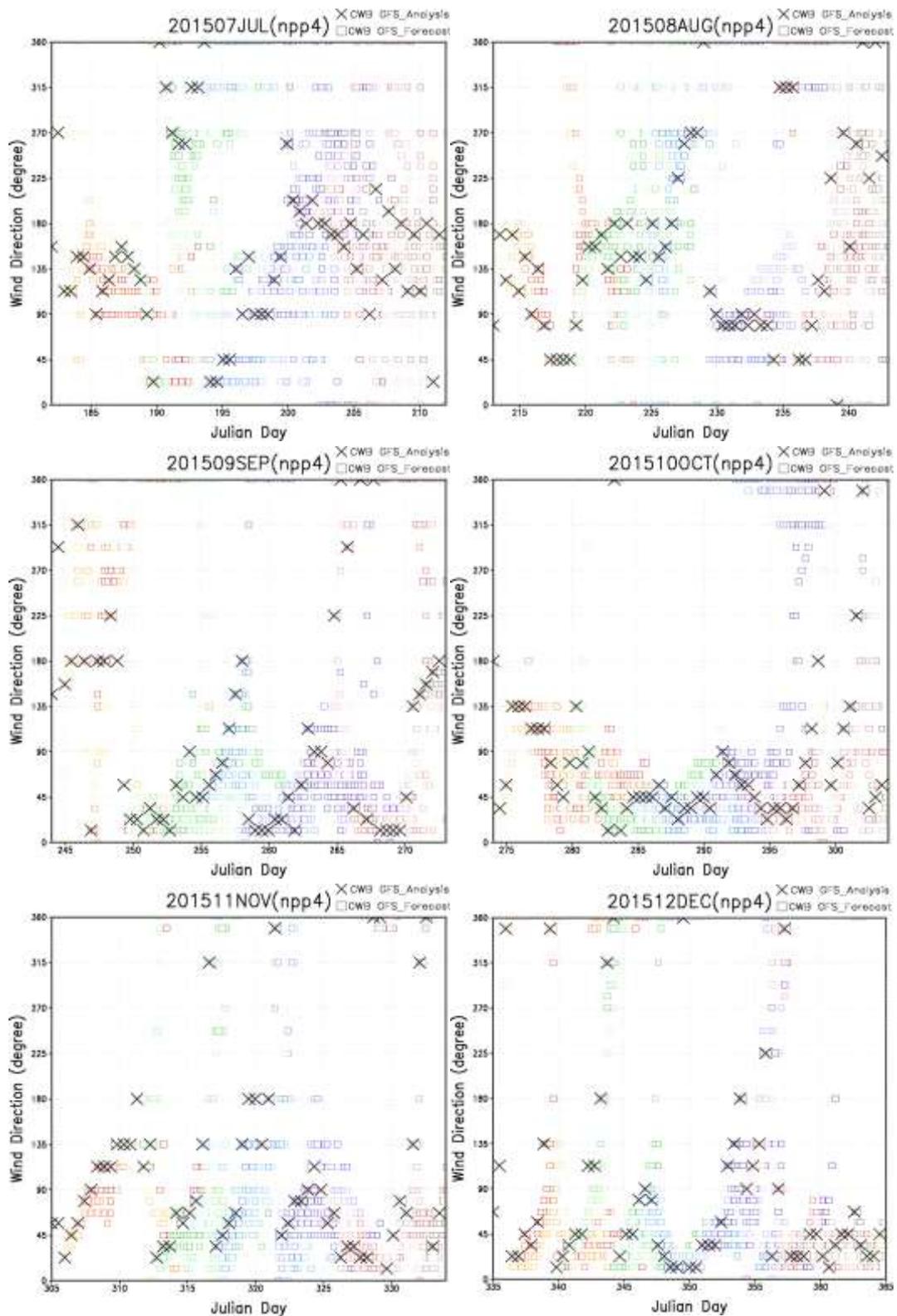


圖 1.3.16: 2015 年(下半年)龍門電廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

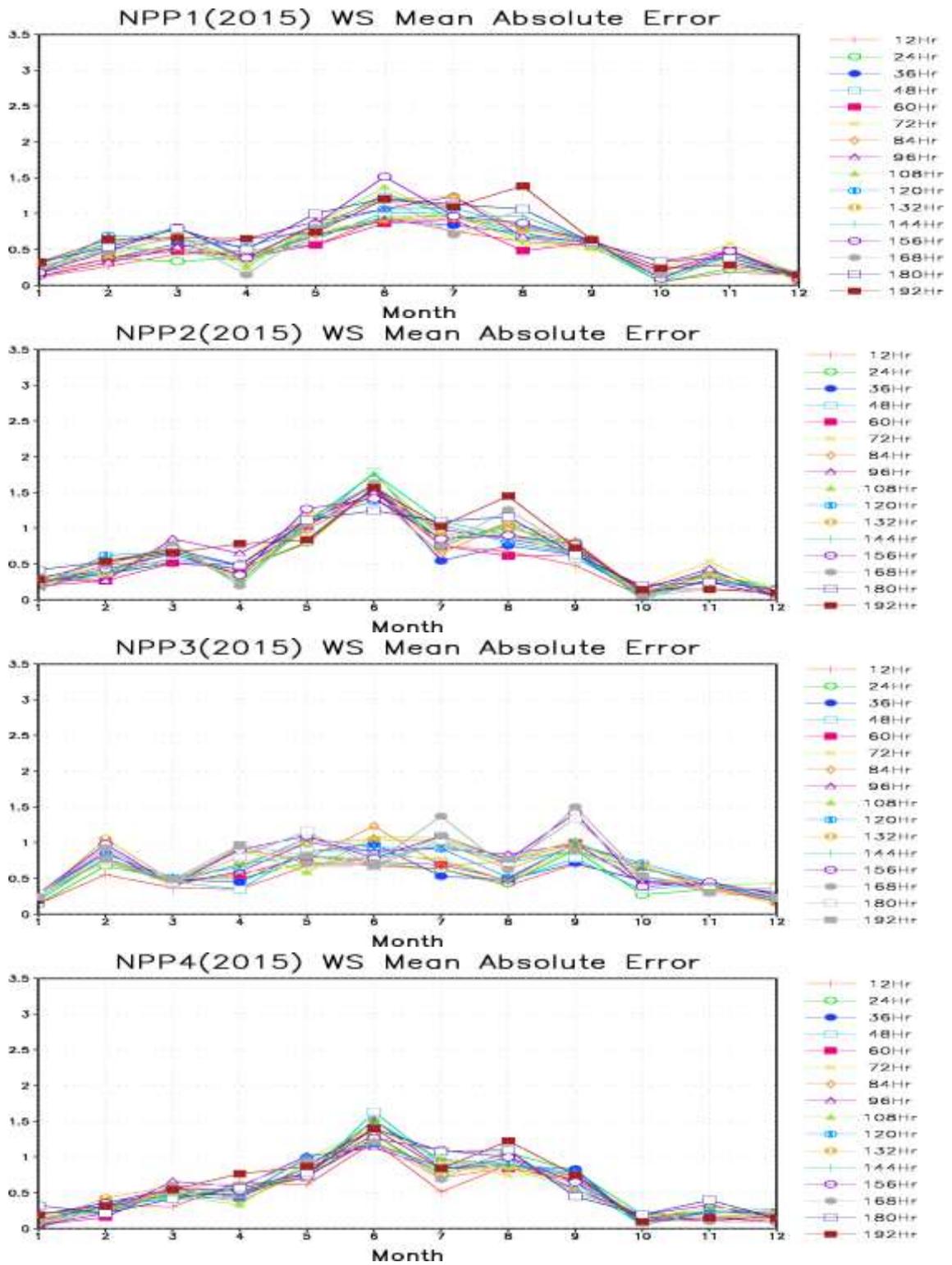


圖 1.3.17: (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風速平均絕對誤差序列圖。

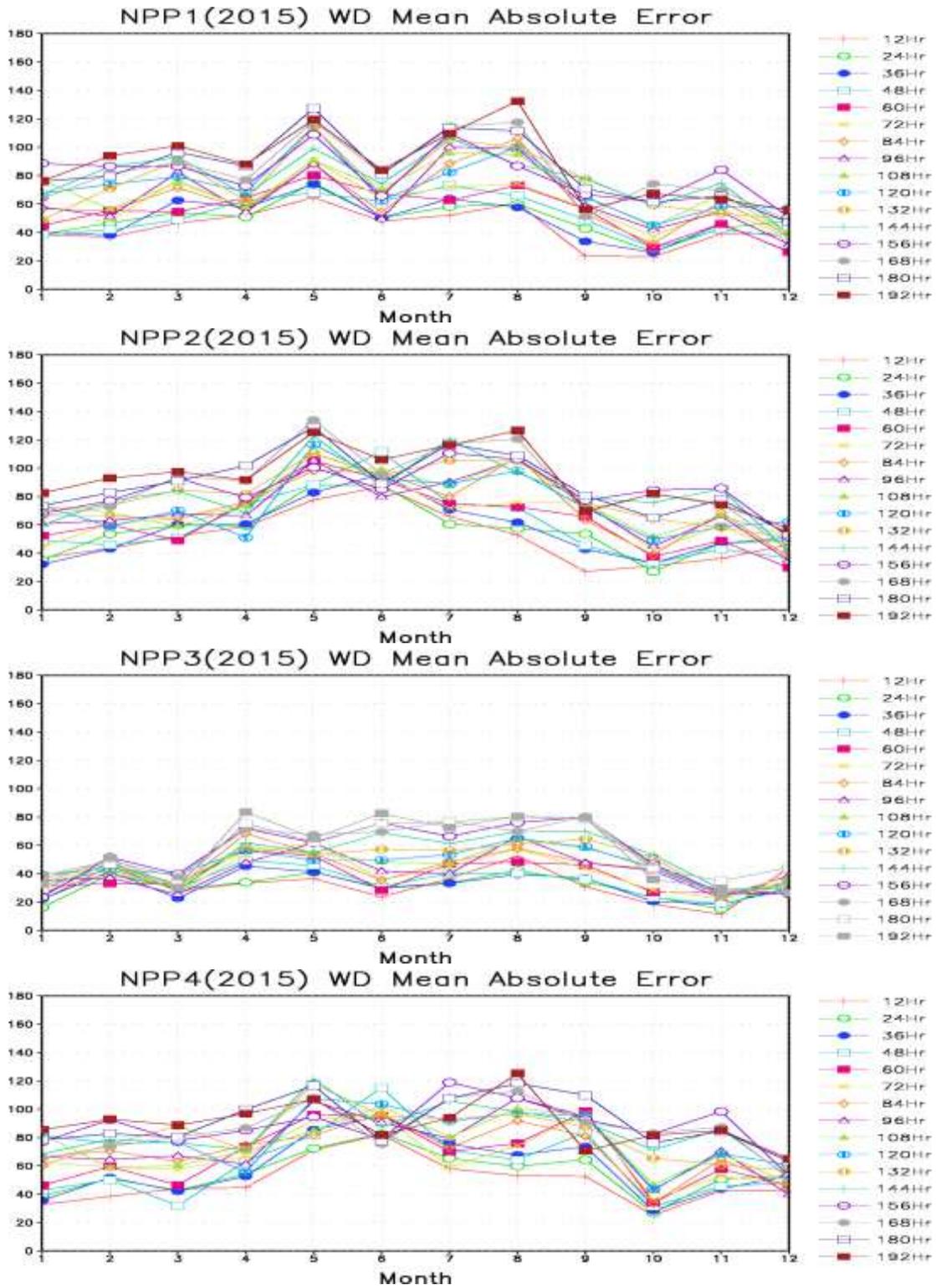


圖 1.3.18: (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風向平均絕對誤差序列圖。

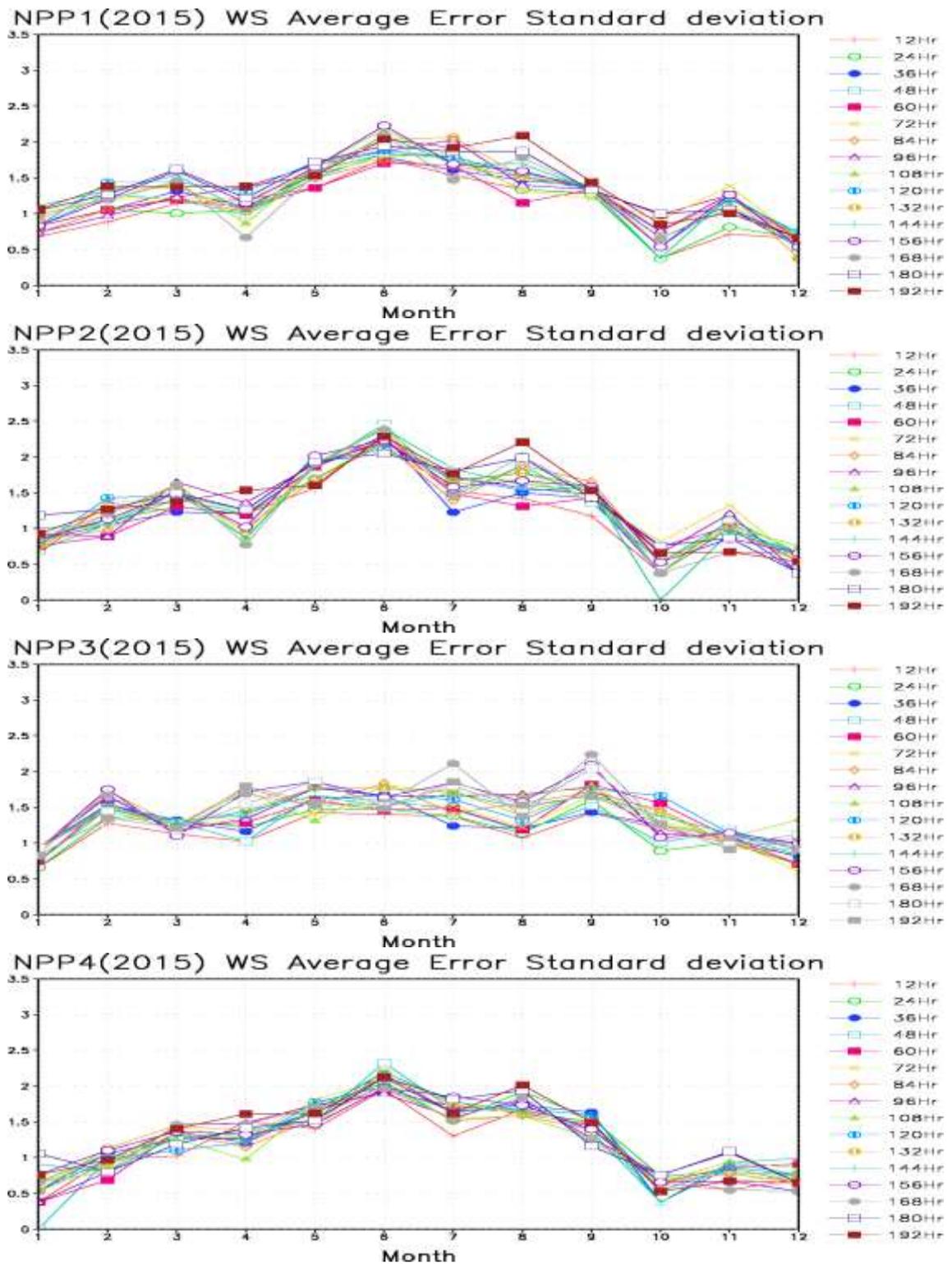


圖 1.3.19: (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風速平均誤差標準差序列圖。

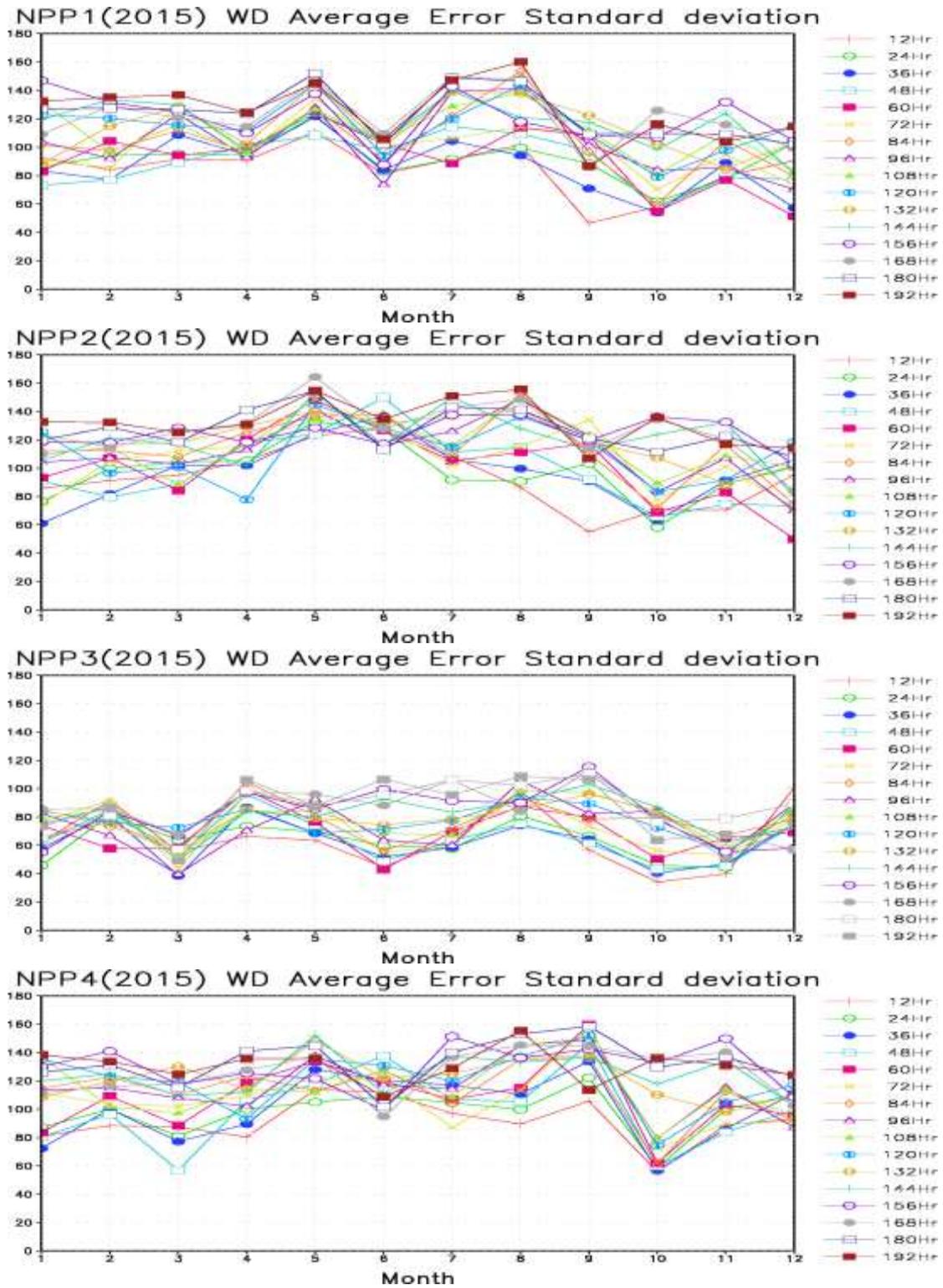


圖 1.3. 20: (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風向平均誤差標準差序列圖。

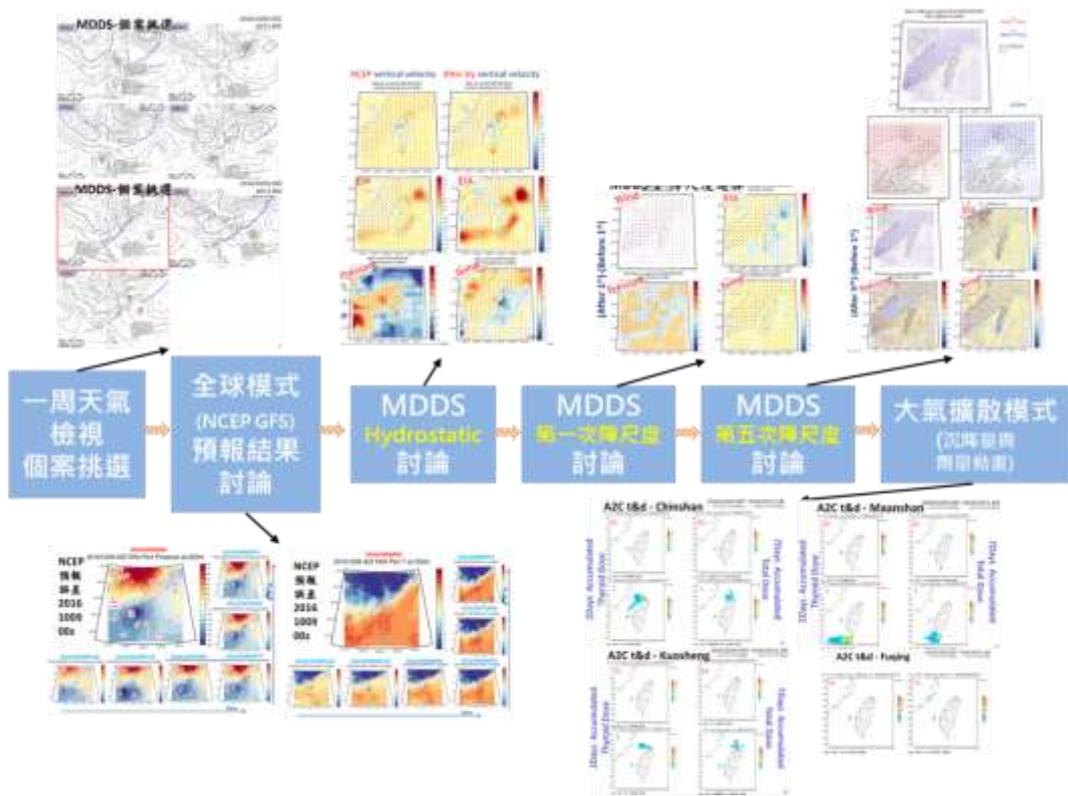


圖 1.4.1 假想事故每日模擬作業個案討論流程圖。

核子事故劑量評估系統_系統文件	
一、前言.....	2
二、基本理論.....	10
2-1、CWB/MDDS 簡介：.....	10
2-2、大氣擴散模式原理(A2C t&d).....	13
2-3、沉降理論.....	15
2-4、劑量評估原理.....	17
2-4.1 大氣擴散係數介紹.....	17
2-4.2 劑量評估.....	18
2-4.3 無掩蔽全身劑量率（地表輻射途徑）.....	19
2-4.4 無掩蔽甲狀腺劑量率（呼吸途徑）.....	22
三、核子事故劑量評估系統即時化.....	24
3-1 即時氣象應用資料庫之目的及架構說明.....	24
3-1.1 NCEP GFS 氣象資料整合過程.....	25
3-1.2 CWB GFS 氣象資料整合過程.....	25
3-1.3 CWB WRF 氣象資料整合過程.....	29
3-1.4 經由降尺度系統(MDMS)處理之氣象資料整合過程.....	35
3-2 即時劑量評估系統例行模擬.....	40
四、參考文獻.....	45

圖 1.6.1 新一代劑量評估系統之系統文件目錄

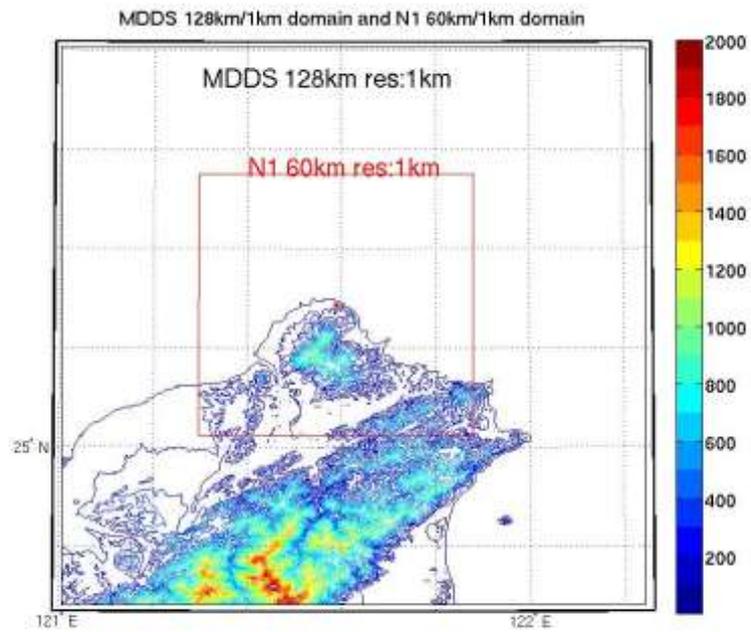


圖 2.1.1 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，黑色框為 MDDS 1 公里解析度共 128 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 30 公里範圍。

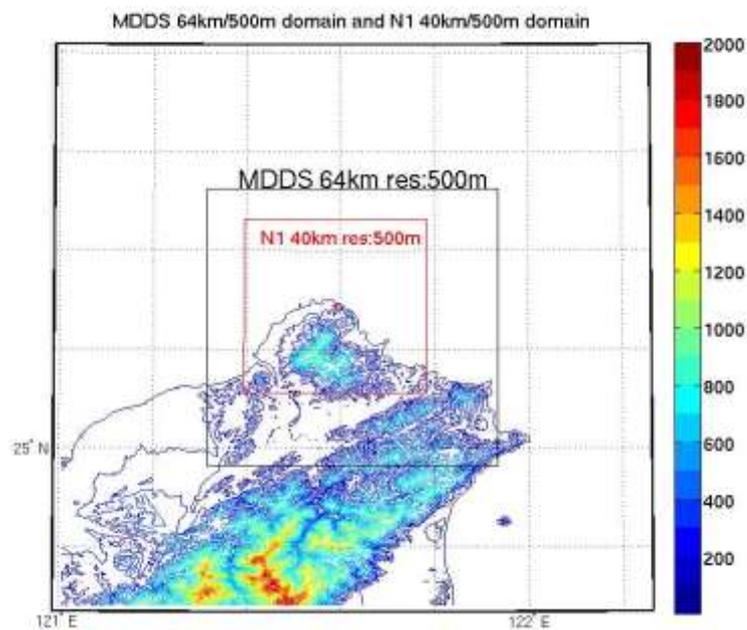


圖 2.1.2 MDDS 核一廠第二層巢狀網格，黑色框為 MDDS 500 公尺解析度共 64 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 20 公里範圍。

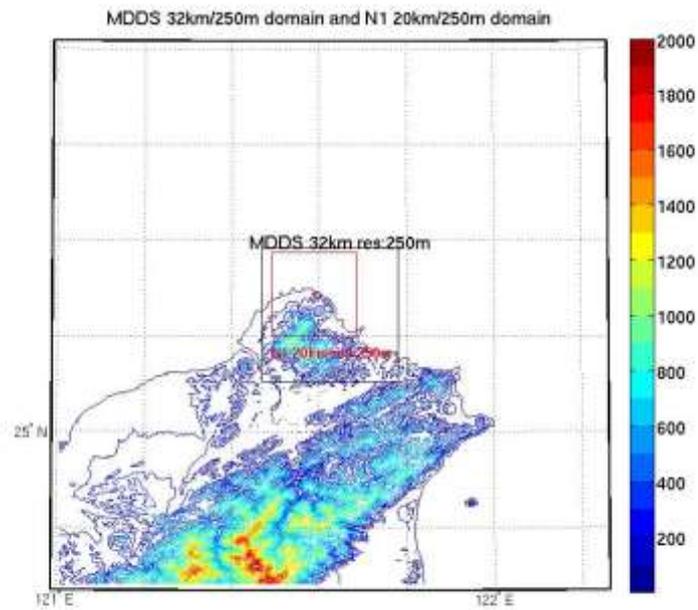


圖 2.1.3 MDDS 核一廠第三層巢狀網格，黑色框為 MDDS 250 公尺解析度共 32 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 10 公里範圍。

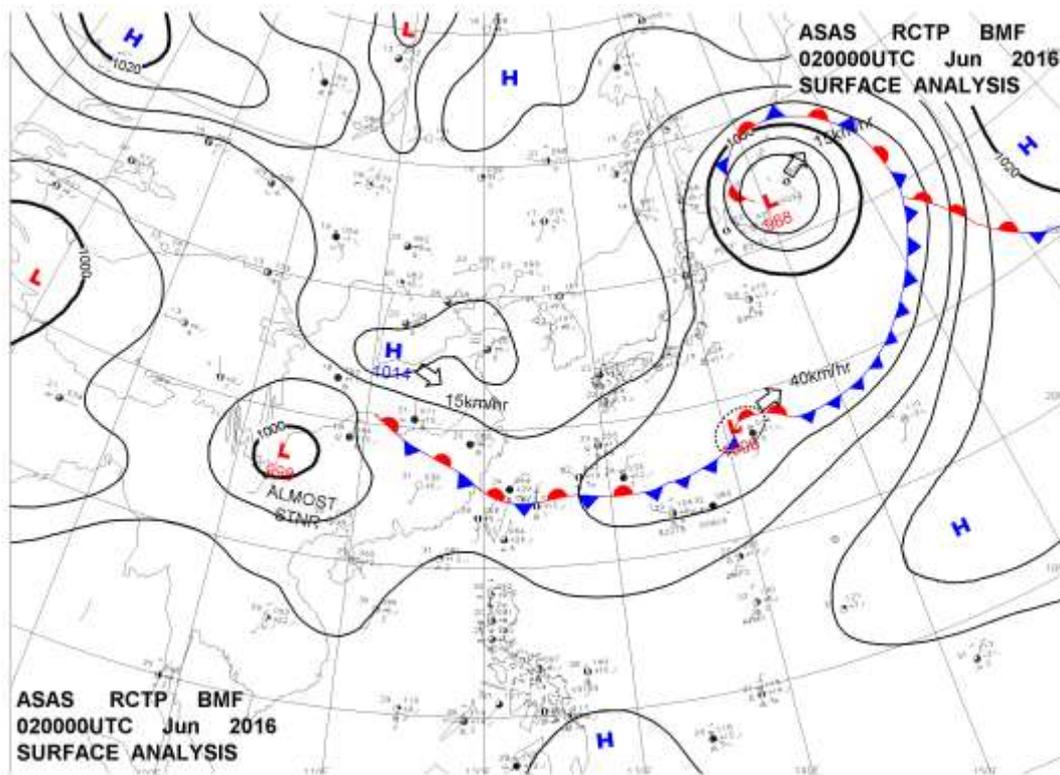


圖 2.2.1 2016/06/02 00Z 地面天氣圖

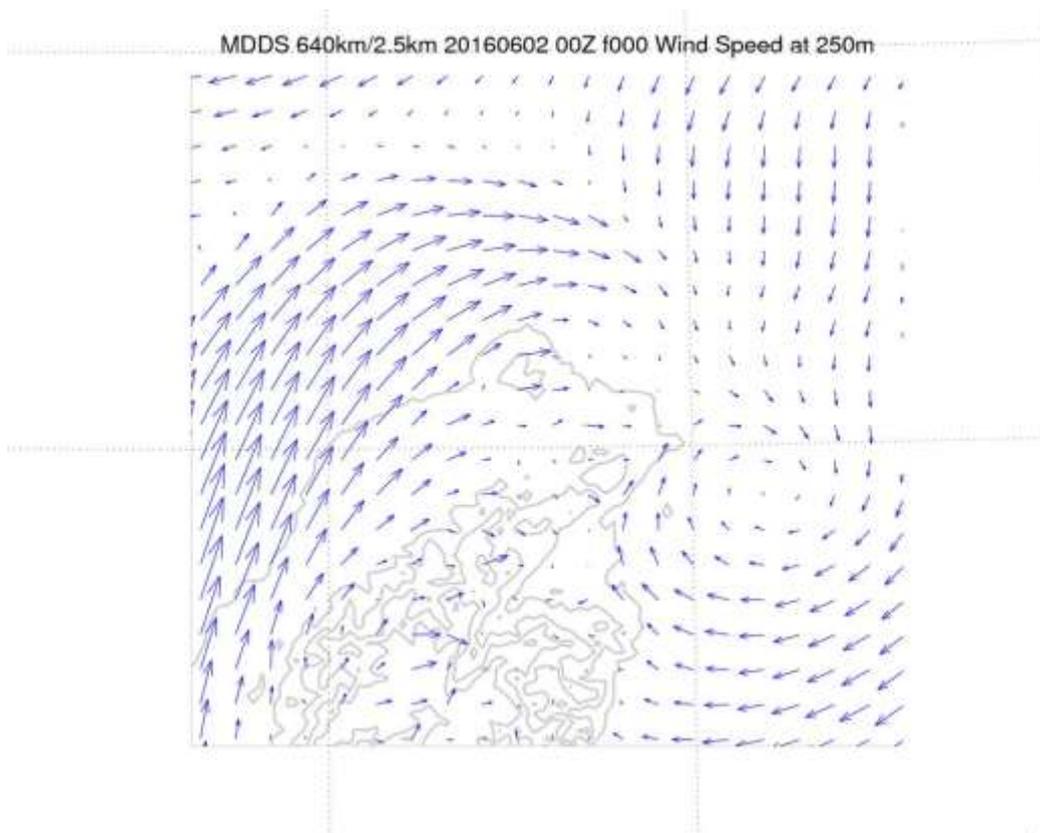


圖 2.2.2 MDDS 2.5 公里解析度，原始風場圖。

MDDS 128km/1km 20160602 00Z f000 Wind Speed at 250m

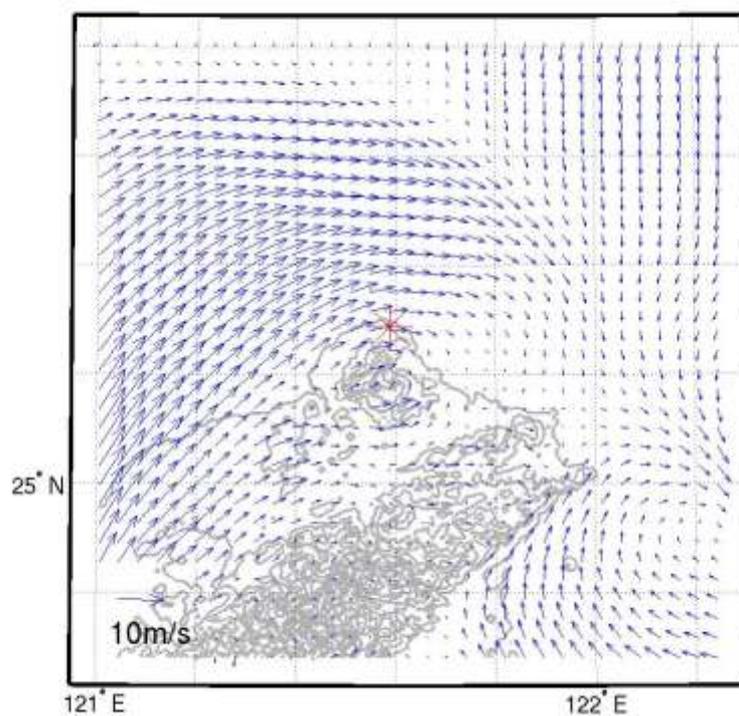


圖 2.2.3 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，風場圖。

MDDS 64km/500m 20160602 00Z f000 Wind Speed at 250m

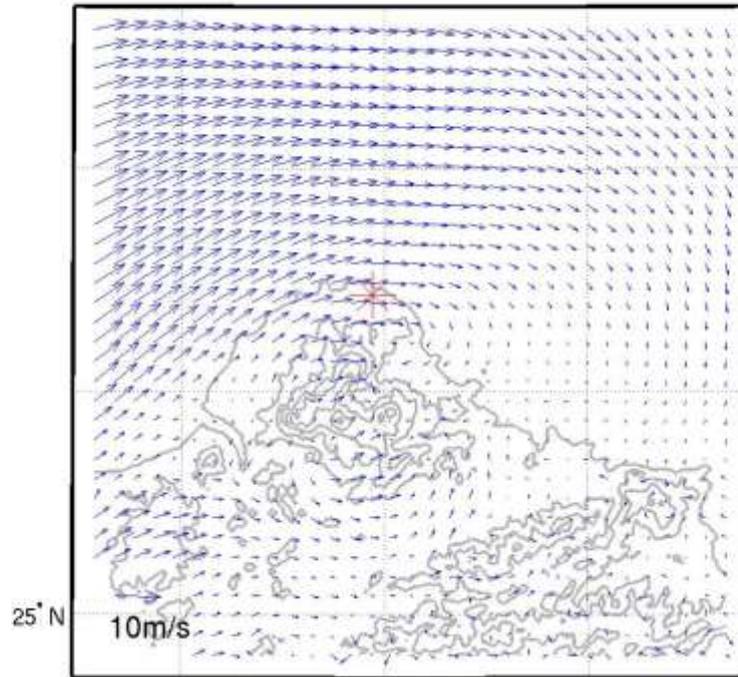


圖 2.2.4 MDDS 核一廠第二層巢狀網格，風場圖。

MDDS 32km/250m 20160602 00Z f000 Wind Speed at 250m

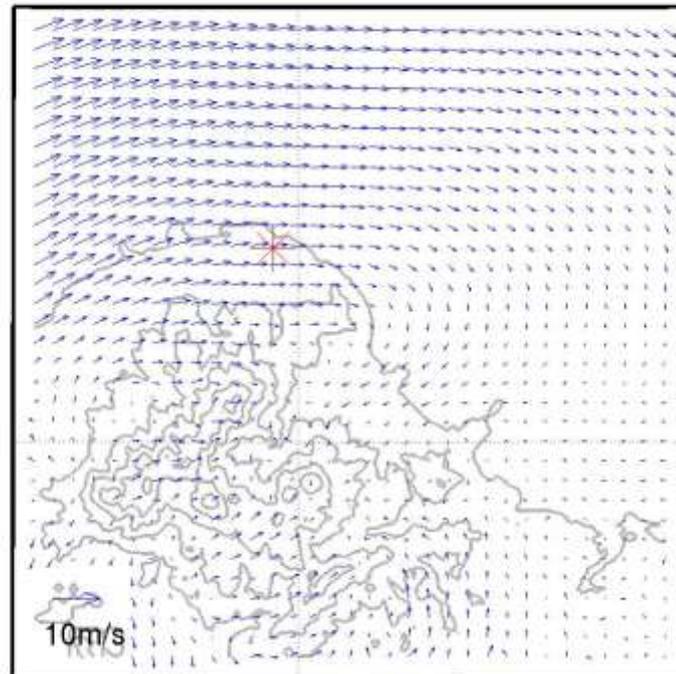


圖 2.2.5 MDDS 核一廠第三層巢狀網格，風場圖。

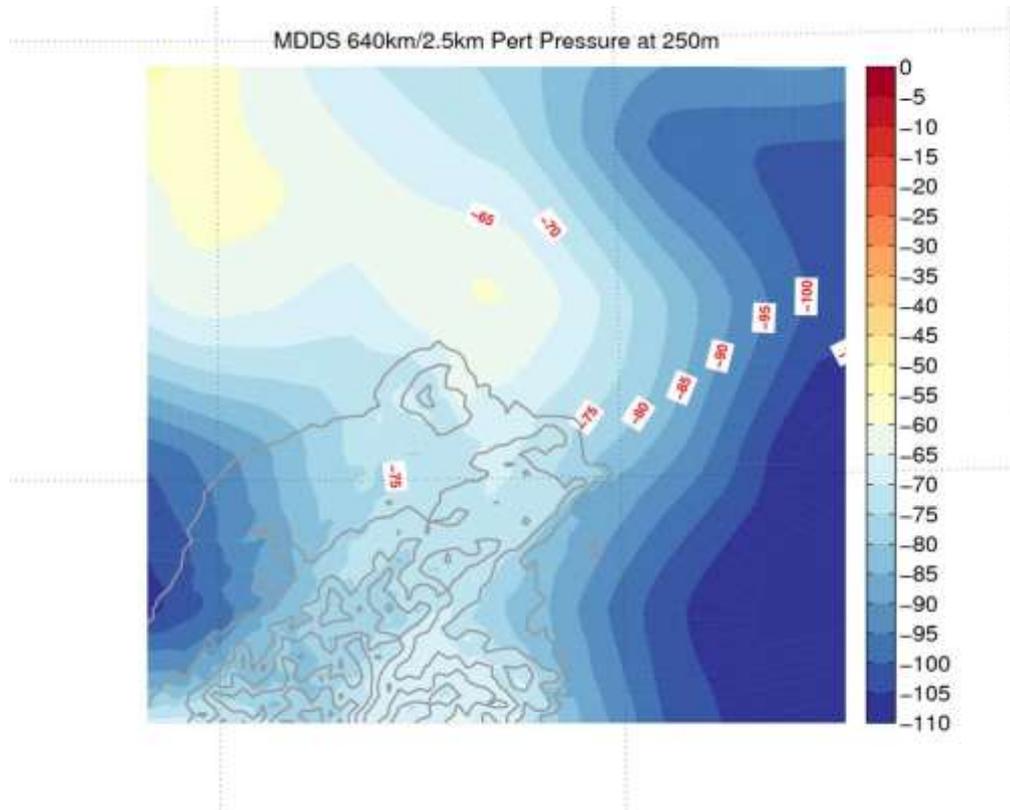


圖 2.2.6 MDDS 2.5 公里解析度，原始壓力擾動場。

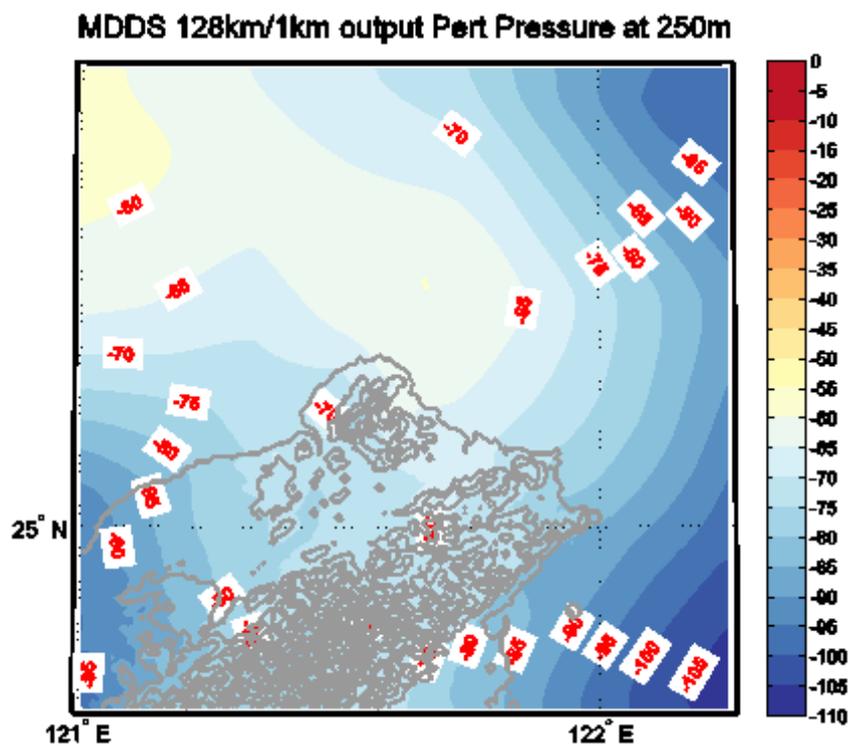


圖 2.2.7 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，壓力擾動場。

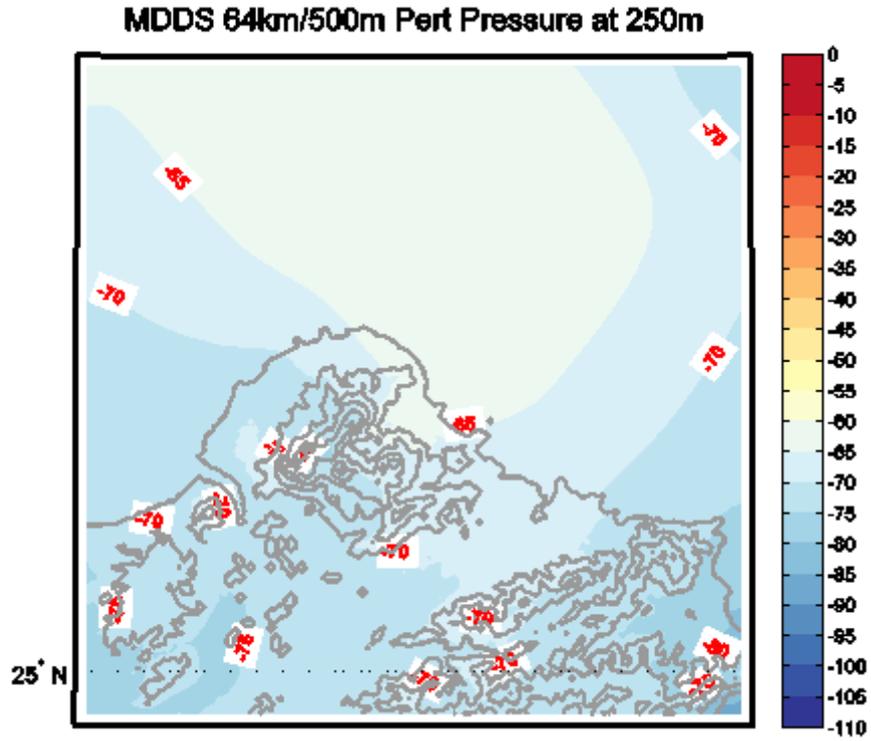


圖 2.2.8 MDDS 核一廠第二層巢狀網格，壓力擾動場。

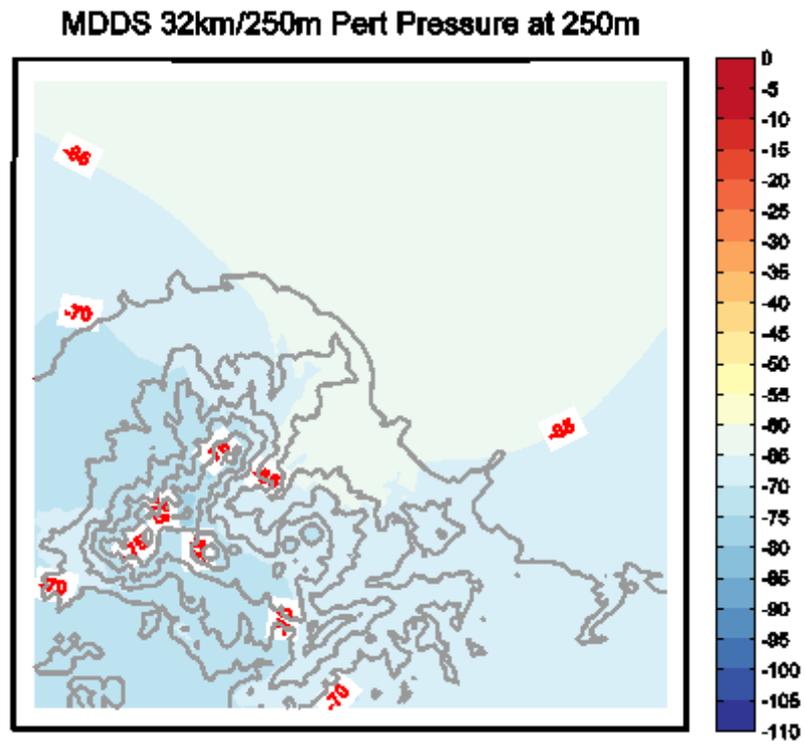


圖 2.2.9 MDDS 核一廠第三層巢狀網格，壓力擾動場。

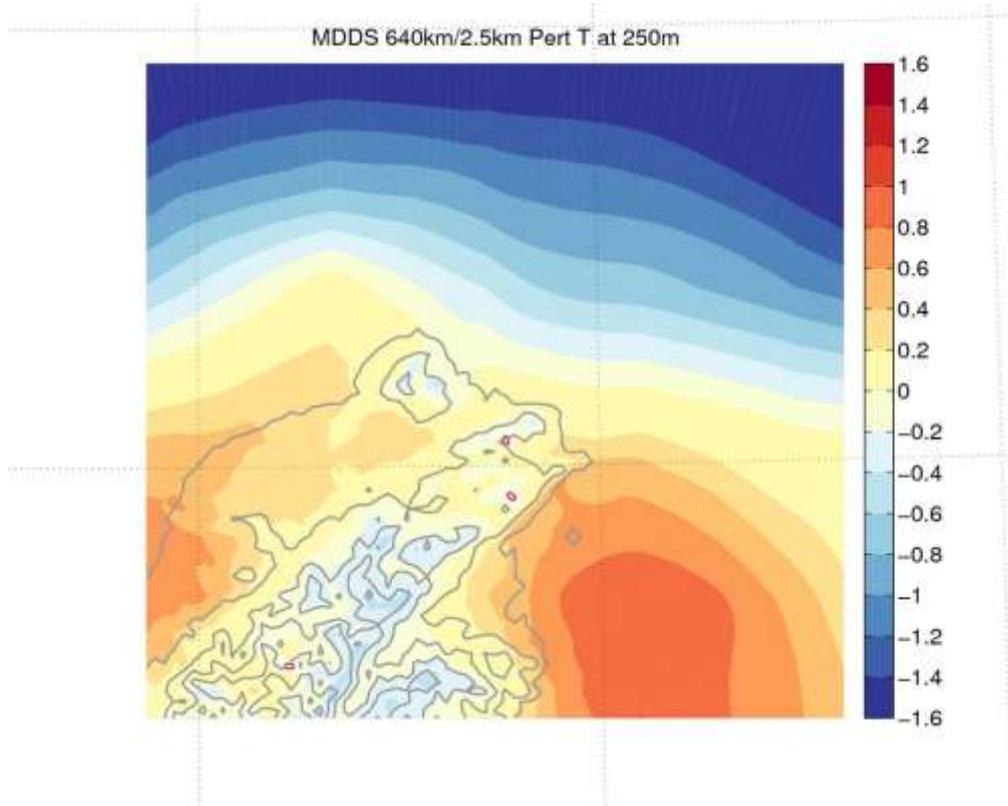


圖 2.2.10 MDDS 2.5 公里解析度，原始溫度擾動場。

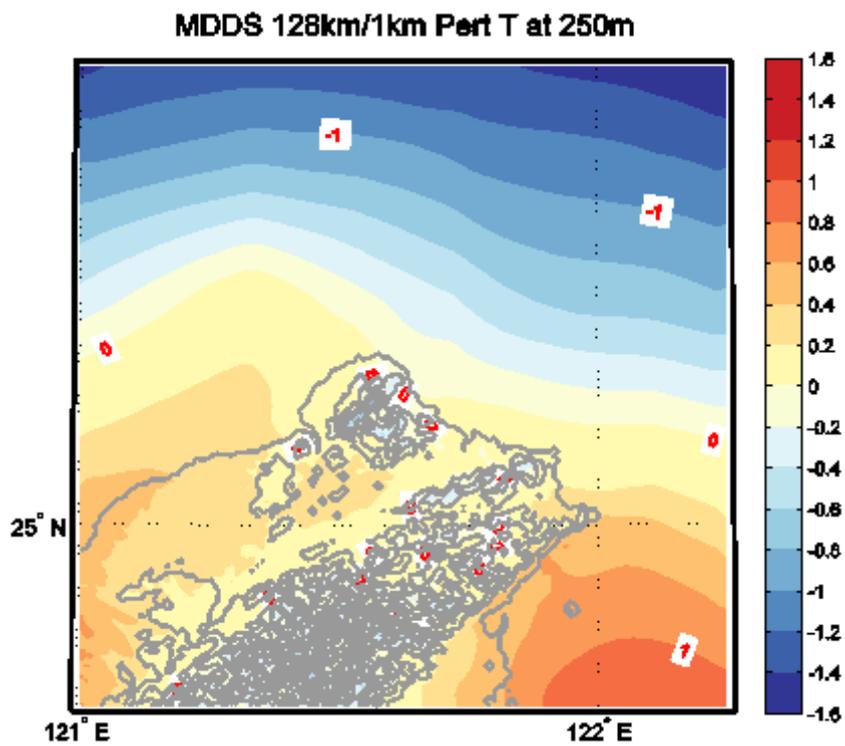


圖 2.2.11 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，溫度擾動場。

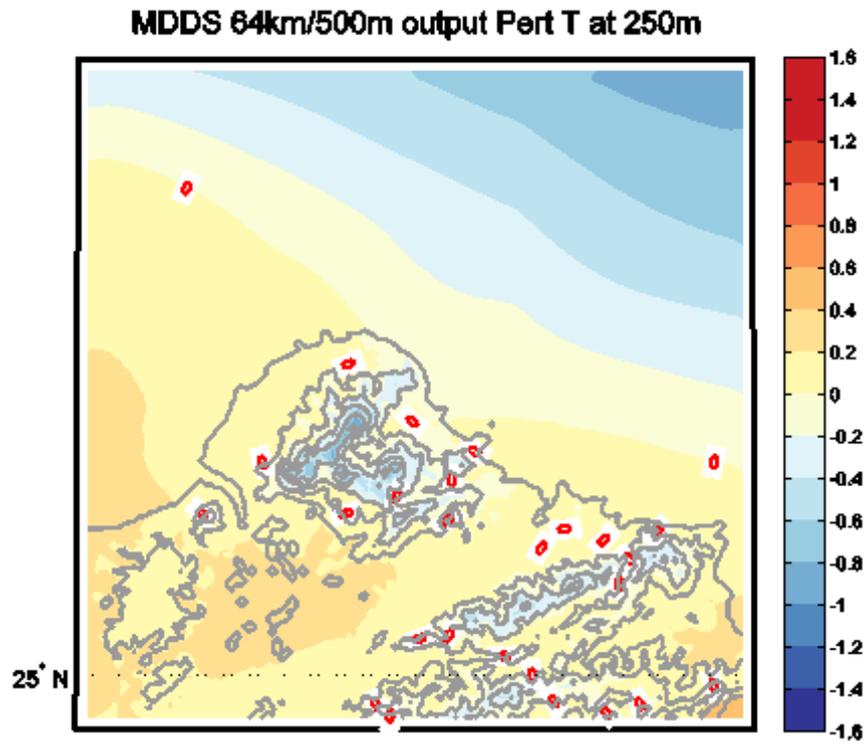


圖 2.2.12 MDDS 核一廠第二層巢狀網格，溫度擾動場。

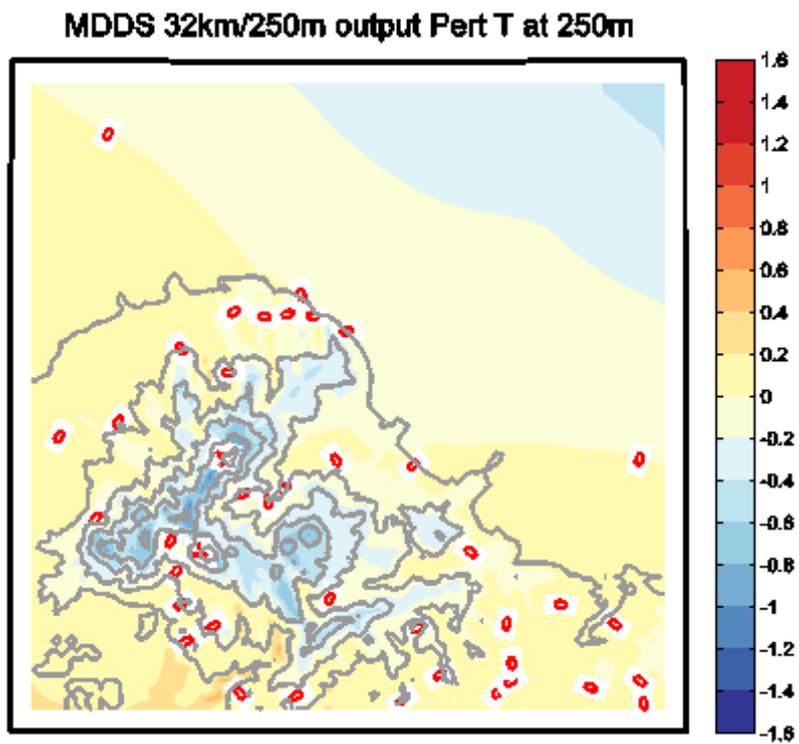


圖 2.2.13 MDDS 核一廠第三層巢狀網格，溫度擾動場。



圖 3.1.1：自動化接收之氣象觀測資料種類



圖 3.1.2：MDAS 引入傳統觀測資料之種類

測站代碼	溫度	露點	濕度	經緯度	測站高度
46692	303.75	9.00	298.95	9.00	76.00 50.00
	160.0	1.4	190.0	2.7	10.00 1.00
	-99.90	1007.60	1011.00	2	140.00 0.68 0.68
	20000.00	5.000	0.0	0.0	-99.90 0.00 -99.90 0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-99.9 0.01 1.0
	1	-99.90	300.95		
	FEW		907.		

風向風速 (指向 10.00, 1.00)
 測站氣壓 (指向 1011.00)

圖 3.1.3 : ingest_sfc 之資料格式

測站代碼	垂直層數	測站高度	測站經緯度	資料高度	氣壓	氣溫	露點溫度	風向	風速
46750	80	22.6700	120.4500 27.00	161840008	RAOB				
		-99.90	1008.00	27.80	22.80	30.00	2.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	1005.00	-99.90	-99.90	350.00	1.00	161840008	22.6700 120.4500
		100.00	1000.00	28.20	23.60	350.00	1.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	979.00	-99.90	-99.90	320.00	4.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	969.00	-99.90	-99.90	295.00	4.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	956.00	-99.90	-99.90	215.00	4.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	943.00	-99.90	-99.90	185.00	6.00	161840008	22.6700 120.4500
		790.00	925.00	23.20	20.70	175.00	7.00	161840008	22.6700 120.4500
		-99.90	916.00	22.40	20.30	-99.90	-99.90	161840008	22.6700 120.4500

圖 3.1.4 : ingest_sounding 之資料格式

vpe	sat	day	hms	lat	lon	pre	spd	dir	rff	qi
VIS	HIMAW	20161013	0	53.72	-152.89	900	4.2	91	78.24	0.91
VIS	HIMAW	20161013	0	54.03	-155.41	900	9.7	122	73.57	0.70
VIS	HIMAW	20161013	0	53.77	-157.56	887	6.4	94	77.93	0.60
VIS	HIMAW	20161013	0	54.21	-159.77	900	6.3	127	79.51	0.60
VIS	HIMAW	20161013	0	54.24	-161.61	900	10.0	121	66.98	0.85
VIS	HIMAW	20161013	0	53.54	-155.32	900	10.3	127	72.58	0.80
VIS	HIMAW	20161013	0	53.46	-156.09	900	12.1	121	73.59	0.83
VIS	HIMAW	20161013	0	52.67	-156.04	900	11.9	121	80.87	0.99

圖 3.1.5 : 衛星雲導風之資料格式

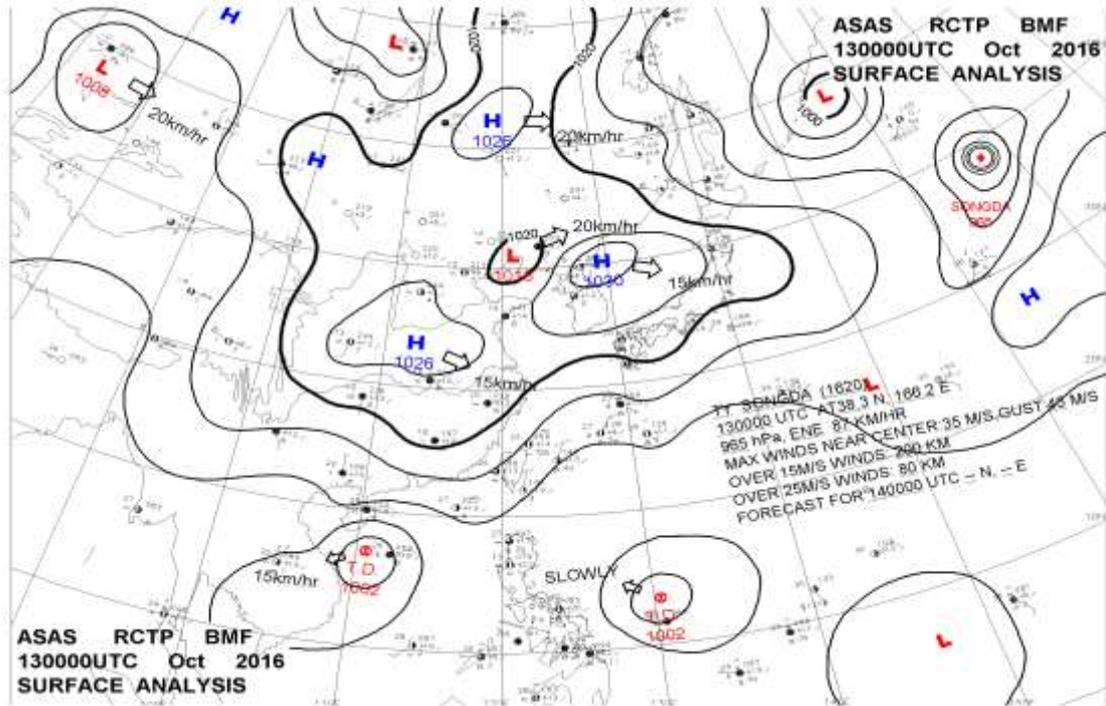


圖 3.2.1：2016 年 10 月 13 號 08Z 地面天氣圖。時值台灣地區受到華
中華北冷高壓的影響，台灣地區風項主要為東北風系統。

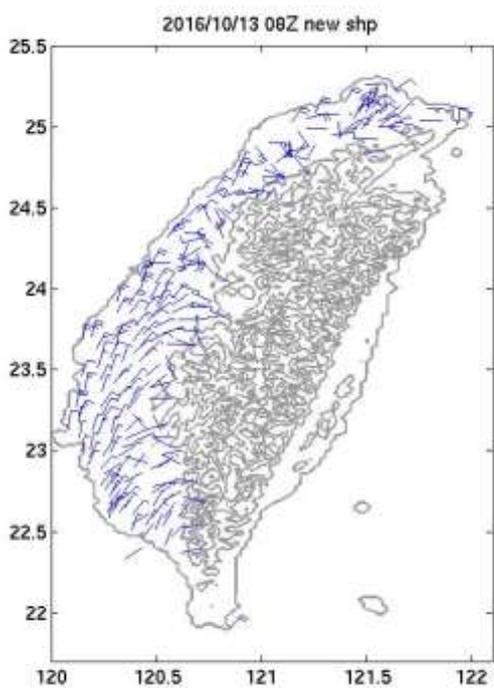
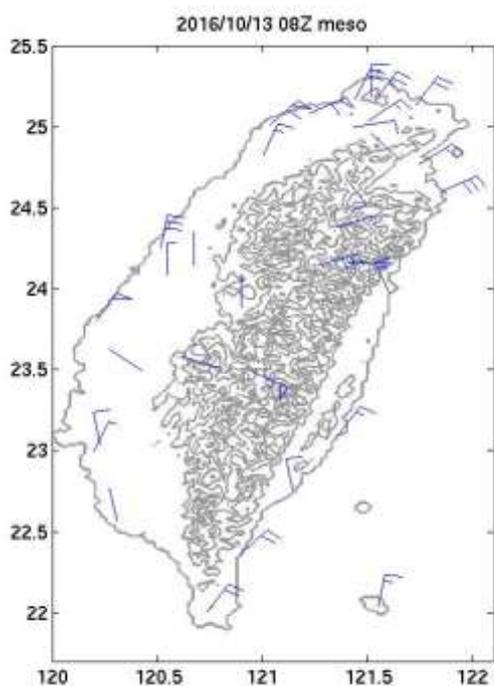


圖 3.2.2：(一)左上角為局屬氣象站(meso)和綜觀天氣報(synop)的測站風場。(二)右上角為機場天氣報(metar)的風場。(三)左邊為自動氣象站(new_shp)之風場。由測站可知地面風場受環境風場影響多為東北風，臺北盆地受高山阻擋而為東風。

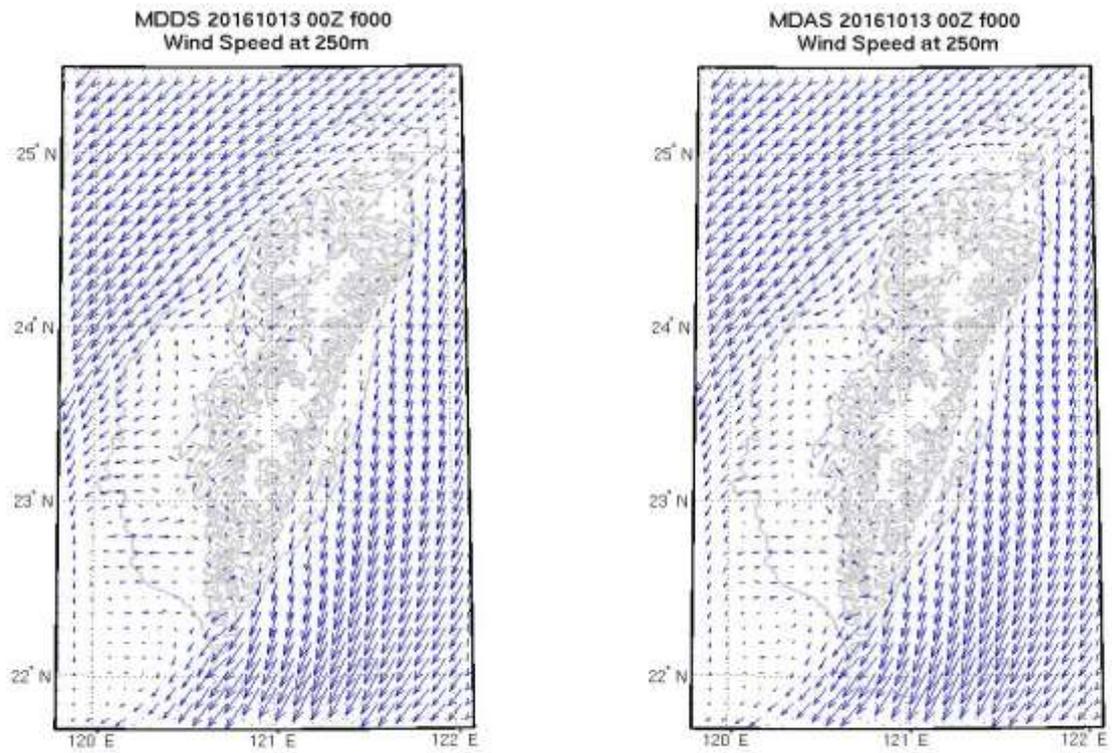


圖 3.2.3 左邊為 MDDS 250 公尺降尺度風場，右邊為 MDAS 250 公尺降尺度風場。MDAS 在台北盆地及嘉南平原的風場較 MDDS 更符合觀測資料。

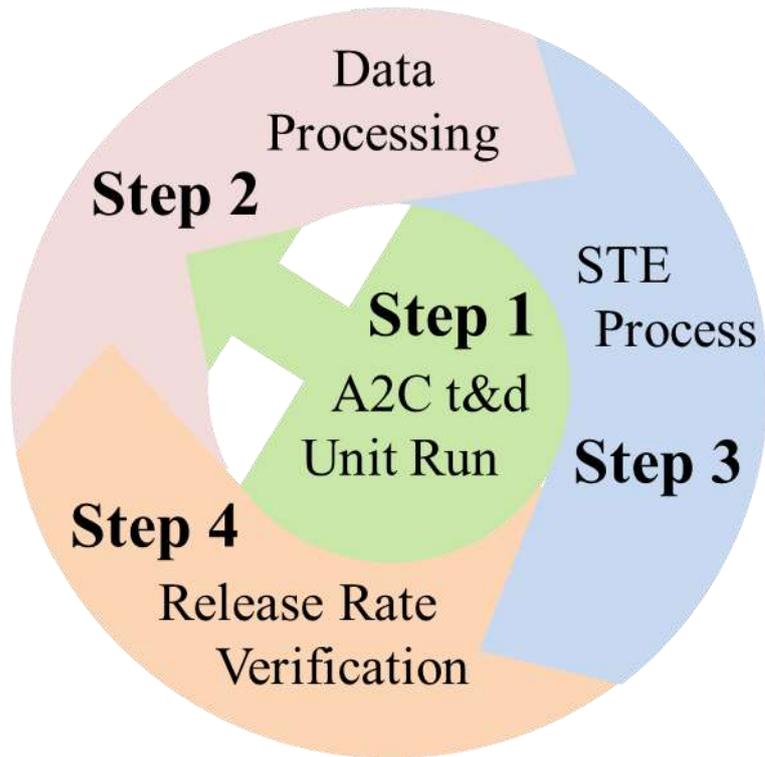


圖 4.1.1 外釋射源項回推系統流程圖

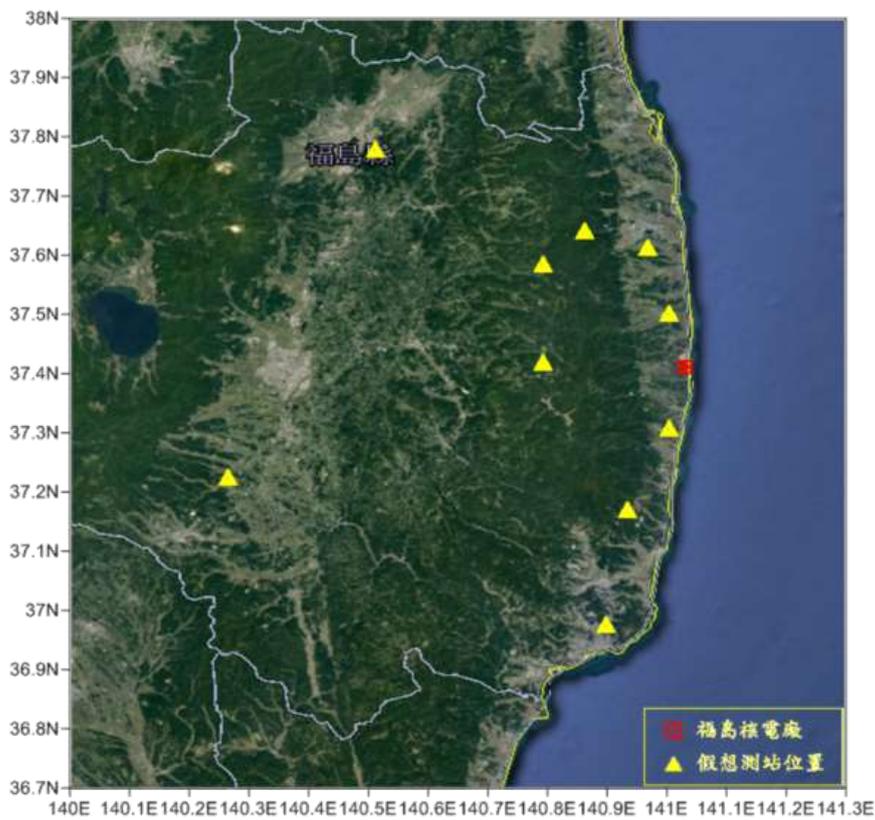
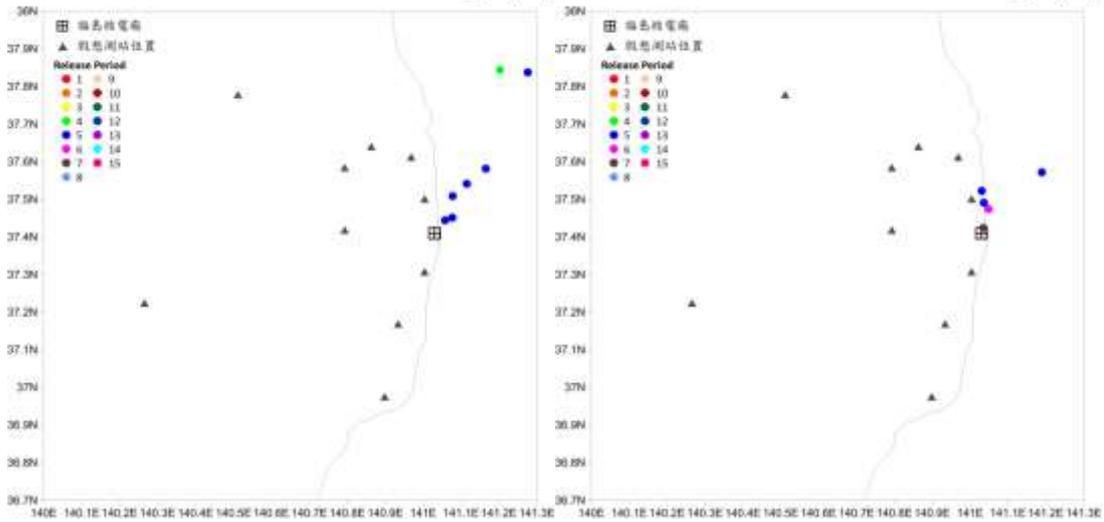
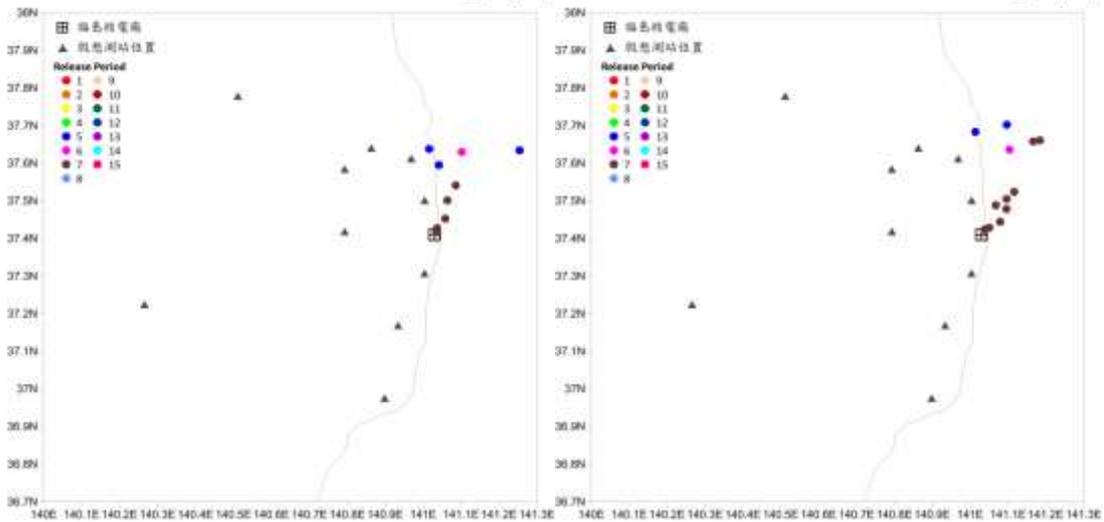


圖 4.1.2 假定 10 個觀測點位置

A2Ct&d Puff locations on 20110314_00(LT) A2Ct&d Puff locations on 20110314_02(LT)



A2Ct&d Puff locations on 20110314_04(LT) A2Ct&d Puff locations on 20110314_06(LT)



A2Ct&d Puff locations on 20110314_08(LT) A2Ct&d Puff locations on 20110314_10(LT)

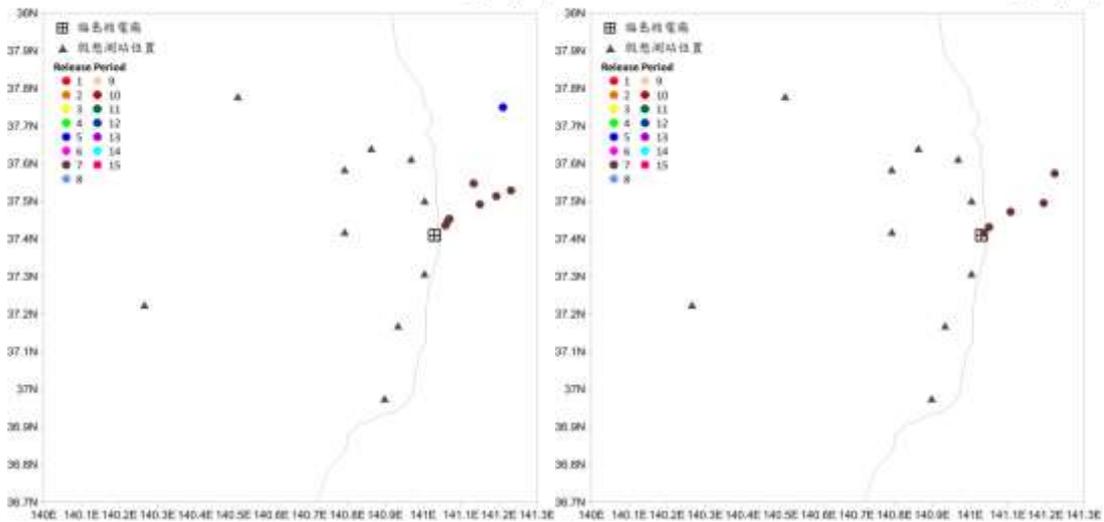
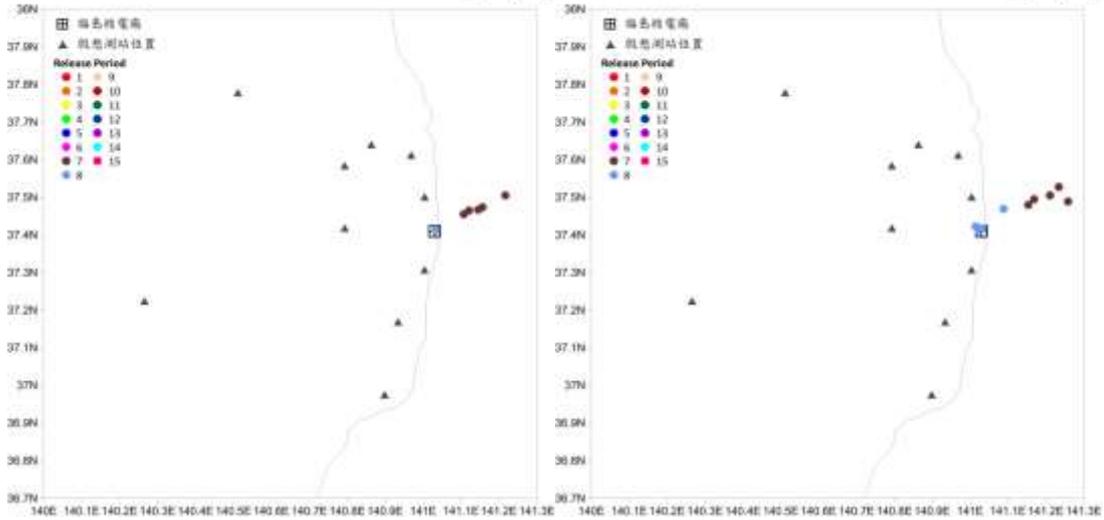
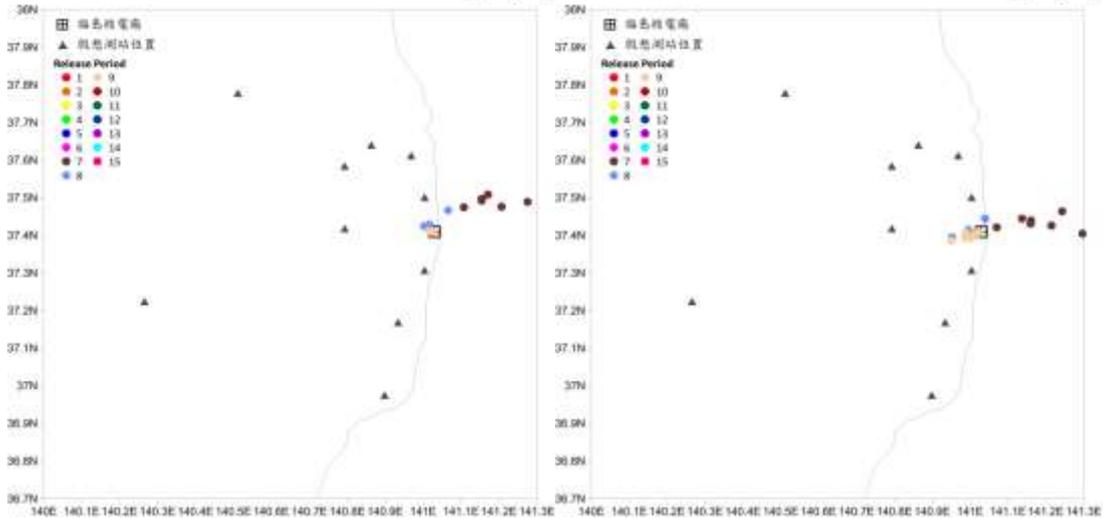


圖 4.1.3 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果 135

A2Ct&D Puff locations on 20110314_12(LT) A2Ct&D Puff locations on 20110314_14(LT)



A2Ct&D Puff locations on 20110314_16(LT) A2Ct&D Puff locations on 20110314_18(LT)



A2Ct&D Puff locations on 20110314_20(LT) A2Ct&D Puff locations on 20110314_22(LT)

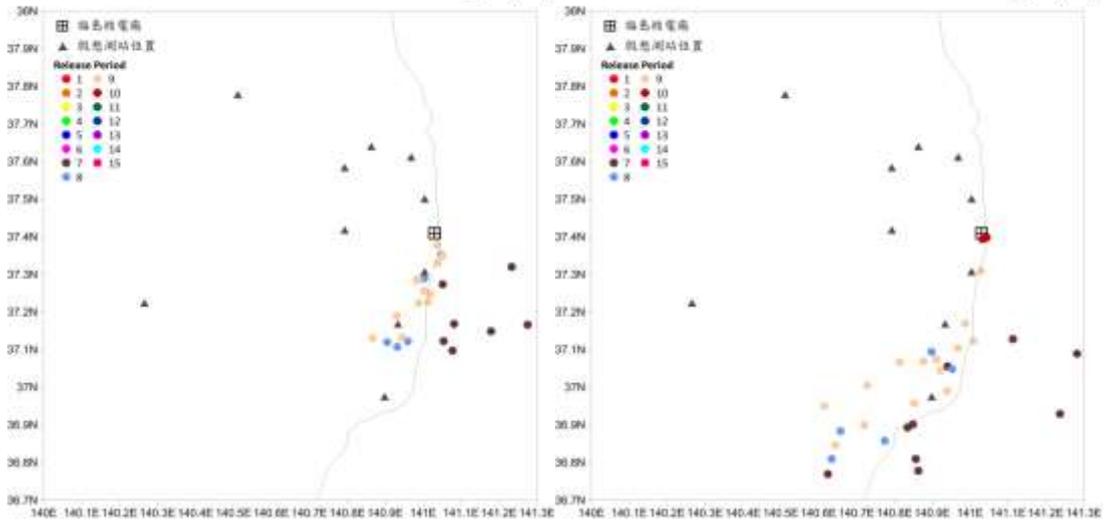


圖 4.1.3(續) 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果。
136

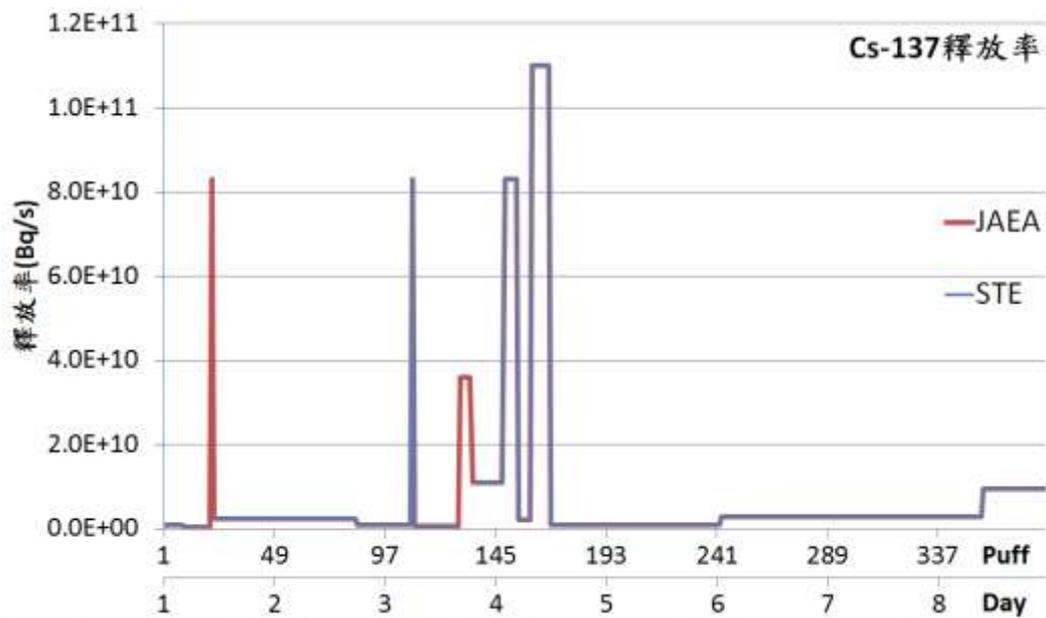


圖 4.1.4 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果

附件一、核子事故劑量評估系統作業運轉維護年度檢查表

附件二、核子事故劑量評估系統_系統文件

附件三、核子事故劑量評估系統_標準作業程序書

附件四、核子事故劑量評估系統_緊急應變程序書

附件五、假想事故電廠每日擴散模擬_每周個案討論簡報

附件六、核子事故緊急應變劑量評估系統.pptx

附件七、MDAS 引入氣象資料之氣象資料庫圖

附件八、GTS 資料之 FGGE 資料格式