

核子事故對全臺劑量評估與事故外釋射源項回推技術
發展

期末報告

委託單位：原子能委員會

受委單位：核能研究所 保健物理組

目 錄

1. 計畫目的	1
2. 模式簡介	9
2.1 降尺度系統(CWB/MDDS).....	9
2.2 A2C (Atmosphere to Computational fluid dynamic) 數值模式介紹	12
2.3 劑量評估系統說明	17
2.4 氣象觀測資料同化分析方法	19
3. 境內核災台灣區 2.5 公里解析度劑量評估系統建置與例行假想事故 評估流程建立	28
3.1 案例探討流程	28
3.2 系統輸出呈現調整	30
4. 核一廠多層巢狀網格之降尺度氣象預報系統開發與建置	32
4.1 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統開發與建置	32
4.2 核一廠區 3 層巢狀網格降尺度氣象預報系統案例測試	35
5. 利用氣象觀測資料進行年度氣象場預報校驗	43
5.1 模式環境分析場與 8 天預報場風向、風速之時間序列圖	44
5.2 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	60
6. 氣象觀測資料自動化接收流程建置	68
6.1 氣象觀測資料自動化接收流程建置	68
6.2 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.....	74
7. 開發並建立外釋射源項回推功能	79
7.1 參考 JAEA 射源項回推方法，建立本土化的射源項回推作業程	

序.....	79
7.2 射源項回推作業程序案例測試.....	83
8. 射源項資料介接方案與核一廠嚴重事故外釋射源項資料庫更新..	88
8.1 外釋射源項資料介接.....	89
8.2 核一廠嚴重事故射源項更新.....	89
9. 作業程序書與操作手冊編撰及年度教育訓練辦理.....	91
10. 總結.....	93
11. 附件.....	94

圖目錄

圖 3-1 假想事故每日模擬作業個案討論流程圖	29
圖 3-2 單一時間靜態圖像展示操作	31
圖 3-3 多時段時間動態圖像展示操作	31
圖 4-1 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	33
圖 4-2 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	34
圖 4-3 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	34
圖 4-4 2016/06/02 00Z 地面天氣圖	36
圖 4-5 MDDS 2.5 公里解析度原始風場圖	36
圖 4-6 MDDS 核一廠第一層巢狀網格風場圖	37
圖 4-7 MDDS 核一廠第二層巢狀網格風場圖	37
圖 4-8 MDDS 核一廠第三層巢狀網格風場圖	38
圖 4-9 MDDS 2.5 公里解析度原始壓力擾動場	39
圖 4-10 MDDS 核一廠第一層巢狀網格壓力擾動場	39
圖 4-11 MDDS 核一廠第二層巢狀網格壓力擾動場	40
圖 4-12 MDDS 核一廠第三層巢狀網格壓力擾動場	40
圖 4-13 MDDS 2.5 公里解析度原始溫度擾動場	41
圖 4-14 MDDS 核一廠第一層巢狀網格溫度擾動場	41
圖 4-15 MDDS 核一廠第二層巢狀網格溫度擾動場	42
圖 4-16 MDDS 核一廠第三層巢狀網格溫度擾動場	42
圖 5-1 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).....	45
圖 5-2 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).....	46
圖 5-3 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).....	47
圖 5-4 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).....	48
圖 5-5 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).....	49
圖 5-6 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).....	50
圖 5-7 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).....	51
圖 5-8 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).....	52
圖 5-9 2015 年(上半年)核三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).....	53
圖 5-10 2015 年(下半年)核三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).....	54
圖 5-11 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).....	55
圖 5-12 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).....	56
圖 5-13 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).....	57

圖 5-14 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).....	58
圖 5-15 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).....	59
圖 5-16 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).....	60
圖 5-17 (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	64
圖 5-18 (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	65
圖 5-19 (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	66
圖 5-20 (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	67
圖 6-1 自動化接收之氣象觀測資料種類.....	69
圖 6-2 MDAS 引入傳統觀測資料之種類	70
圖 6-3 ingest_sfc 之資料格式.....	72
圖 6-4 ingest_sounding 之資料格式.....	73
圖 6-5 衛星雲導風之資料格式.....	73
圖 6-6 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，台灣地區風向主要為東北風系統	76
圖 6-7 (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)下為自動氣象站(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	77

圖 6-8 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.....	78
圖 7-1 外釋射源項回推系統流程圖	80
圖 7-2 假定 10 個觀測點位置.....	84
圖 7-3 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果.....	85
圖 7-4 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果(續).....	86
圖 7-5 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果.....	87
圖 9-1 劑量評估系統訓練課程簽到單.....	92

表目錄

表 7-1 釋放率回推之方法採用表.....	80
表 7-2 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果(單位: Bq/sec).....	87

1. 計畫目的

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，作為諸如核安演習應變演練情節規畫、輻測偵測站佈站、環境取樣點及民眾集結點規畫之參考，讓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中央氣象局合作，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 年由核研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）。另外劑量評估系統人機介面採用高階跨平台程式語言開發，展示介面

以衛星影像為底圖，結合數值地形，並引入地理資訊概念，操作介面可讓使用者於圖台上依需求縮放，平移，與旋轉，大幅提升劑量評估結果之資料視覺化功能與操作互動性。

民國 96 年因應「核子事故緊急應變法」第十四條規定，行政院原子能委員會（以下簡稱原能會）已於 94 年 7 月 15 日發布「核子事故民眾防護行動規範」並自發布日起生效。該規範和以往採行之「核子事故民眾防護行動指引」最大不同處是採用可減免劑量新觀念，作為採行防護措施干預基準之依據。為符合新法規之防護措施干預基準的要求，針對劑量評估系統開發符合減免劑量規範之劑量評估模式，同時需增加現有之氣象預報天數，以達到七天疏散減免劑量之評估需求。另依據原能會核技處軟硬體使用維護需求，與考量大氣擴散程式之更新，以高階個人電腦取代 SUN/Solaris 運作平台，故進程式改寫、轉換與功能測試，以期達成伺服器 PC 化之階段性目標。在圖資方面，以更精細之衛星影像與數值地形進行處理融合，並配合原能會提供之資料，進行村里等資料更新，讓決策者能清楚掌握實際狀況。

民國 100 年日本發生福島事故後，劑量評估系統使用者介面程式強化與提升地理資訊與資料視覺化效果。並於 101 年起至 104 年，因應 311 日本福島核電廠事故，配合緊急應變計畫區擴大，劑量評估系統規格須相對應擴充評估範圍，重新運跑並建置滿足緊急應變計畫區擴大後之氣象資料庫及修改台灣四個核電廠附近地區的 8 天環境氣象預報資訊外，並參酌日本福島民眾防護措施實施之經驗，精進評估系統氣象模組的準確性，除將原本氣象與大氣擴散模式由 HOTMAC 與 RAPTAD 升級為 A2C (A2Cflow 與 A2Ct&d)，並將高解析度地表利用資料引入 A2C 模組；同時考量

氣候變遷因素，利用新的觀測資訊重訂並擴大資料庫的分類；另外亦新增廠區大環境的降水預報資訊，將不同放射性核種分類的乾濕沉降效應，直接引入 A2Ct&d 中，增進劑量評估的效能。

104 年開始利用氣象局即時化降尺度氣象預報技術，建立台灣區域 2.5 公里解析度氣象預報場，開發可評估全台灣 2.5 公里解析度之劑量評估系統，並達成多電廠同時發生事故之評估能力，並完成事故期間外釋射源項定量與外釋時序回推之方法建立。此兩項功能為本計畫延續發展之基礎。

當氣象局全球預報作業系統每 12 小時執行完後，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，因未考慮氣象條件在範圍內的變化，使得預測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。

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，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之新一代核子事故緊急應變劑量評估系統。

另外，利用 104 年以日本原子力研究開發機構 JAEA 射源項回推方法為基礎完成初步發展的外釋射源項回推技術，於 105 年開始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功能。

本計畫係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 IXP，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。

因此本計畫主要效益為利用 104 年開發之射源項回推技術，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。

為達成本計畫的目標，規畫四年期工作項目如下

1. 核子事故劑量評估系統作業運轉維護。
2. 整合境內境外劑量評估系統，簡化系統操作程序，降低維護成本，以具備境內核災對於緊急應變計畫區及全台灣之劑量影響分析能力。
3. 開發並建立氣象觀測資料同化分析技術，使劑量評估系統可同時兼具已發生之輻射影響評估，及預測未來民眾劑量影響趨勢之能力。加速擴散模式運跑效能，提升濕沉降之計算評估能力。
4. 將 104 年發展之射源項回推技術，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功能。並基於射源項回推方法，建立輻射量測與環境取樣分析之需求規範。
5. 結合事故評估專業，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。

其中 105 年預期完成之細部工作項目及具體成果如下。

1. 完成境內核災臺灣區 2.5 公里解析度劑量評估系統建置(含操作及顯示資訊系統)，以每日提供核一、二、三廠假想事故對全臺灣影響之劑量評估結果。
2. 完成核一廠多層巢狀網格(緊急應變計畫區 250 公尺、緊急應變準備區 500 公尺、60 公里範圍 1 公里及全臺範圍 2.5 公里解析度)降尺度氣象預報系統開發與建置。
3. 利用氣象觀測資料，完成年度氣象場預報校驗作業。
4. 完成氣象觀測資料自動化接收流程建置。

5. 利用 104 年建立之射源項回推技術，配合高解析度氣象分析資料及輻射塵量測分析資料，開發回推技術的流程，完成本土化的射源項回推作業程序的能力建立。
6. 完成事故評估系統與劑量評估系統資料介接方案，並將更新之核一廠嚴重事故外釋射源項資料庫建置於劑量評估系統選單。
7. 完成新一代「核子事故劑量評估系統文件」、「核子事故劑量評估系統操作手冊」、「核子事故劑量評估系統標準作業程序書」、「核子事故劑量評估系統緊急應變程序書」等文件初稿編撰。

期末預計完成之查核點工作成果為：完成核子事故劑量評估操作手冊、標準作業程序書，及核子事故劑量評估緊急應變程序書；利用引進之 JAEA 射源項回推方法，配合高解析度氣象分析資料及輻射塵量測分析資料，開發回推技術的流程，完成本土化的射源項回推作業程序建立；完成事故評估系統輸出資料介接方案，並更新之核一廠嚴重事故外釋射源項資料庫；完成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等工作項目。

2. 模式簡介

2.1 降尺度系統(CWB/MDDS)

中尺度動力降尺度系統 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。

$$\begin{aligned}
 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 \\
 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}{\bar{p}} \theta'_v \\
 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， $p = \bar{p}(z) + p'$ ， $\theta_v = \bar{\theta}_v(z) + \theta'_v$ ， $q_v = \bar{q}_v(z) + q'_v$ ， $R_d = 287 J_k g^{-1} K^{-1}$ 為乾空氣氣體常數， $p_{00} = 10^5$ 帕為參考壓力值， $g = 9.8 s^{-2}$ 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

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

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

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

連續變分法（或可稱為多網格法）是指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。

2.2 A2C (Atmosphere to Computational fluid dynamic) 數值模式介紹

在大氣部分(A2Cflow)，為能模擬非均勻地形並易於處理地表邊界條件，本模式垂直方向採用 Mahrer and Pielke (1975) 所定義之地形座標，

$$z^* = \bar{H} \frac{z - z_g}{H - z_g},$$

其中 z^* ， z 分別為轉換後及卡氏座標下的垂直座標。式中 z_g 為地表高度， \bar{H} 為 z^* 座標下的模式頂高度， H 為 z 座標下的模式頂高度。在模式頂，兩種座標 (z^* 及 z 座標) 之座標面為相同的水平面。

模式中基本控制方程式包括 x 方向 (東西方向) 及 y 方向 (南北方向) 之動量方程、連續方程、亂流動能方程、亂流長度尺度方程、熱力及水汽混合比方程等，分別敘述如下：

東西方向動量方程：

$$\begin{aligned} \frac{dU}{dt} = & f(V - V_g) + g \frac{\bar{H} - z^*}{\bar{H}} \left(1 - \frac{\bar{\theta}_v}{\theta_v} \right) \frac{\partial z_g}{\partial x} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{xy} \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{uw}) \end{aligned}$$

南北方向動量方程：

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & f(U - U_g) + g \frac{\bar{H} - z^*}{\bar{H}} \left(1 - \frac{\bar{\theta}_v}{\theta_v} \right) \frac{\partial z_g}{\partial y} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xy} \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{vw}) \end{aligned}$$

連續方程：

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W^*}{\partial z^*} - \frac{1}{H - z_g} \left(U \frac{\partial z_g}{\partial x} + V \frac{\partial z_g}{\partial y} \right) = 0$$

其中 z^* 座標下之垂直速度 (W^*) 可寫為，

$$W^* \equiv \frac{\bar{H}}{H - z_g} W + \frac{z^* - \bar{H}}{H - z_g} \left(U \frac{\partial z_g}{\partial x} + V \frac{\partial z_g}{\partial y} \right)$$

上幾式中，大寫表示總集平均值，小寫表示對平均值的擾動量， U 、 V 為 x 及 y 方向平均風速， U_g 、 V_g 為 x 及 y 方向地轉風， g 為地球重力加速度， θ_v 為虛位溫， W 為 z 座標下之垂直速度，

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + U \frac{\partial}{\partial x} + V \frac{\partial}{\partial y} + W^* \frac{\partial}{\partial z^*}$$

為全微分， K_x 、 K_{xy} 及 K_y 為水平渦流黏滯係數。在動量方程中之等號右邊第一項為科氏力造成的加速度項，第二項為地形效應項，第三及第四項為水平渦流黏滯力項，第五項為亂流項。

亂流動能方程式如下：

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2} \right) &= \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q^2}{2} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{2} \right) \right] \\ &+ \left(\frac{\bar{H}}{H - z_g} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left[q l S_q \frac{\partial}{\partial z^*} \left(\frac{q^2}{2} \right) \right] \\ &- \frac{\bar{H}}{H - z_g} \left(\overline{uw} \frac{\partial U}{\partial z^*} + \overline{vw} \frac{\partial V}{\partial z^*} \right) + \beta g \overline{w\theta_v} - \frac{q^3}{B_1 l} \end{aligned}$$

在上式中，等號右邊第一~三項為亂流動能的傳送項，此傳送假設為順梯度擴散，第四項為風切產生項，第五項為浮力項，第六項為動能消散項。 $q^2 = \overline{u^2} + \overline{v^2} + \overline{w^2}$ ， $\overline{w\theta_v}$ 為亂流熱通量。

亂流長度尺度 l 可利用下式求得：

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(q^2 l) &= \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial}{\partial x} (q^2 l) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y \frac{\partial}{\partial y} (q^2 l) \right] \\ &+ \left(\frac{\overline{H}}{H - z_g} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left[q l S_i \frac{\partial}{\partial z^*} (q^2 l) \right] \\ &- l F_1 \left[\frac{\overline{H}}{H - z_g} \left(-\overline{uw} \frac{\partial U}{\partial z^*} - \overline{vw} \frac{\partial V}{\partial z^*} \right) + \beta g \overline{w\theta_v} \right] \\ &- \frac{q^3}{B_1} \left[1 + F_2 \left(\frac{l}{kz} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

在上式中，等號右邊第一~三項為傳送項，此傳送假設為順梯度擴散，第四項為風切產生項與浮力項，第五項為消散項，其中 F_1 、 F_2 、 S_q 、 S_l 及 B_1 為從實驗所得之經驗常數，其值分別為 1.8、1.33、0.2、0.2 及 16.6。

熱力及水汽混合比方程式如下：

$$\begin{aligned} \frac{d\delta\theta}{dt} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \delta\theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \delta\theta}{\partial y} \right) \\ &+ \frac{\overline{H}}{H - z_g} \left[\frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{w\theta}) + \frac{1}{\rho C_p} \frac{\partial R_y}{\partial z^*} - W \frac{\partial \theta_v}{\partial z} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{dq_v}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial q_v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial q_v}{\partial y} \right) + \frac{\overline{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{wq_v})$$

在上兩式中，等號右邊第一、二項為水平渦流黏滯項，第三項在熱力方程式中包含亂流項、輻射通量項及環境溫度垂直平流項，在水

汽混合比方程式中為亂流項。

方程式中之亂流通量，由簡化的二階亂流閉合方程得到(Yamada, 1983)：

$$\begin{aligned}(\overline{uw}, \overline{vw}) &= -l\tilde{S}_M \left(\frac{\partial U}{\partial z}, \frac{\partial V}{\partial z} \right), \\(\overline{w\theta}, \overline{wq_v}) &= -\alpha l q \tilde{S}_M \left(\frac{\partial \theta}{\partial z}, \frac{\partial q_v}{\partial z} \right),\end{aligned}$$

其中 \tilde{S}_M 及 α 是通量理查遜數 (flux Richardson number) 的函數。 $\alpha \equiv K_H/K_M$ 為亂流普朗多常數的倒數，其中 K_H 及 K_M 為渦流擴散及黏滯係數。 \tilde{S}_M 及 α 可由 Mellor and Yamada (1974) 之 level 2 模式中得到。此求法為亂流動能方程式中忽略動能的全微分項和亂流動能的傳送項，為風切產生項，浮力項及動能消散項之平衡。

A2Cflow 模式主要預報的變數為水平風場 (U 、 V)、亂流動能 (q^2)、亂流長度尺度 l 、溫度擾動 ($\delta\theta$) 及水汽混合比 (q_v)。利用有限差分的方法將這些預報方程寫成有限差分式，積分是採用內隱式法 (Alternating Direction Implicit method, ADI)，積分間距則滿足 CFL (Courant-Friedrich-Lewy) 之穩定條件標準。ADI 法在時間及空間微分是具有無條件性穩定及二階準確。

為增加有限差分法的準確性，網格點上平均及擾動場之變數在水平及垂直方向均採交錯網格配置。由於風場、溫度場及水汽場在靠近地面往上之變化非常快，因此垂直方向採用非均勻網格間距。

在煙流擴散(A2Ct&d)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。

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

$$a = \exp(-\Delta t/t_{Lx_i}) , b = (1-a^2)^{0.5} .$$

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：

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

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。

2.3 劑量評估系統說明

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。新一代劑量評估系統將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。

資料庫類型的氣象場資料，是用全球模式(CWB_GFS)資料內插到核電廠位置，得到單點 8 天的預報資料，再去選取相對應的資料庫當中的氣象場，如此處理出來的結果，與直接將當下預報模式進行降尺度處理得到的資料，有一定的落差，因此新一代劑量評估系統使用一個範圍的氣象預報資料，會比資料庫類型使用一個點的氣象預報資料，更能反應出綜觀尺度下系統的對台灣附近天氣情況的影響。

根據使用兩系統針對福島事件的模擬比較可得知如下的結論：

- 兩系統均能有效掌握放射性物質外釋的主要傳輸路徑。
- 資料庫類型系統由於無法模擬天氣變化時的情境(如鋒面、颱風、對流系統等)，當碰到天氣系統變化時，無法掌握變化期或天氣系統造成的風場變化，導致福島事件期間 3 月 15~16 日福島西北側鋒面附近的濃度較高區無法解析，但在新系統可以做到。
- 資料庫類型系統應用 A2Cflow 進行廠區高解析風場模擬，因 A2Cflow 本身在福島事件應用上可能過度強化海陸風效應，導致傳輸方向與實際上有點偏(約達 15 度左右)，此問題若需改進可能需要花一點時間調教模式中之輻射傳遞方法。新系統沒有這個問題，但模擬海陸風效應之可能會受 MDDS 使用的 GFS 或 WRF 模式解析度之影響。

- 由於目前新系統仍在開發當中，其解析度尚未達到資料庫類型系統的程度，藉由本 4 年期計畫的完成可彌補此缺失。
- 其他新系統與資料類型系統的差別來自模式的改進，諸如模擬範圍擴大至全臺灣、乾濕沉降效應的改進、多核種、外釋時序變化、引進事故評估之外釋情節、開發外釋量回推方法、事故全期模擬分析與預報整合等。

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美國國家環境預報中心 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。

2.4 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，現有的風場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 Obukhow(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：

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

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：

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

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

Dyre(1967,1974) 由 Hay 及 Gurley(均位於新南威爾斯州) 觀測資料建議 $\text{Pr}_{LN} = 1$ 、 $\beta = 5$ 、 $\gamma_1 = \gamma_2 = 16$ ， Pr_{LN} 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

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

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

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：

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

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

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

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

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

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} ：

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

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

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：

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

$b=7.8$ ， $(\overline{w'c'})_0$ 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。

3. 境內核災台灣區 2.5 公里解析度劑量評估系統建置與例行 假想事故評估流程建立

新一代核子事故劑量評估系統係以 MDDS 台灣地區 2.5 公里解析度進行分析運算，其範圍包含台澎金馬地區及大陸沿岸。系統完成上線測試後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，同時根據例行之系統操作與結果輸出之探討，修訂系統之操作介面與呈現效果。

3.1 案例探討流程

以下就以一個案討論來呈現，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 3-1 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，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

流體靜力的調整，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，將流體靜力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 3-1 中可看到將降尺度系統分析的部分，分為三個步驟，第一個即是流體靜力調整，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。

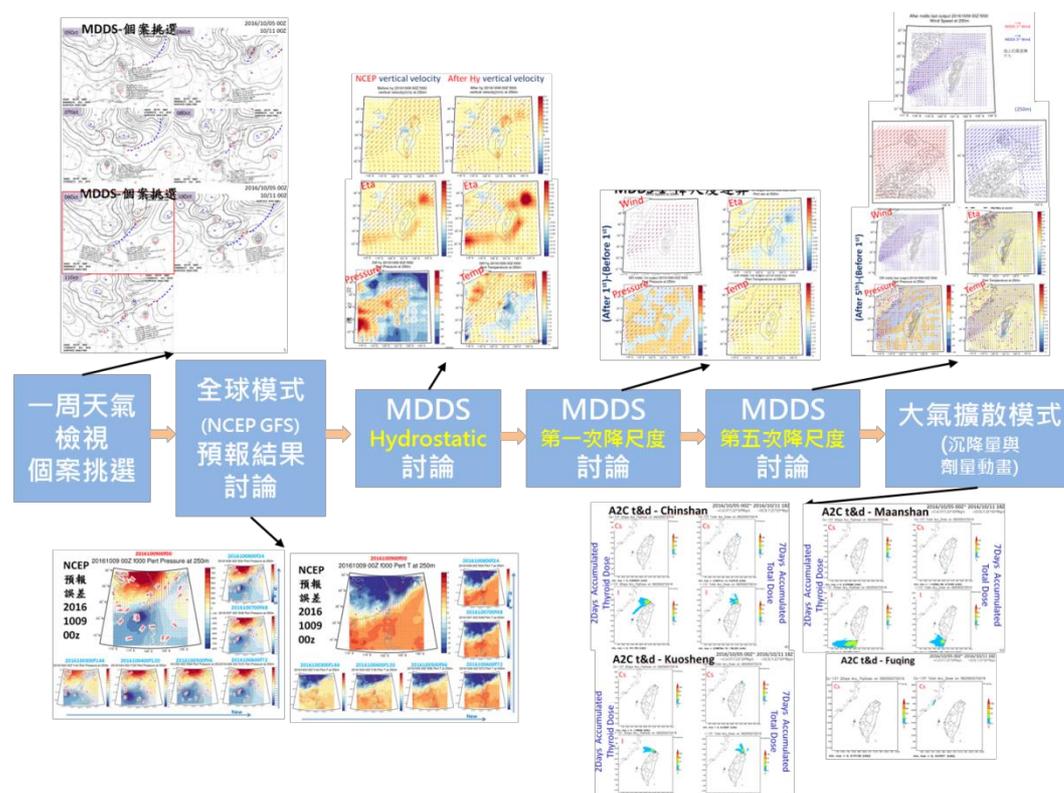


圖 3-1 假想事故每日模擬作業個案討論流程圖

截至今年計畫為止，已有近 30 個個案之討論。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，在流體靜力調整階段時，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。

3.2 系統輸出呈現調整

為提升顯示效果，系統原以 Google Map 套疊呈現之功能，因操作介面與效果均不如預期，因此今年度系統修正，評估結果(劑量率/沉降濃度等)等值線改以 gif 與 jpg 檔案格式之輸出，於展示效能與視覺效果上有明顯之提升。

系統可以點選單一時間，以靜態圖像展示結果，如圖 3-2，亦可選取多個時間，以多張靜態圖像接續顯示各時間的結果，或單張動態影像的方式展現隨時間之變化結果，如圖 3-3。

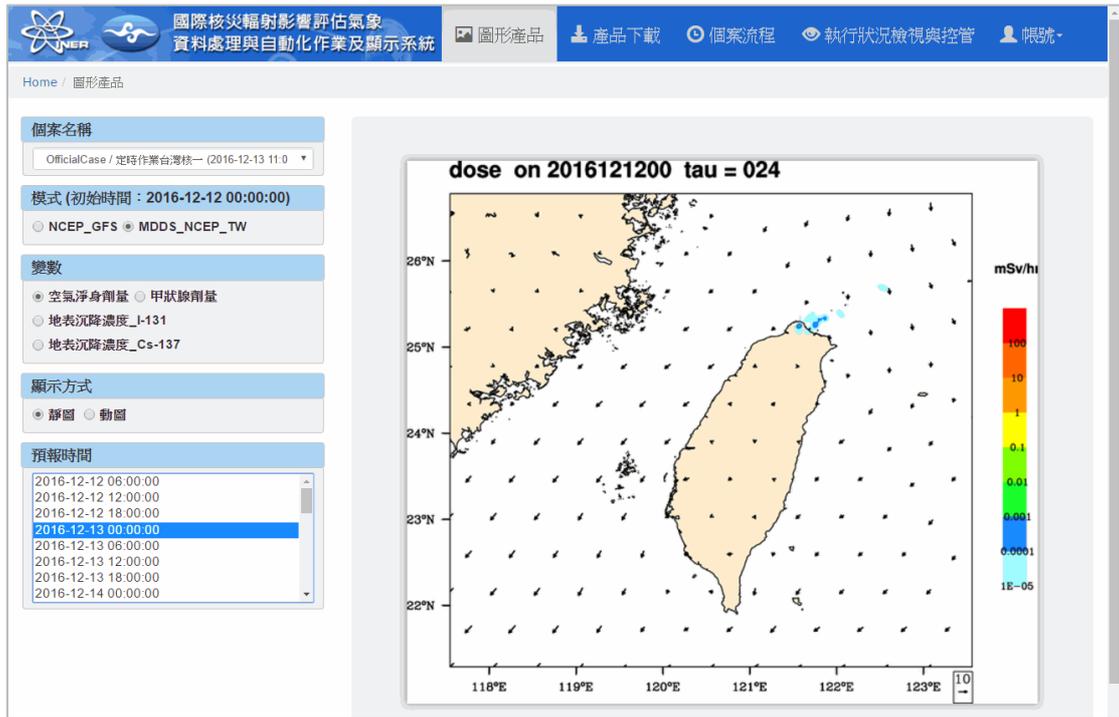


圖 3-2 單一時間靜態圖像展示操作

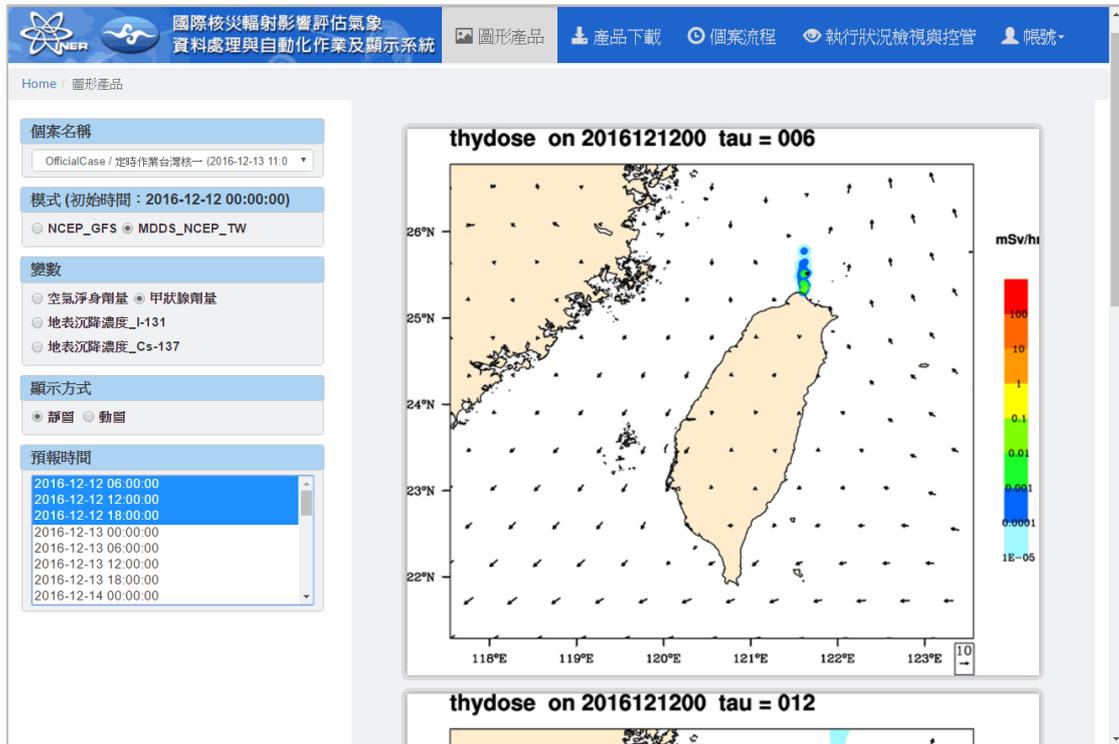


圖 3-3 多時段時間動態圖像展示操作

4. 核一廠多層巢狀網格之降尺度氣象預報系統開發與建置

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。

4.1 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 4-1、圖 4-2、圖 4-3 所示：圖 4-1 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 4-2 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 4-3 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)。

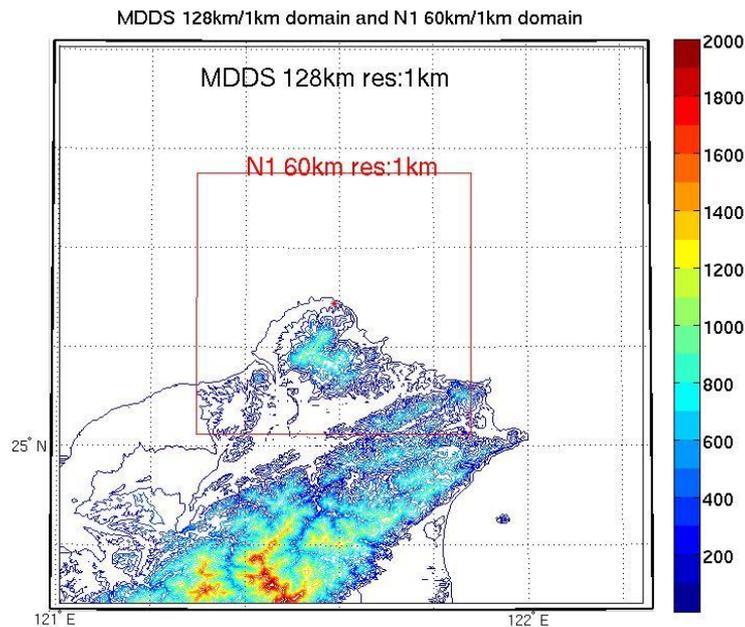


圖 4-1 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，黑色框為 MDDS 1 公里解析度共 128 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 30 公里範圍

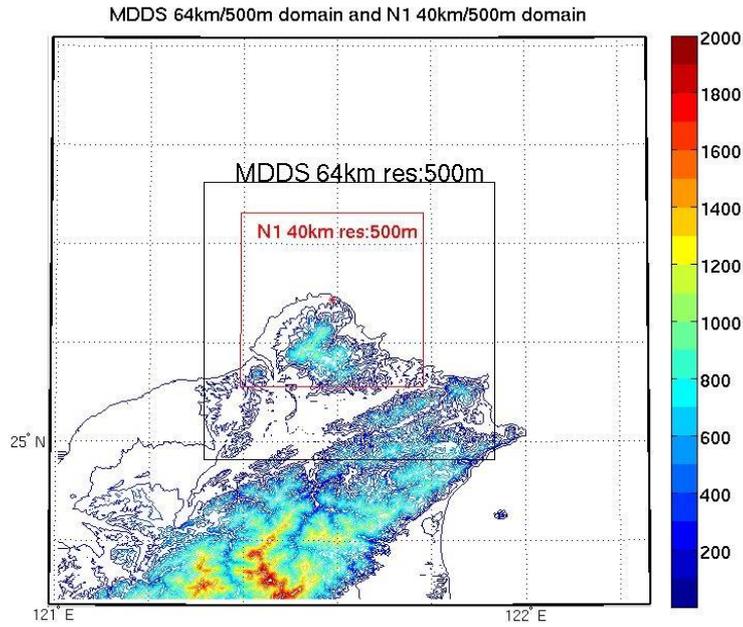


圖 4-2 MDDS 核一廠第一層巢狀網格，黑色框為 MDDS 1 公里解析度共 128 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 30 公里範圍

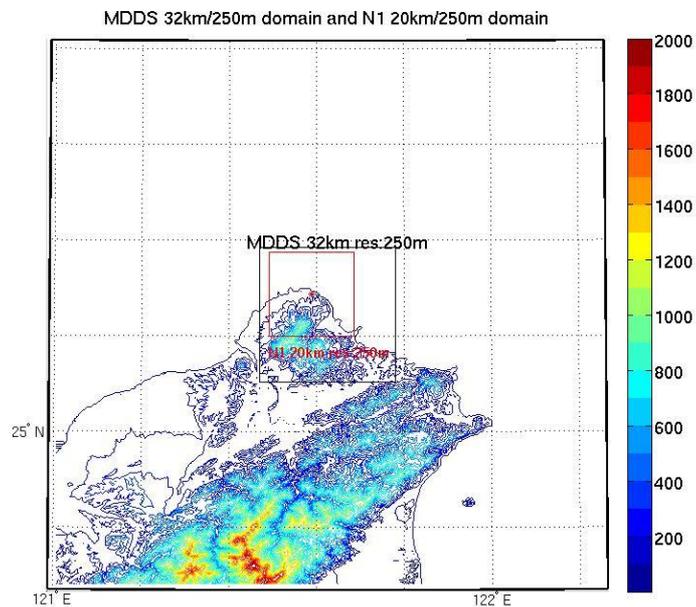


圖 4-3 MDDS 核一廠第三層巢狀網格，黑色框為 MDDS 250 公尺解析度共 32 公里範圍，紅色框為核一廠半徑 10 公里範圍

4.2 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 4-4 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 4-5-圖 4-8 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)。

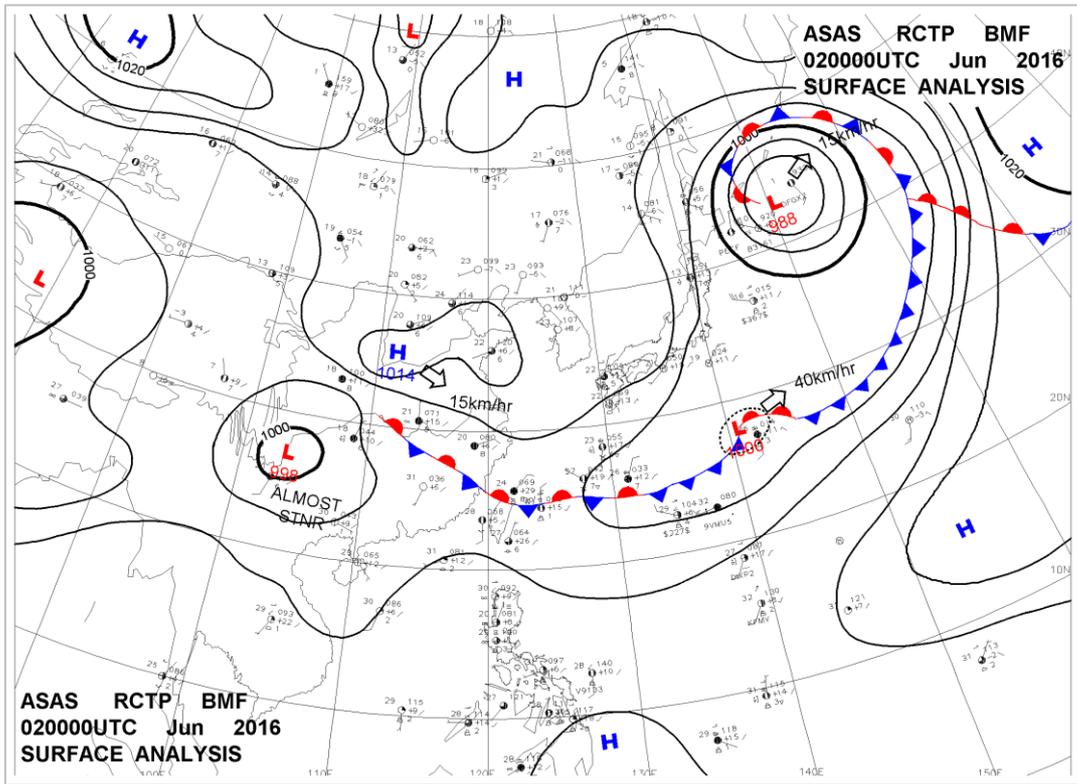


圖 4-4 2016/06/02 00Z 地面天氣圖

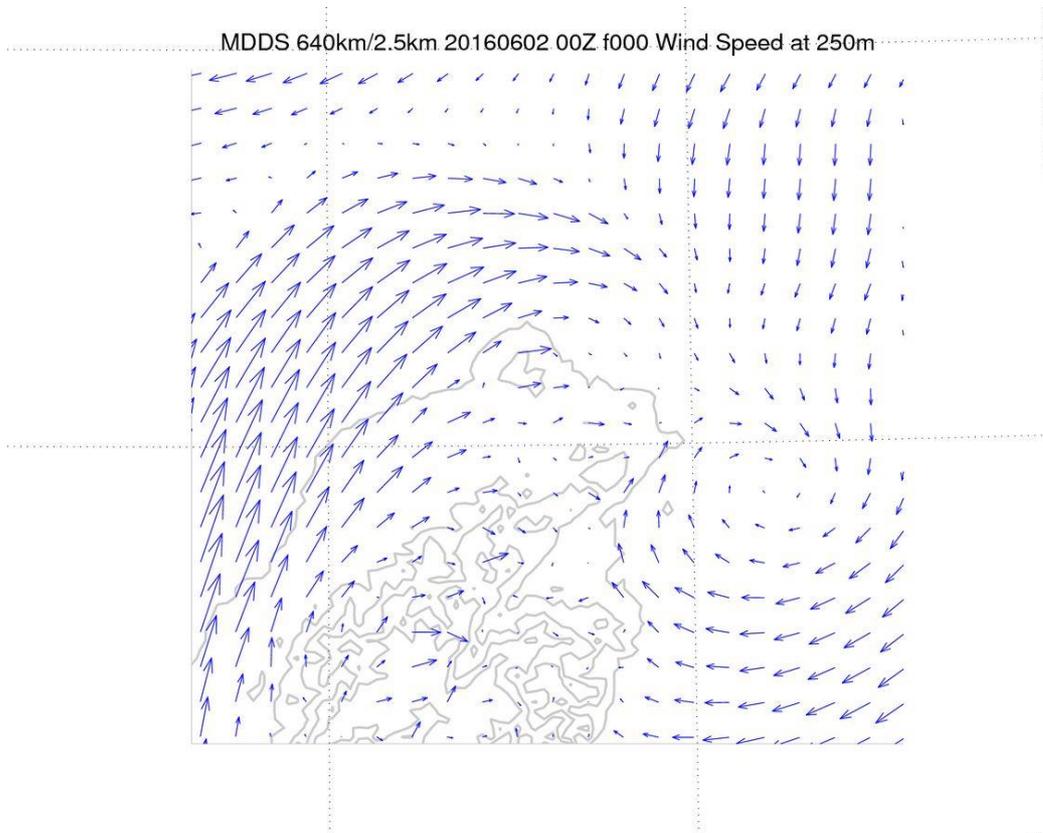


圖 4-5 MDDS 2.5 公里解析度原始風場圖

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

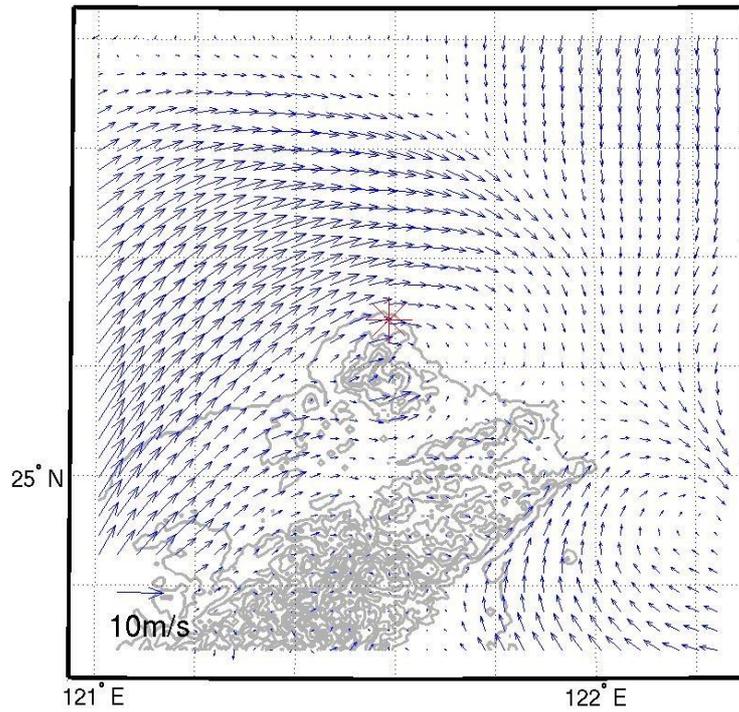


圖 4-6 MDDS 核一廠第一層巢狀網格風場圖

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

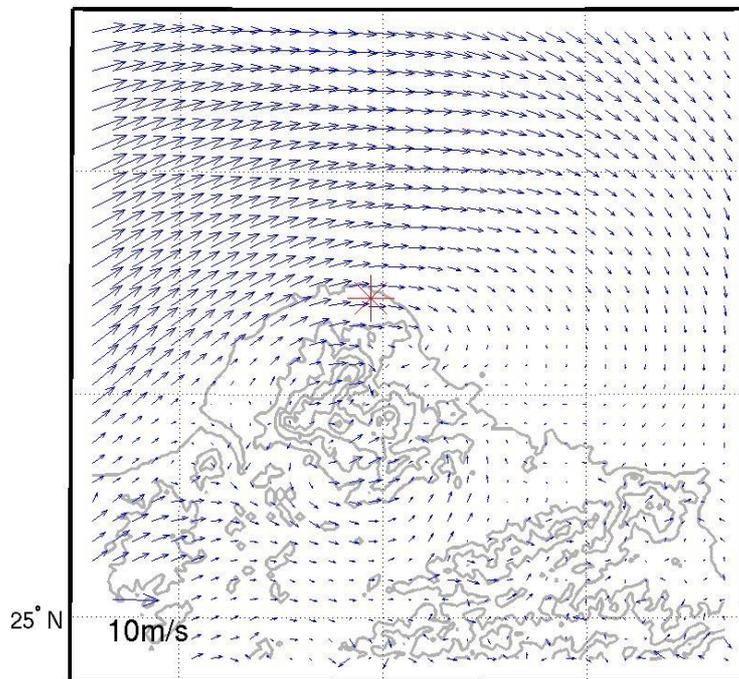


圖 4-7 MDDS 核一廠第二層巢狀網格風場圖

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

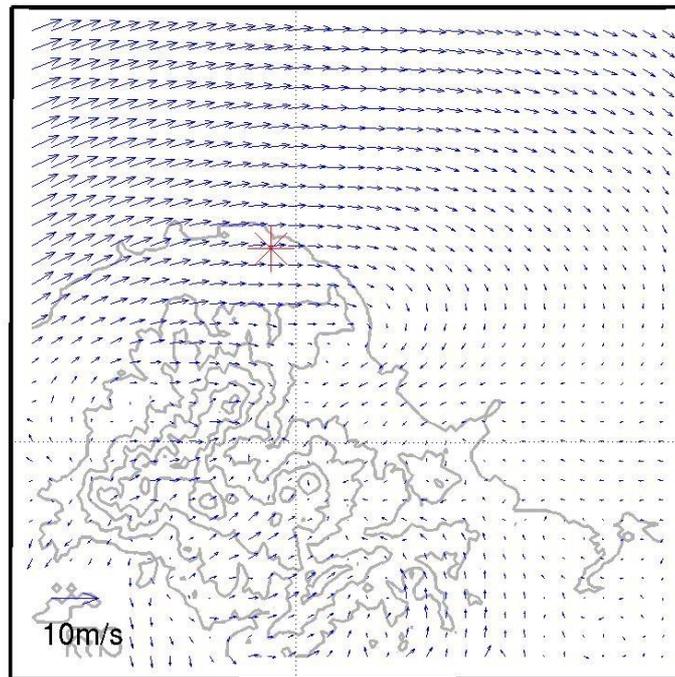


圖 4-8 MDDS 核一廠第三層巢狀網格風場圖

圖 4-9-圖 4-12 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 4-13-圖 4-16 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。

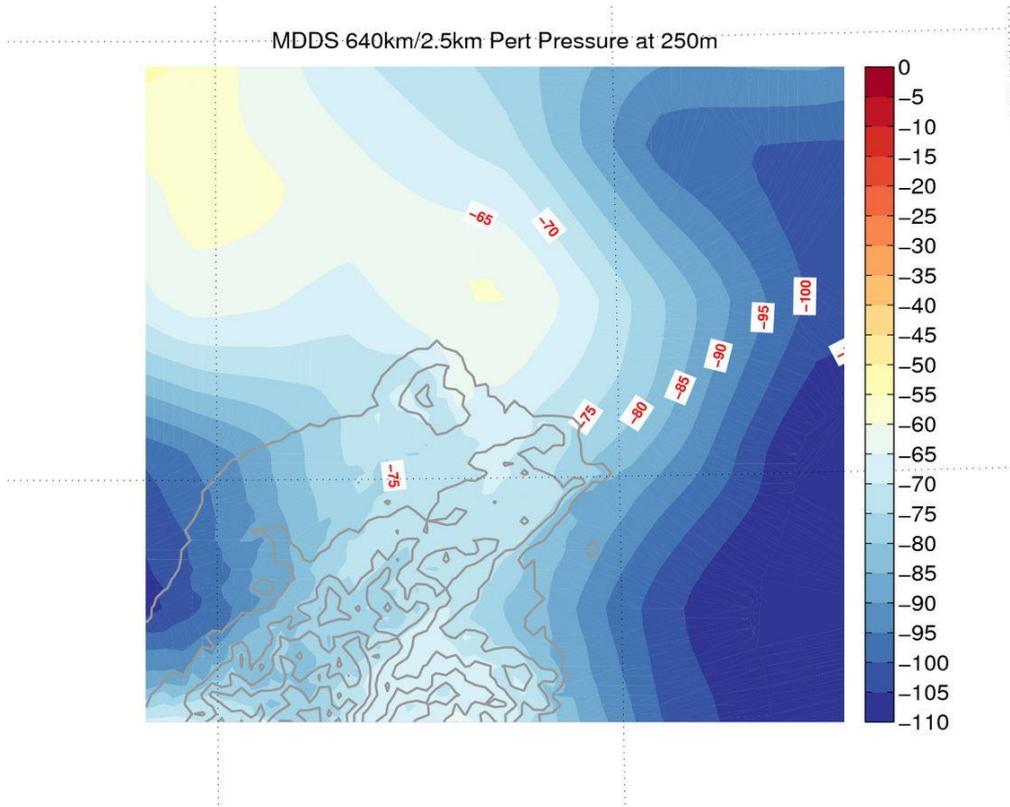


圖 4-9 MDDS 2.5 公里解析度原始壓力擾動場

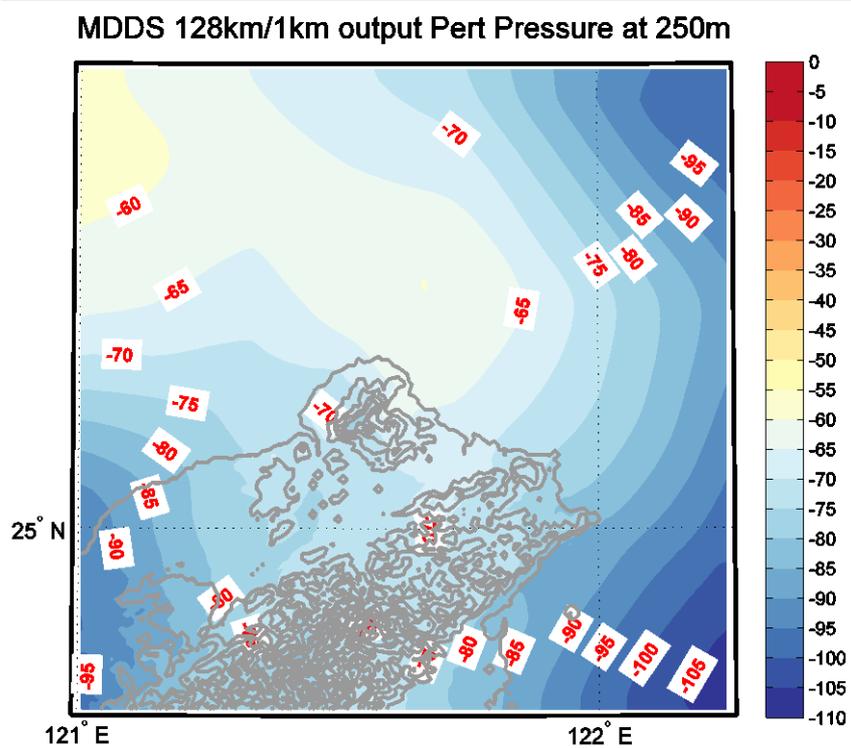


圖 4-10 MDDS 核一廠第一層巢狀網格壓力擾動場

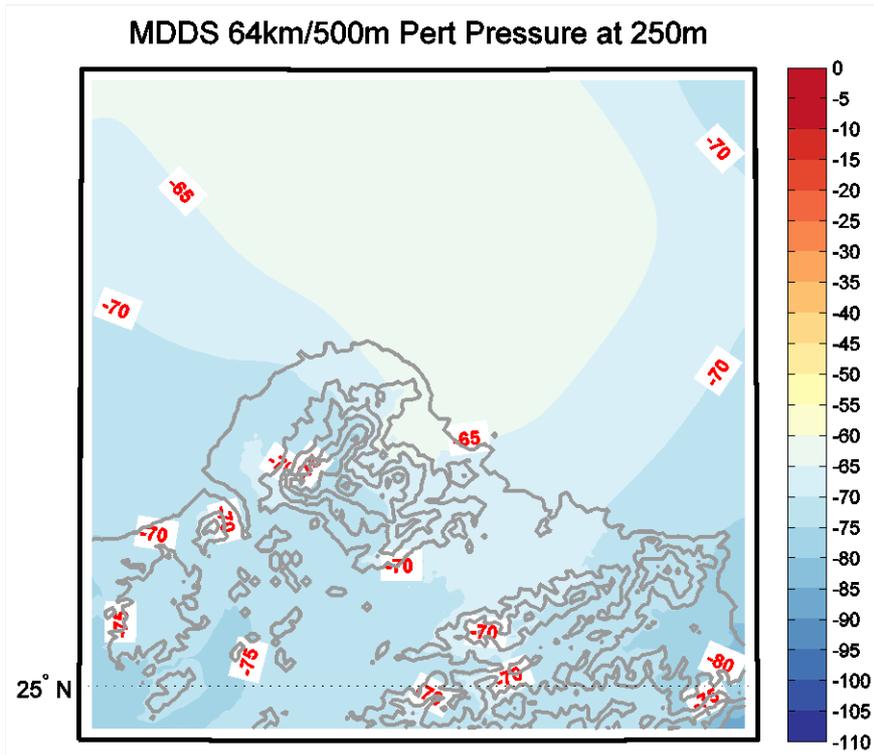


圖 4-11 MDDS 核一廠第二層巢狀網格壓力擾動場

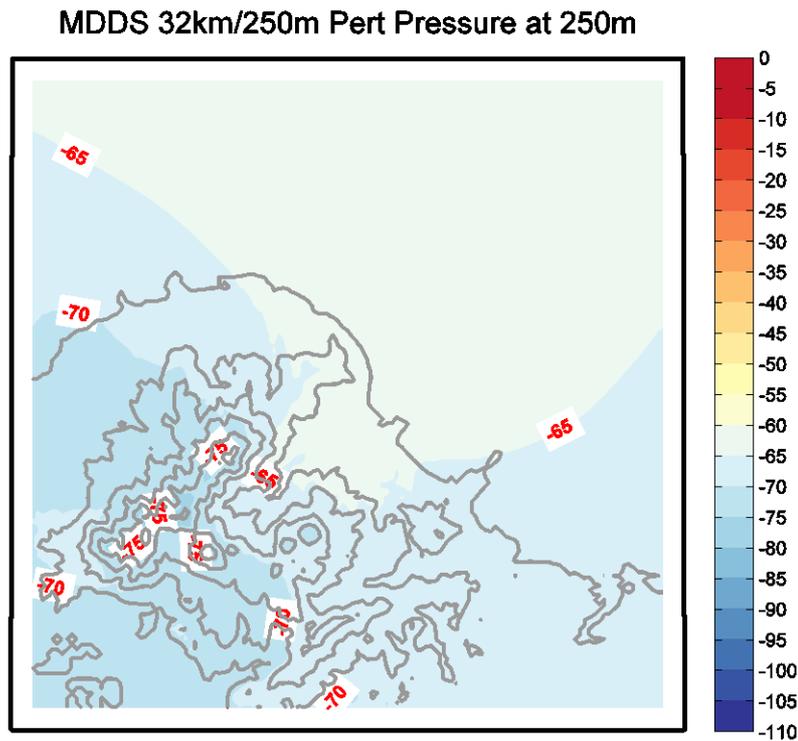


圖 4-12 MDDS 核一廠第三層巢狀網格壓力擾動場

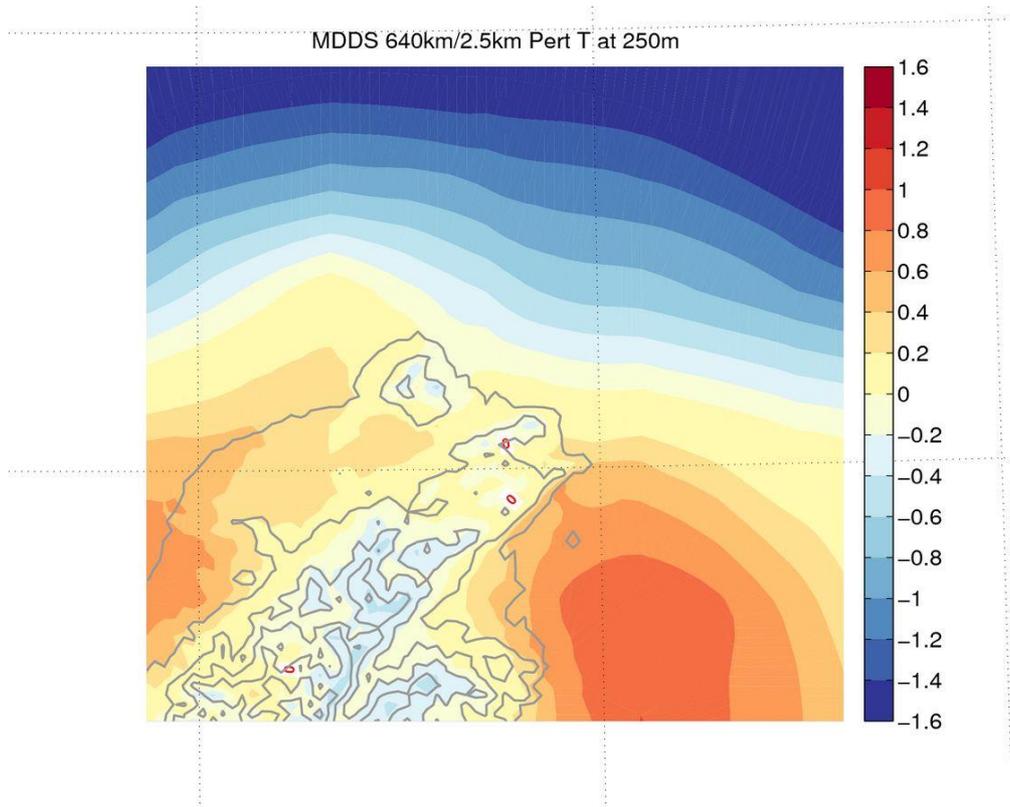


圖 4-13 MDDS 2.5 公里解析度原始溫度擾動場

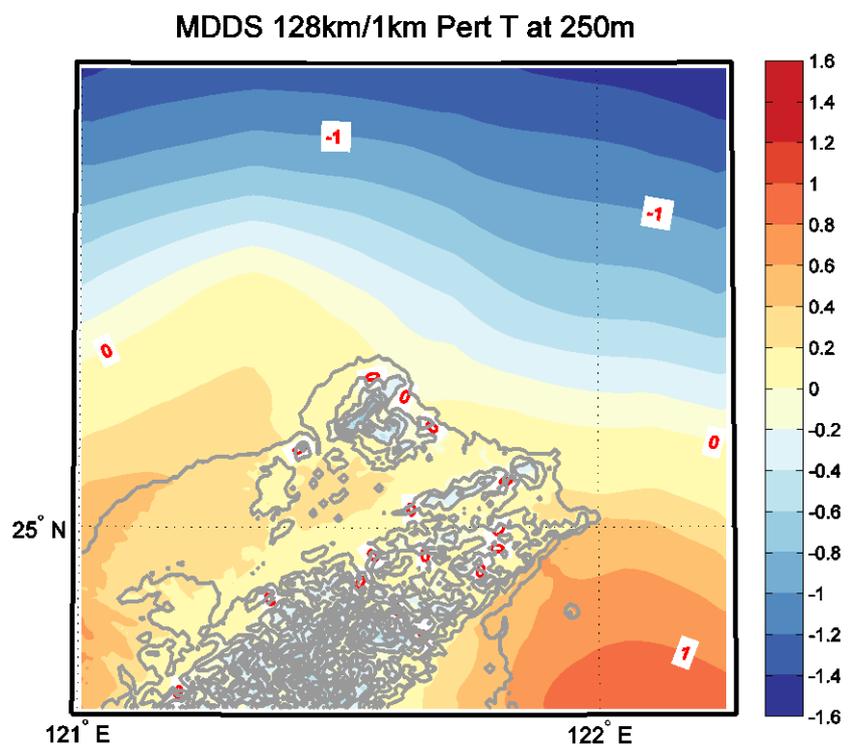


圖 4-14 MDDS 核一廠第一層巢狀網格溫度擾動場

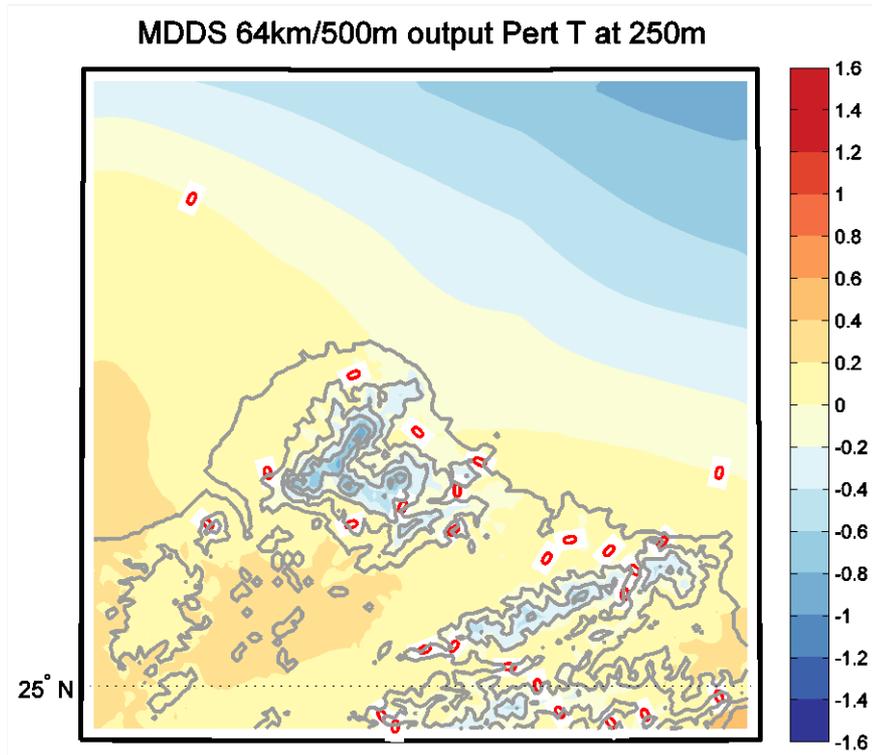


圖 4-15 MDDS 核一廠第二層巢狀網格溫度擾動場

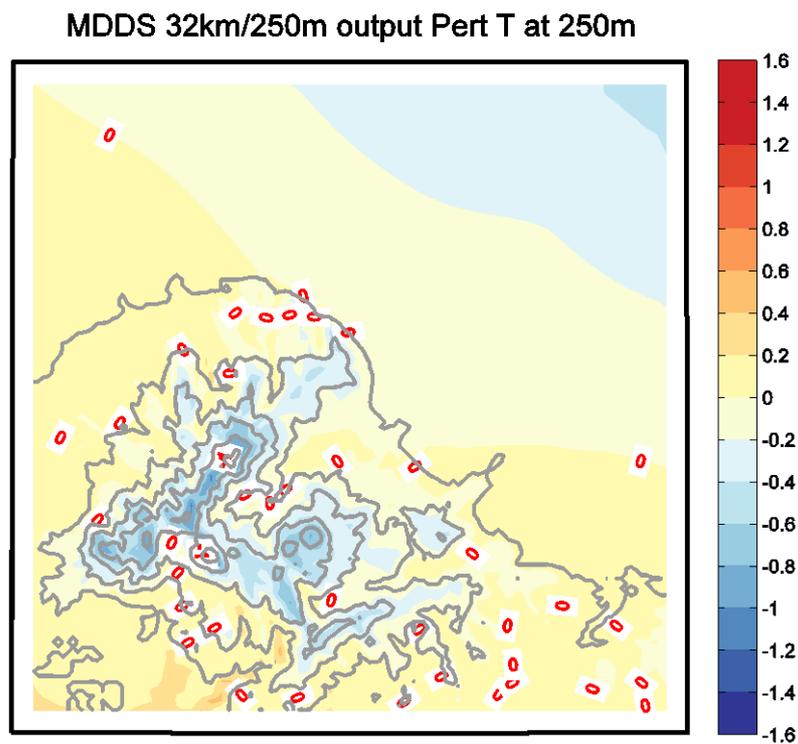


圖 4-16 MDDS 核一廠第三層巢狀網格溫度擾動場

5. 利用氣象觀測資料進行年度氣象場預報校驗

本項工作利用此中央氣象局每日分別在 8 時和 20 時(0000UTC 和 1200UTC)發布之全球預報模式資料，共計 192 小時預報，每隔 6 小時輸出預報變數一次，利用此預報，將 CWB GFS 模式各廠區共 32 筆之 8 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作為其環境值，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。

5.1 模式環境分析場與 8 天預報場風向、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 5-1~圖 5-2)，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 5-3~ 圖 5-4)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。

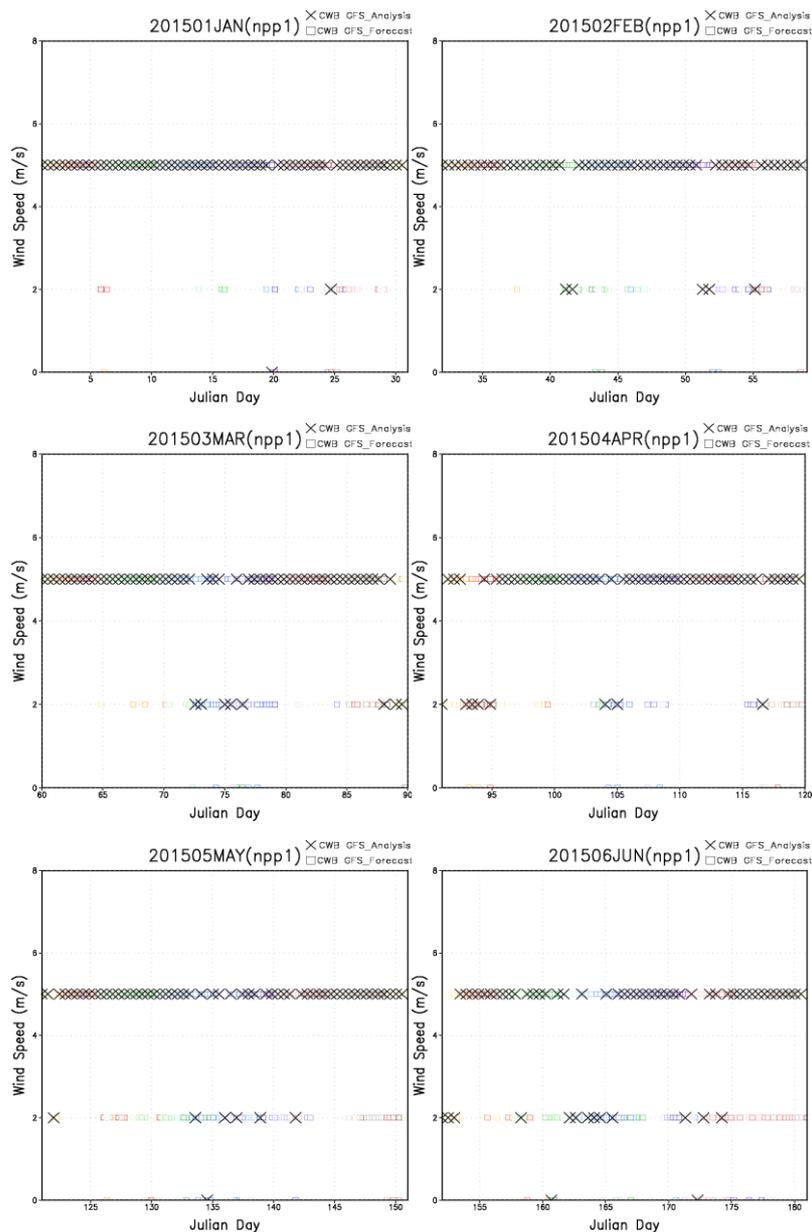


圖 5-1 2015 年(上半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

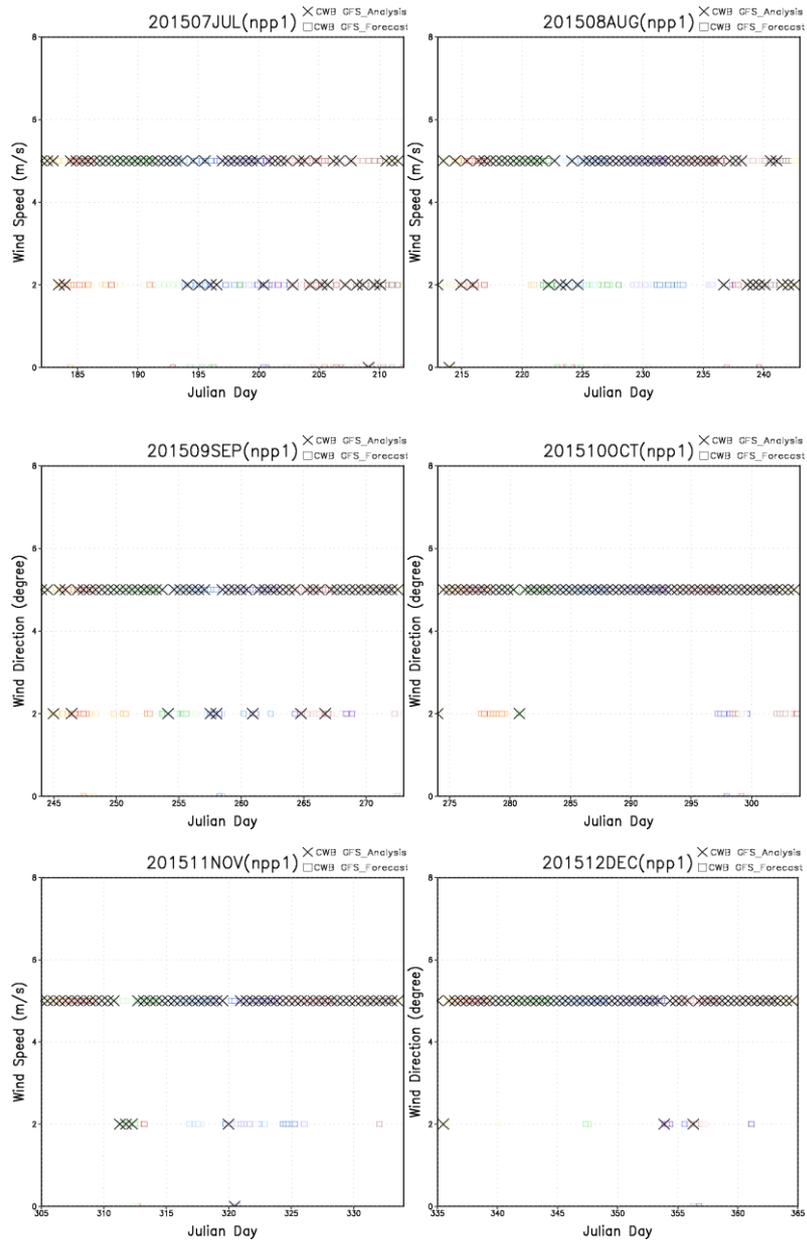


圖 5-2 2015 年(下半年)核一廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

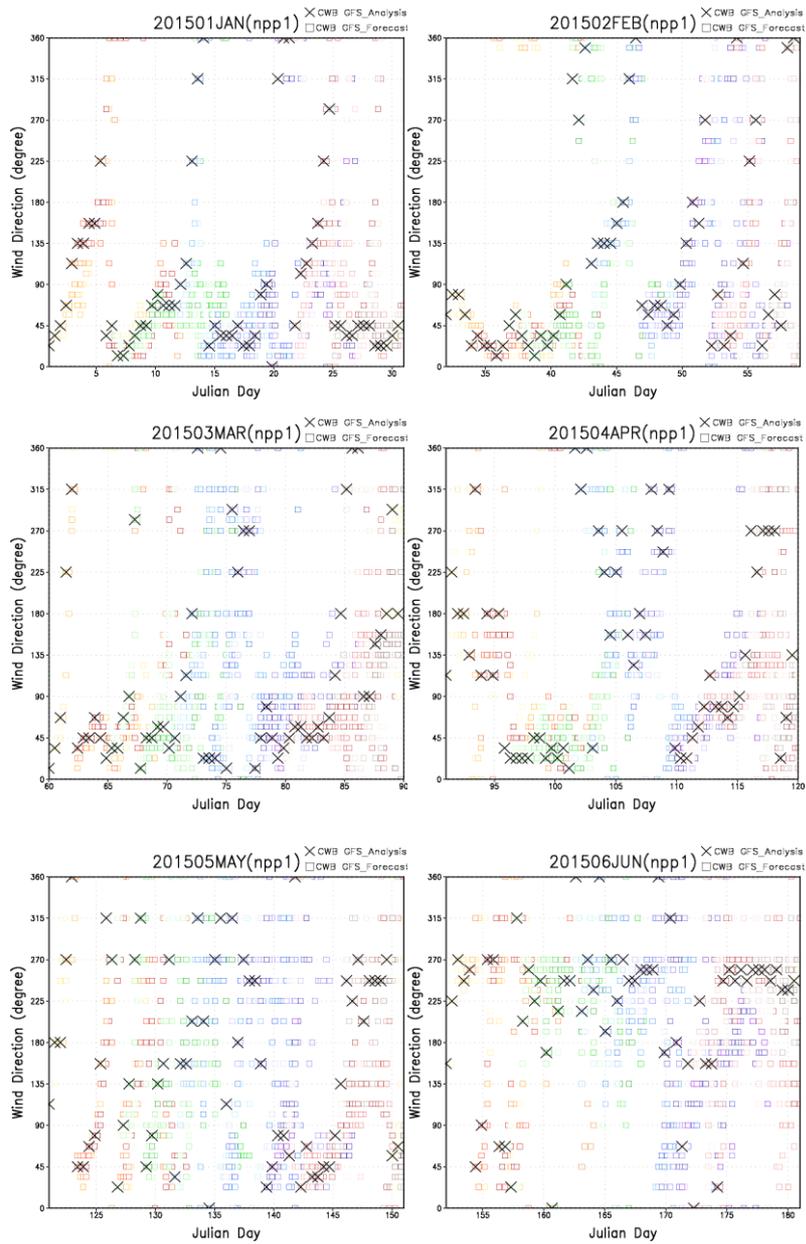


圖 5-3 2015 年(上半年)核一廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

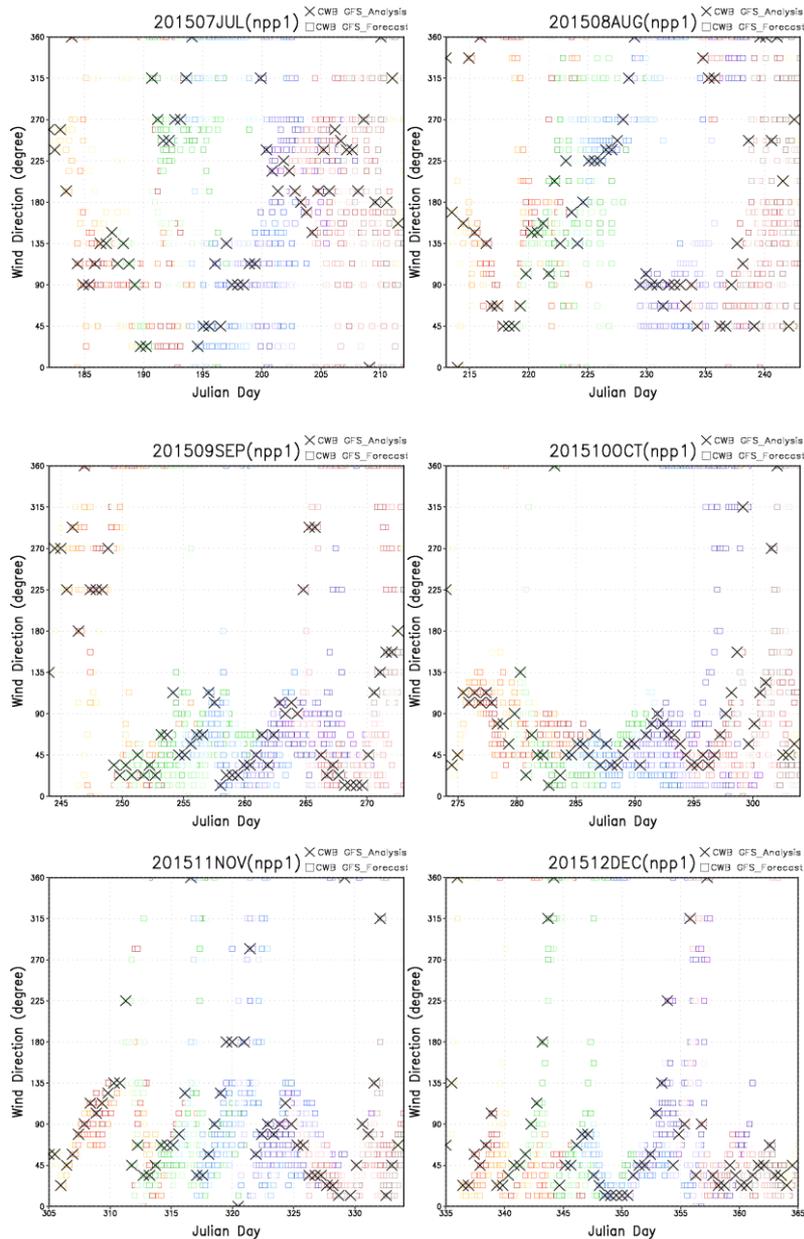


圖 5-4 2015 年(下半年)核一廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

在核一廠東南方大約 20 公里的核二廠，在風速(圖 5-5~圖 5-6)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 5-7~圖 5-8)，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。

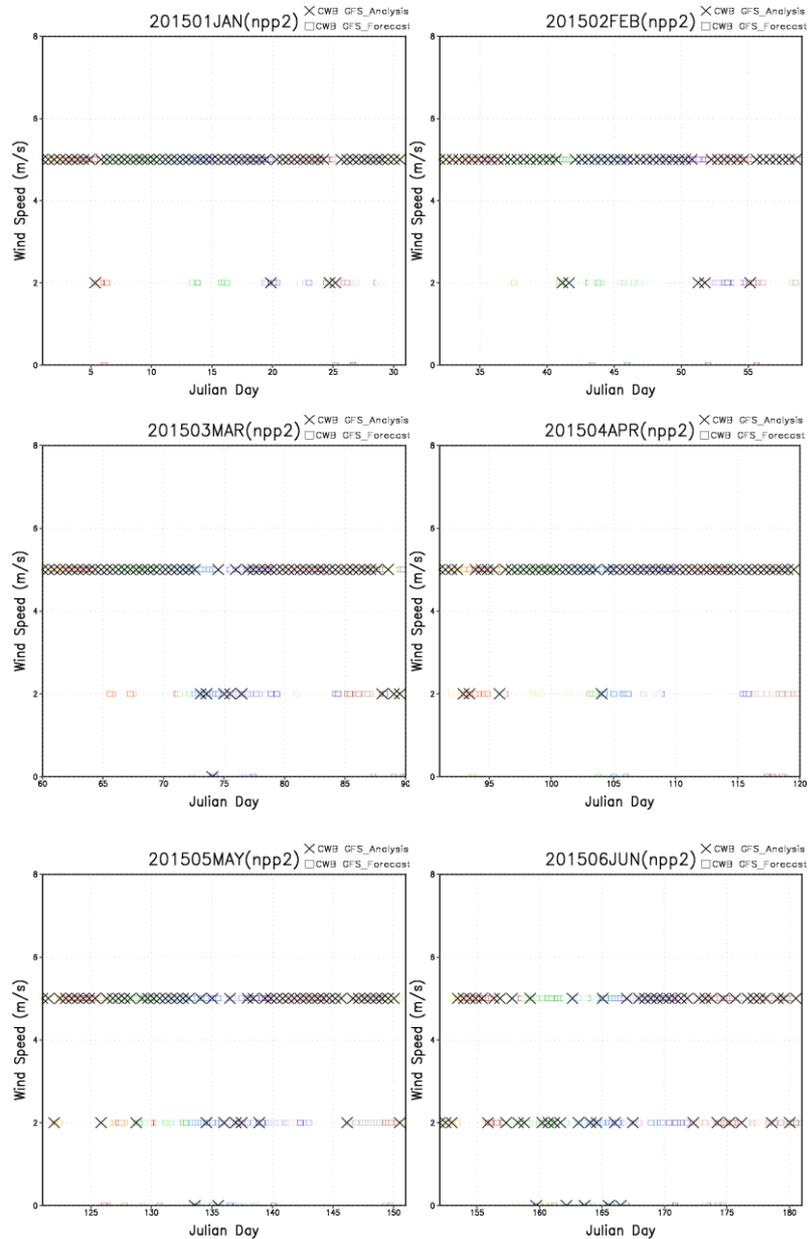


圖 5-5 2015 年(上半年)核二廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

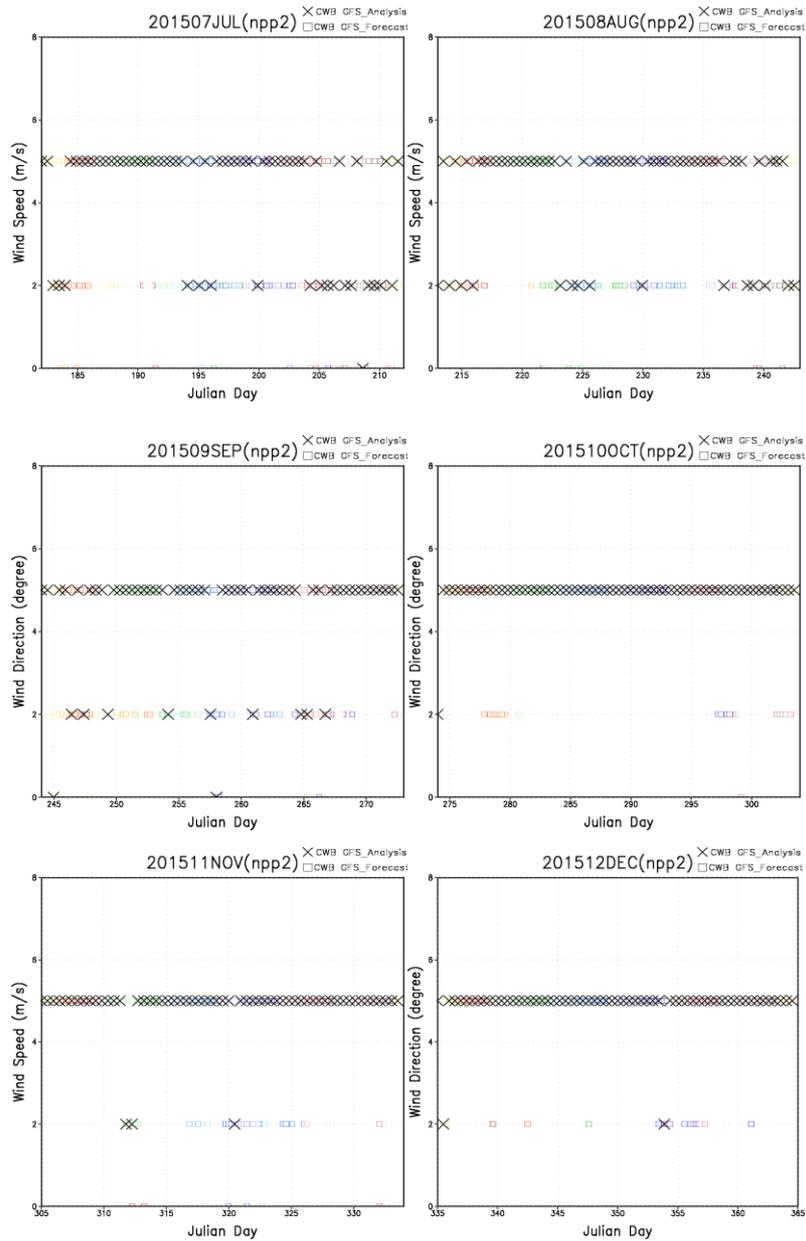


圖 5-6 2015 年(下半年)核二廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

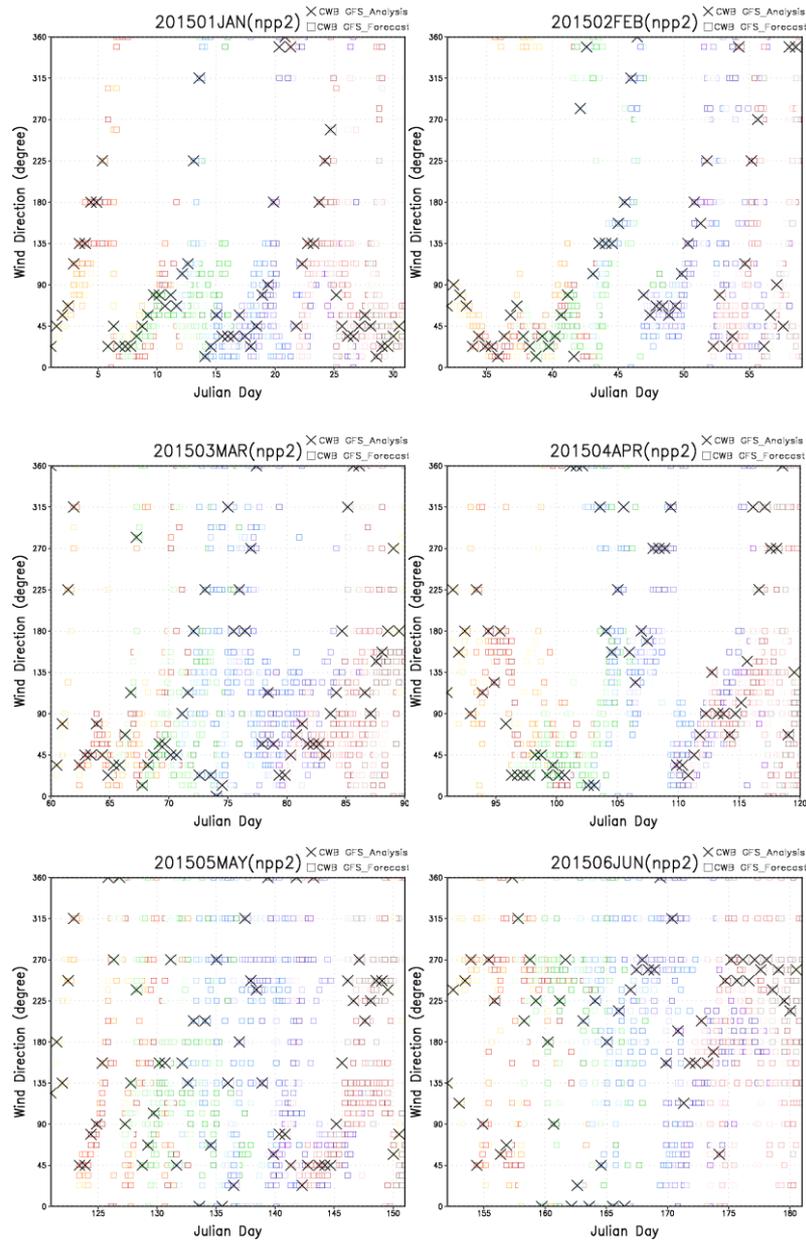


圖 5-7 2015 年(上半年)核二廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

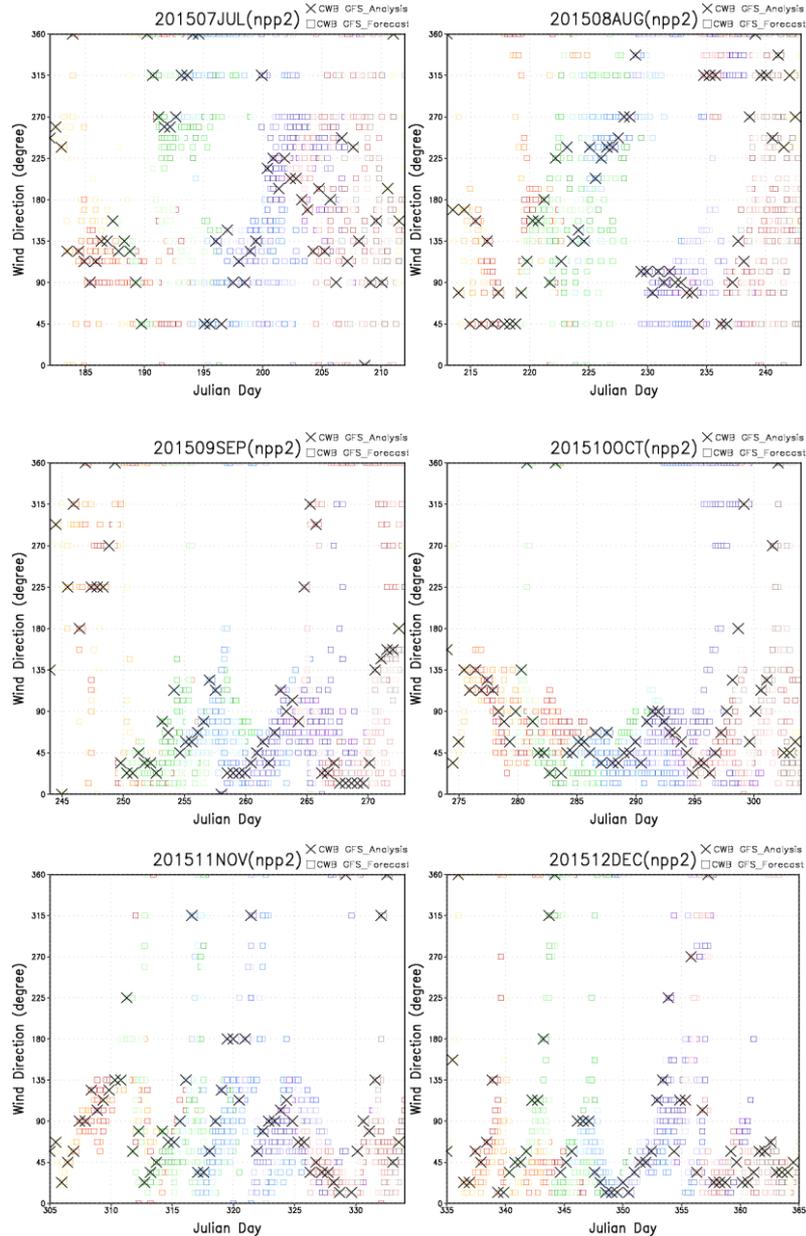


圖 5-8 2013 年(下半年)核二廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

在墾丁的核三廠(圖 5-9~圖 5-12)，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。

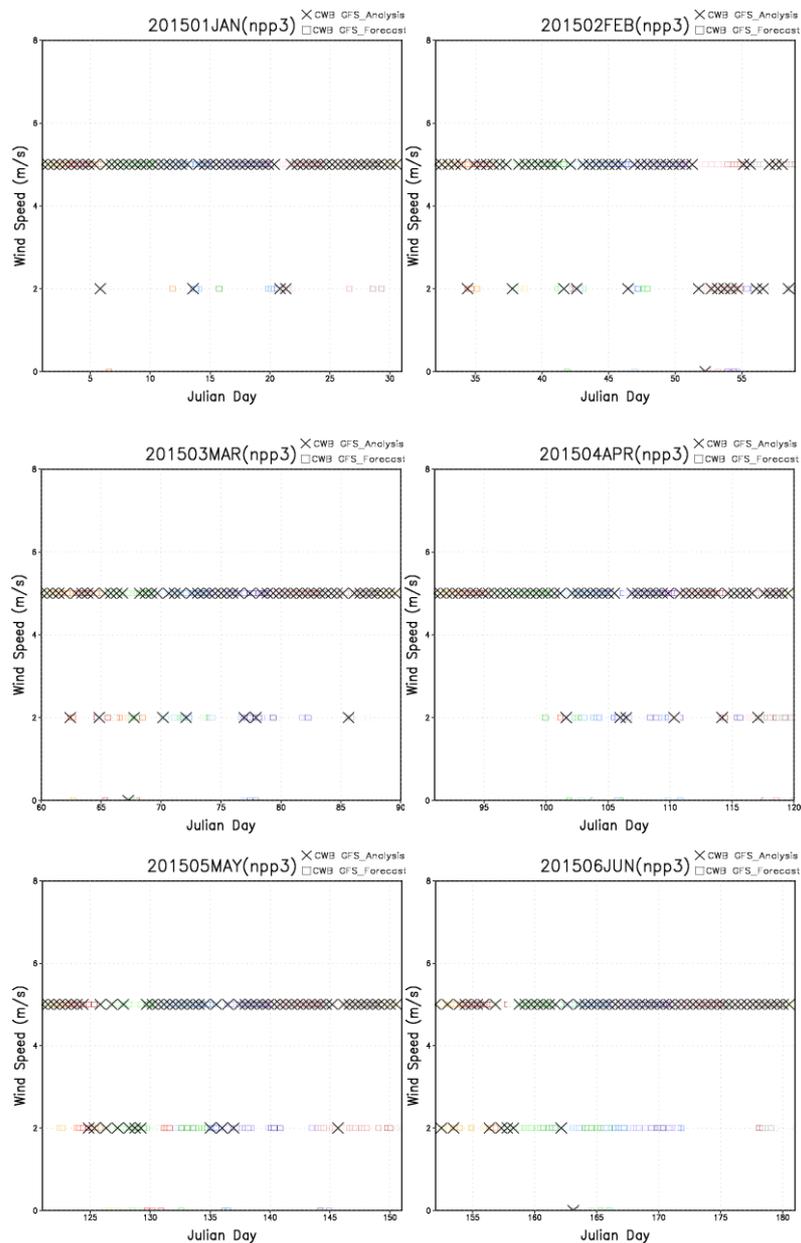


圖 5-9 2015 年(上半年)核三廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

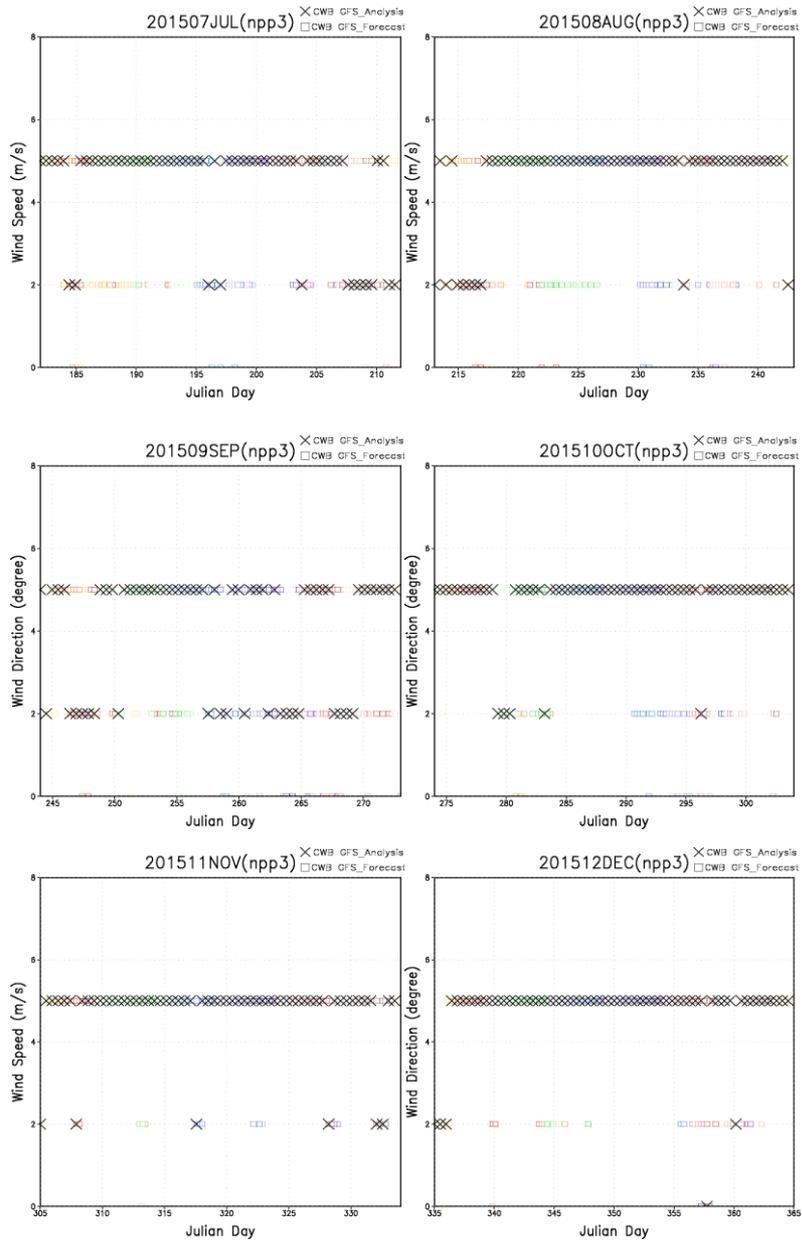


圖 5-10 2015 年(下半年)核三廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

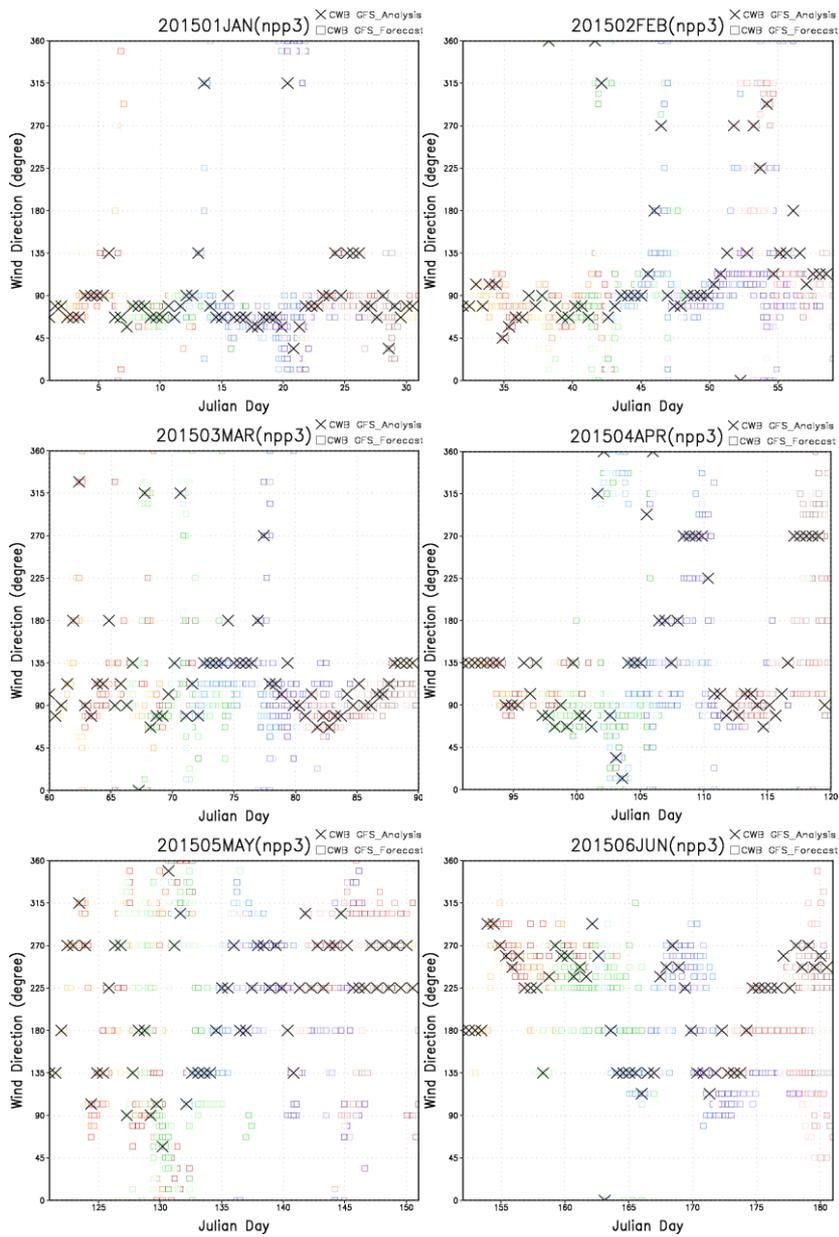


圖 5-11 2015 年(上半年)核三廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

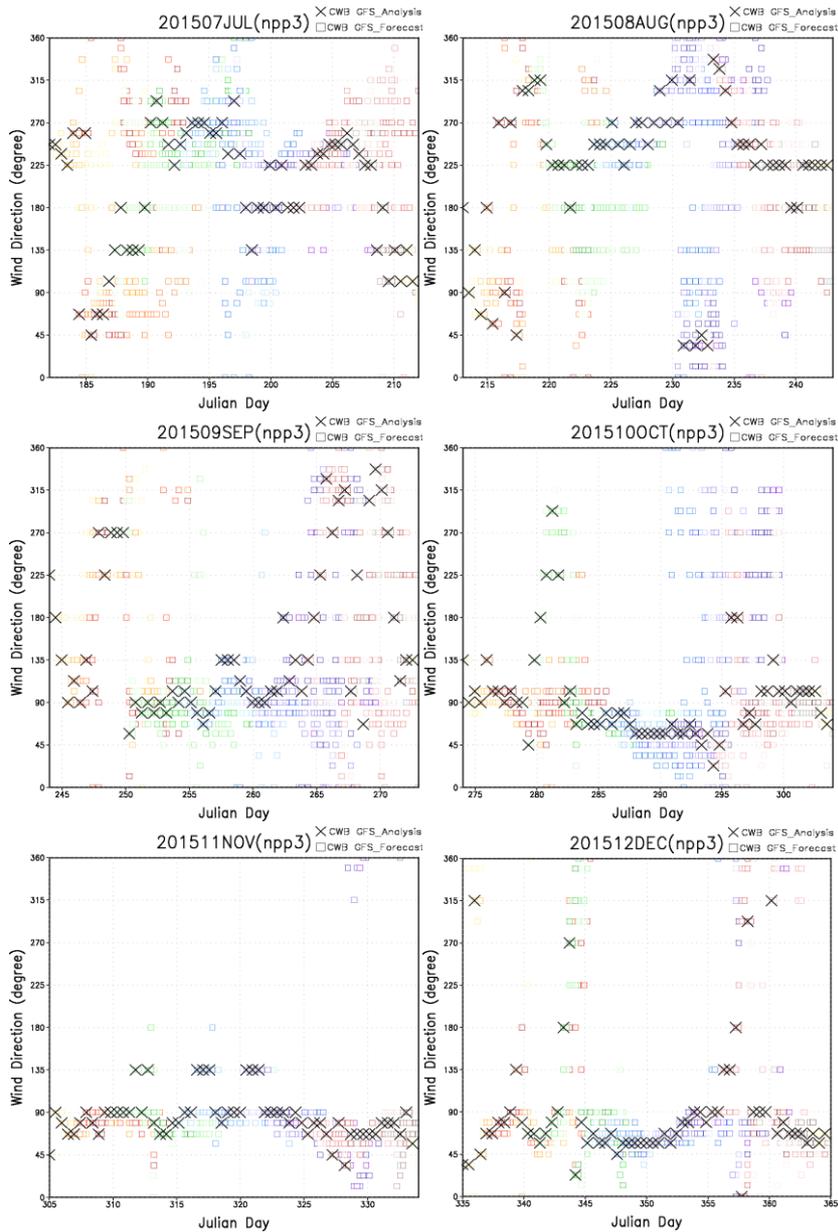


圖 5-12 2015 年(下半年)核三廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

龍門電廠(核四廠，圖 5-13~圖 5-16)，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。

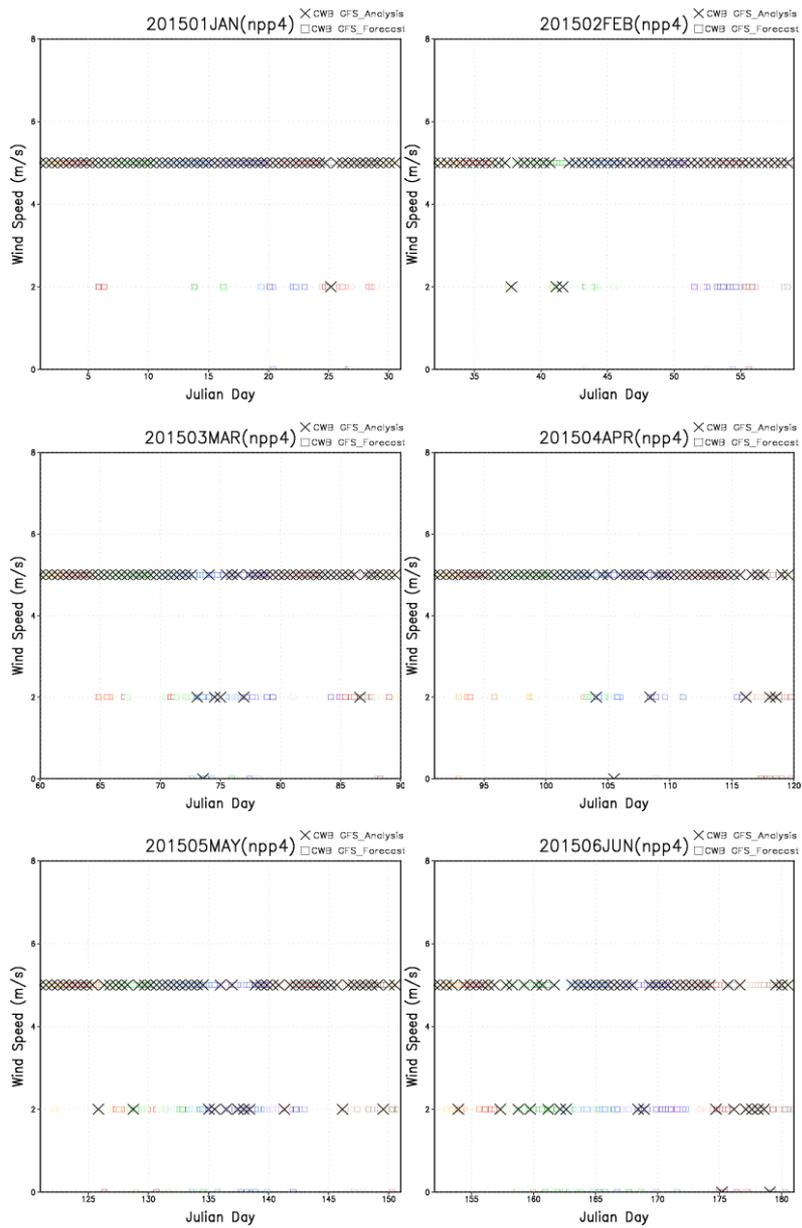


圖 5-13 2015 年(上半年)龍門電廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

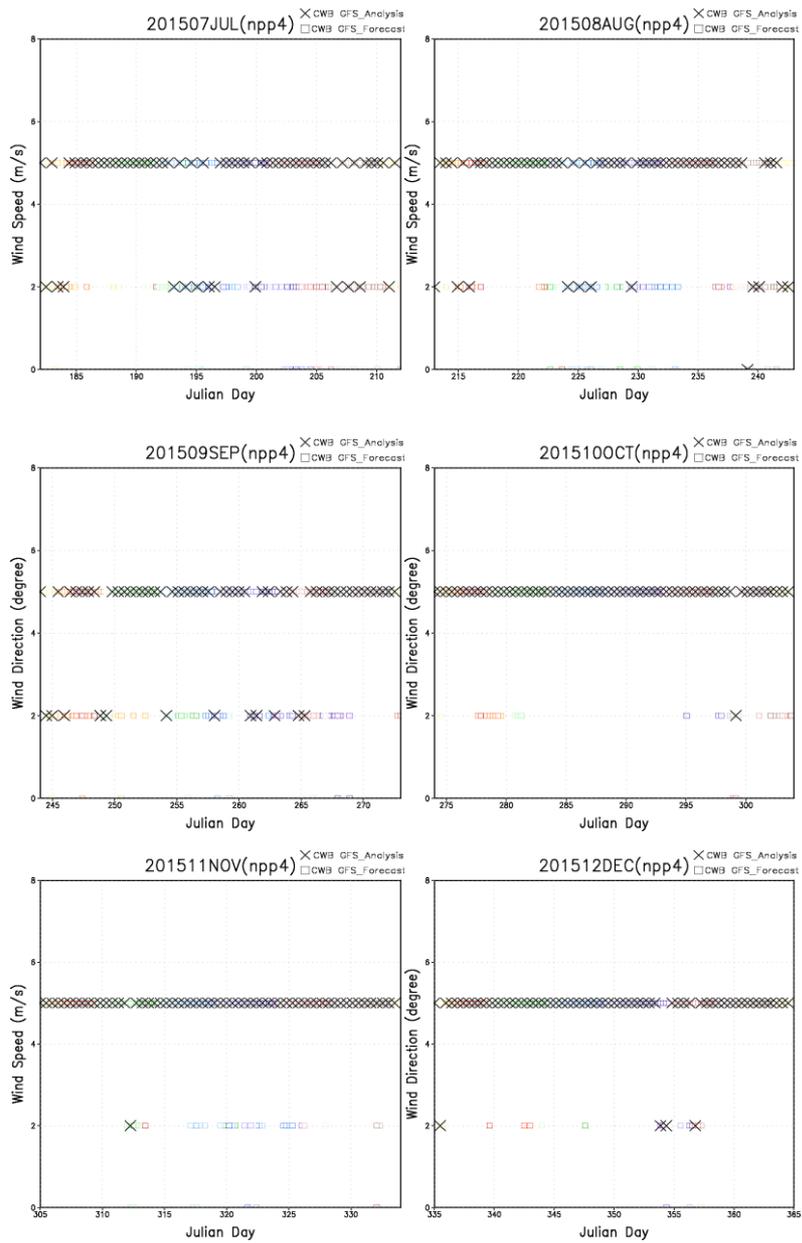


圖 5-14 2015 年(下半年)龍門電廠之風速月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

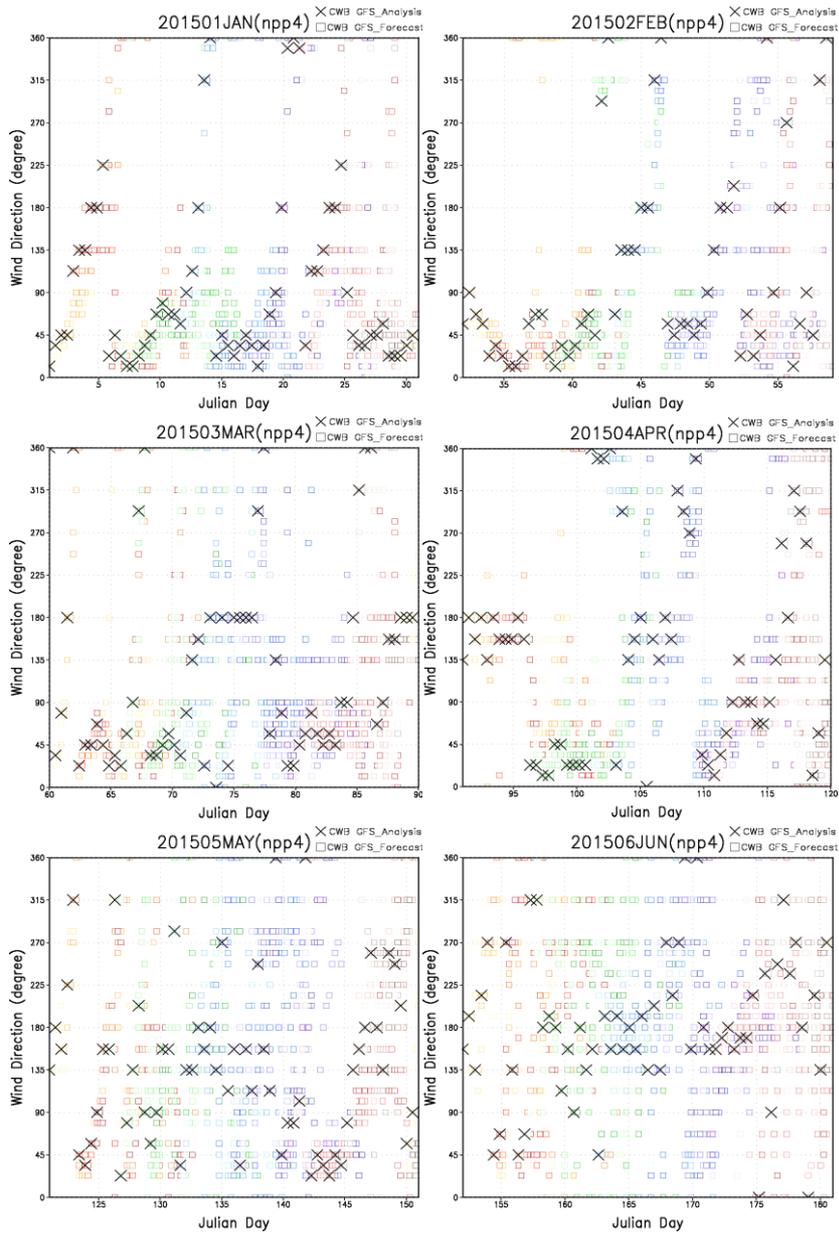


圖 5-15 2015 年(上半年)龍門電廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

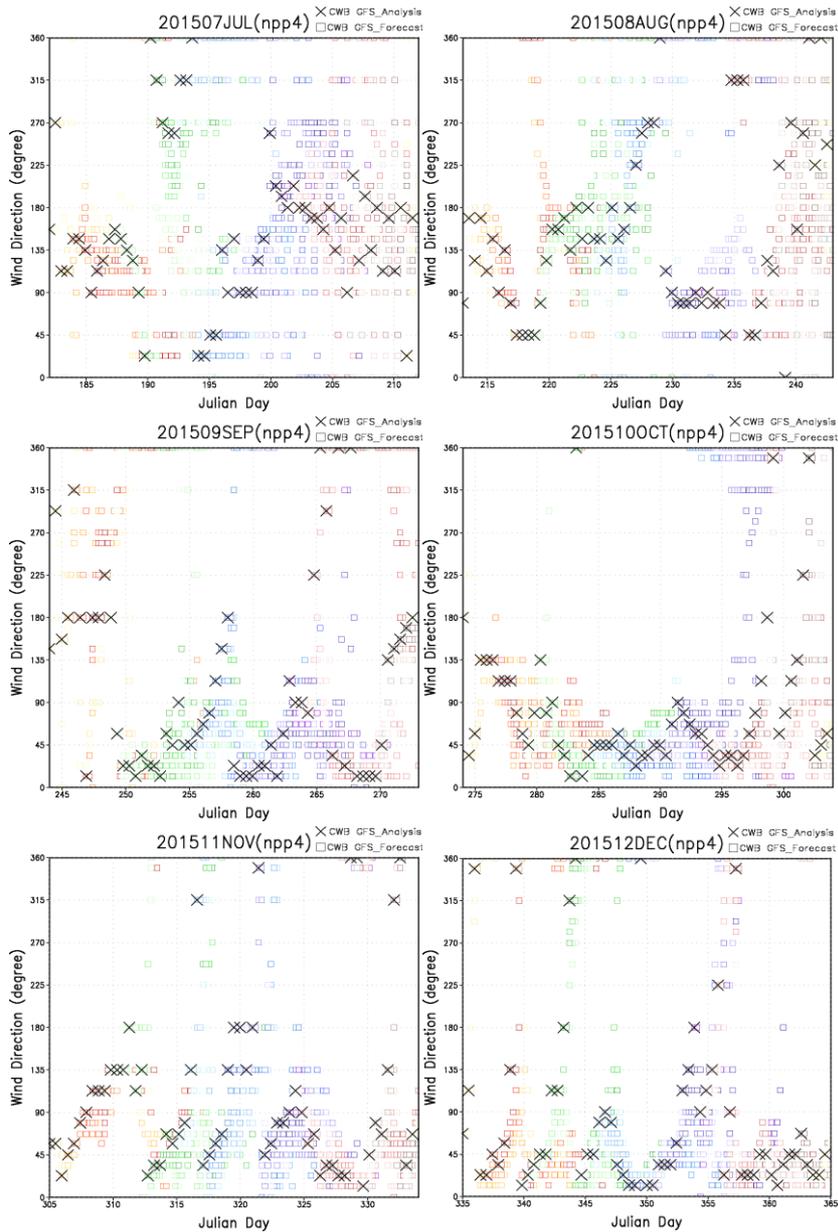


圖 5-16 2015 年(下半年)龍門電廠之風向月份時序圖。(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

5.2 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 5-17 和圖 5-18 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 5-19 和圖 5-20 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 5-17 和圖 5-19)，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 5-18 和圖 5-20)，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。

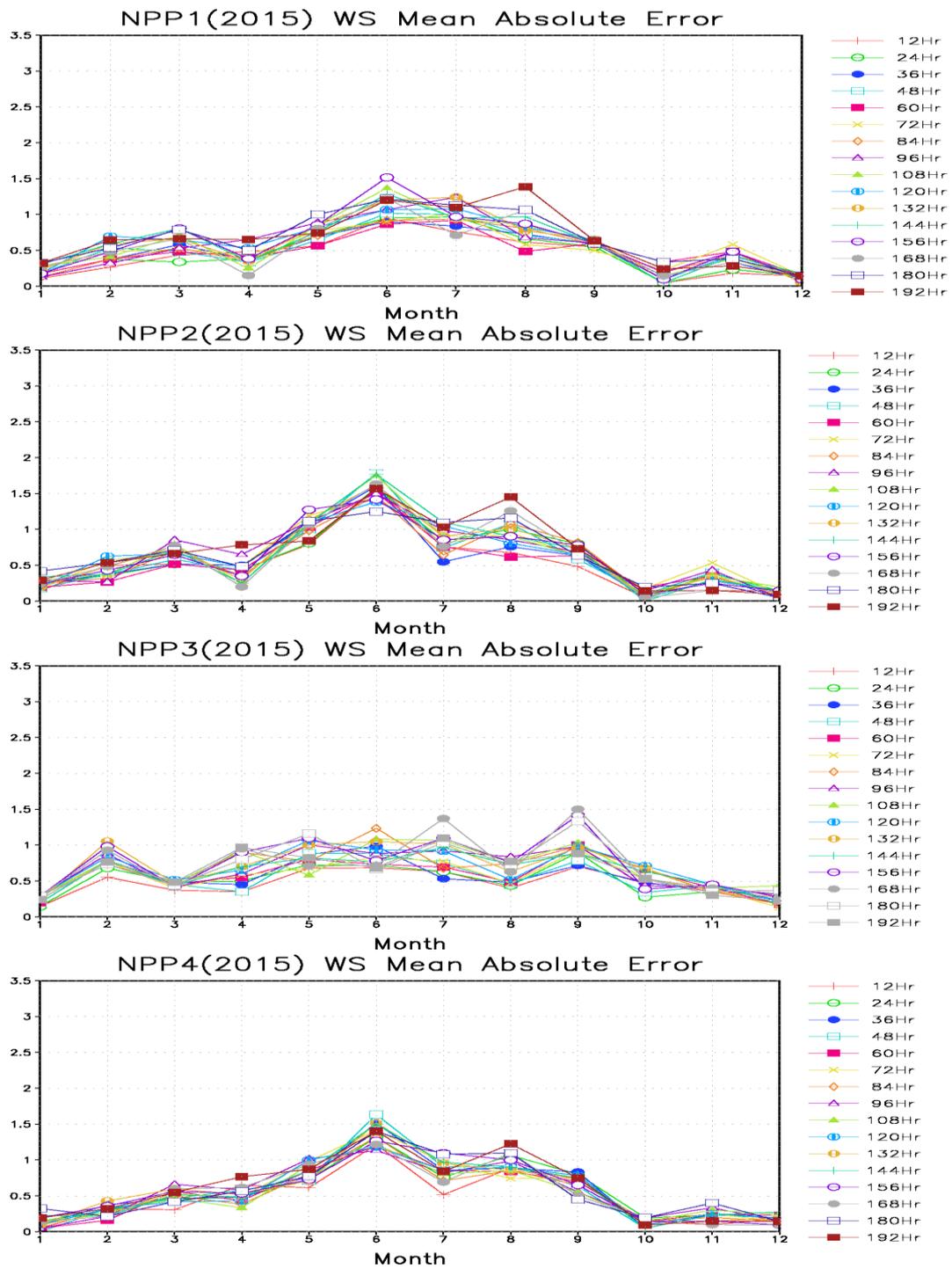


圖 5-17 (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風速平均絕對誤差序列圖

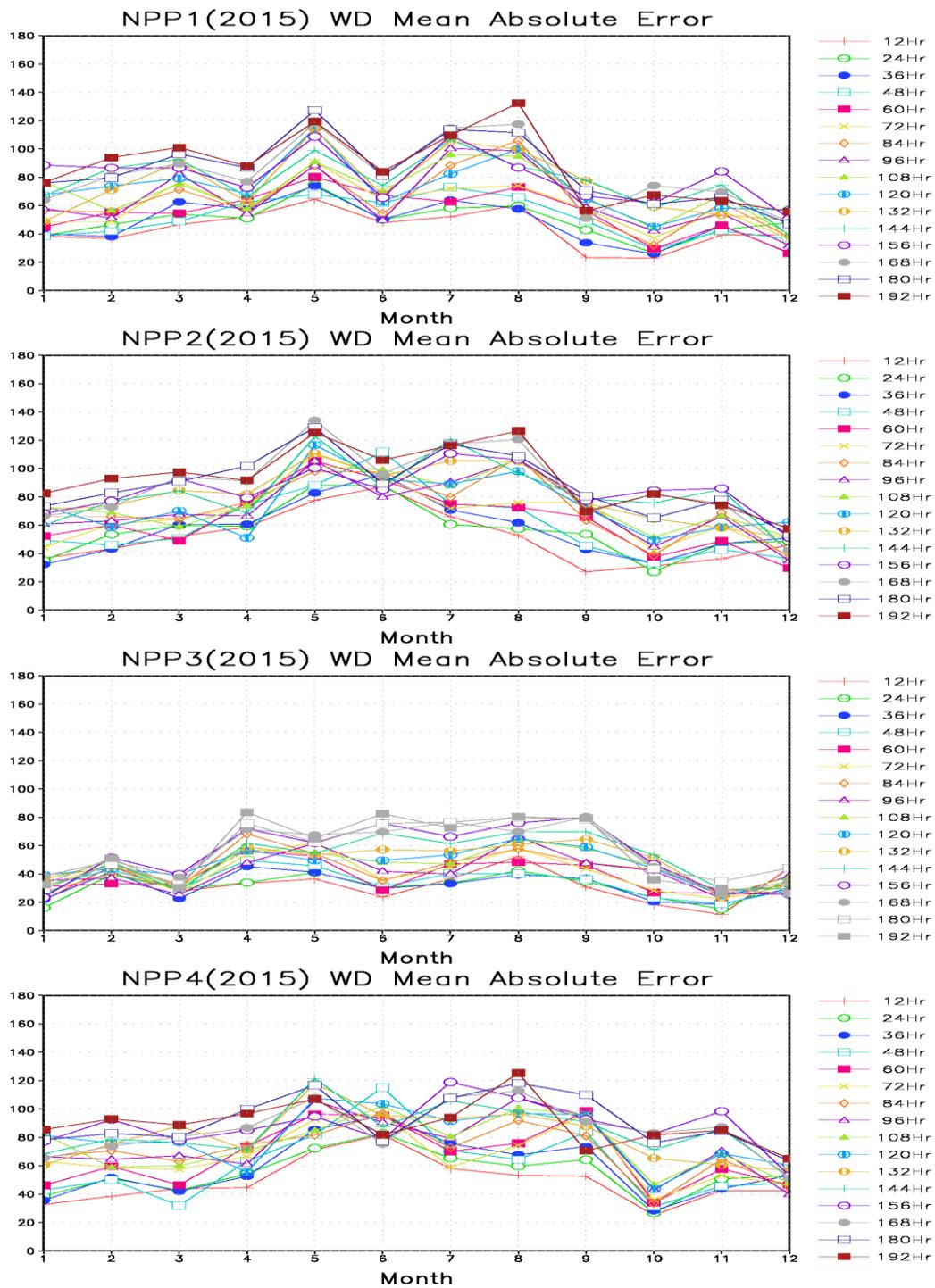


圖 5-18 (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風向平均絕對誤差序列圖

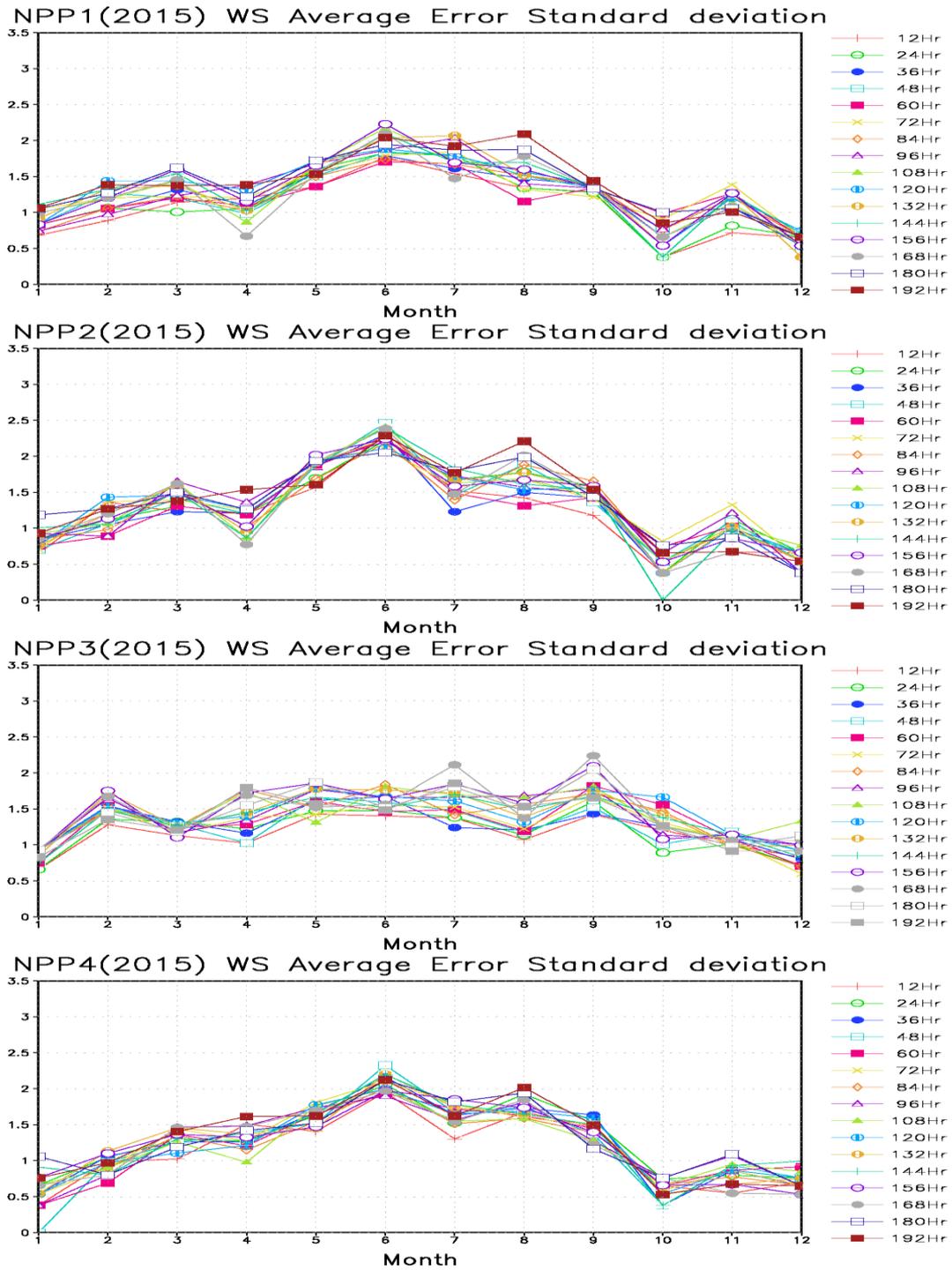


圖 5-19 (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風速平均誤差標準差序列圖

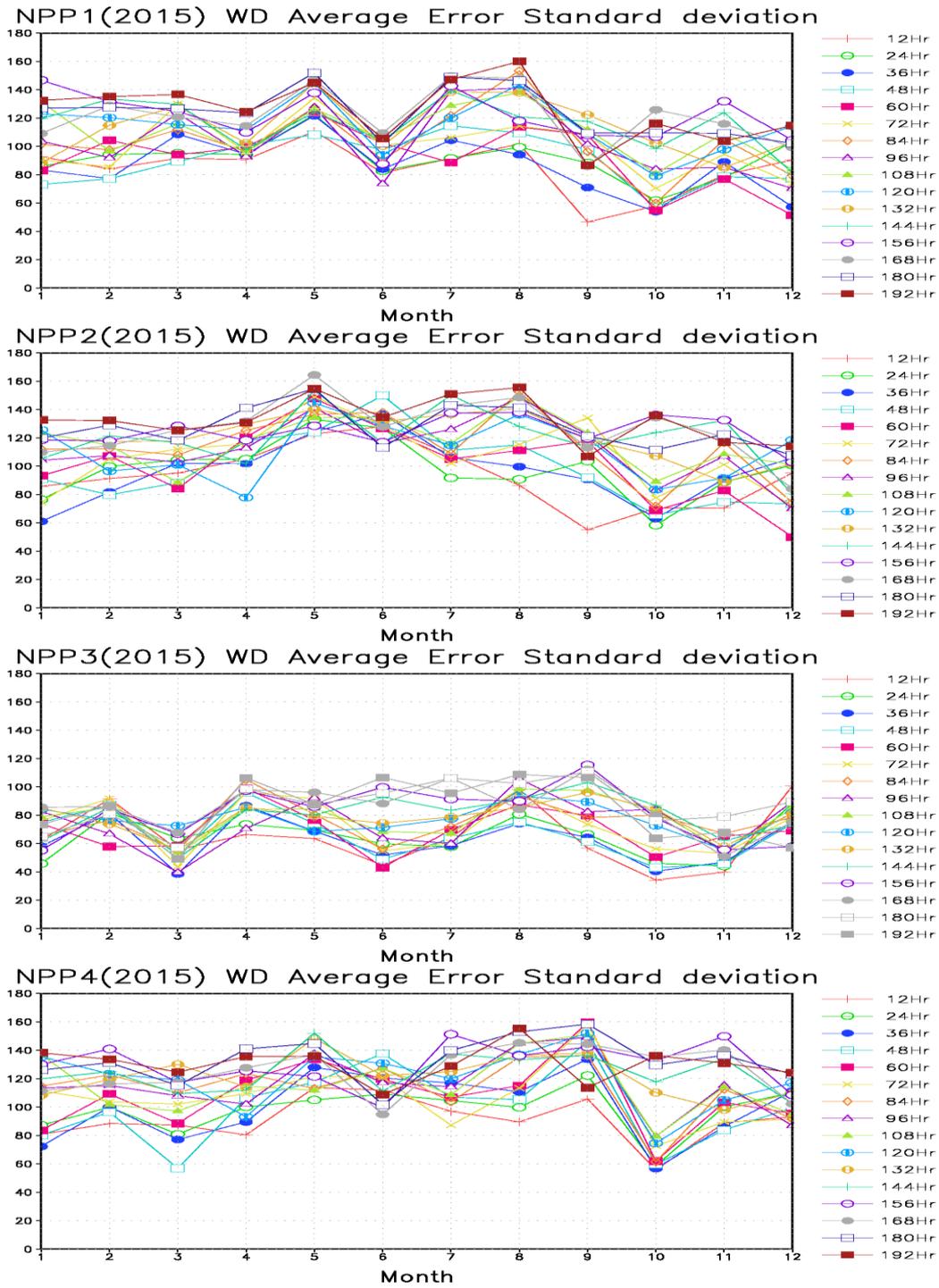


圖 5-20 (2015 年)核一、二、三和龍門電廠 12 至 192 小時之風向平均誤差標準差序列圖

6. 氣象觀測資料自動化接收流程建置

6.1 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 6-1 所示。資料存放路徑圖於附件一。

地面觀測站之測站共有局屬測站/綜觀天氣報、自動氣象站、自動雨量站、農業測站、機場天氣報等。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)。



圖 6-1 自動化接收之氣象觀測資料種類

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。雷達資料有九層的原始觀測資訊、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，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。

中尺度動力同化系統 MDAS (mesoscale dynamic assimilating system)的發展是以 MDDS 為主軸，將不同種類的氣象觀測資料利用變分法加入 MDDS 中。MDAS 引入的傳統觀測資料表如圖 6-2 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 格式如附件二。



圖 6-2 MDAS 引入傳統觀測資料之種類

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 6-3)，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、SYNOP、LDAD、MARTIM)、測站型態(MESO、AGR、SHP、CUM、MVG、FIX)、現在天氣(一般為 UNK，少數 SYNOP 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。



圖 6-3 ingest_sfc 之資料格式

高空溫壓報(temp,us)資料讀取後輸出為一 ASCII 檔案格式(圖 6-4)，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。

測站代碼	垂直層數	測站高度	測站經度	測站緯度	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 6-4 ingest_sounding 之資料格式

衛星雲導風之 ASCII 檔案格式如圖 6-5，其主要提供資料的經緯度(lon、lat)、氣壓(pre)、風向(dir)、風速(sp)、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。

type	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 6-5 衛星雲導風之資料格式

6.2 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

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-STMT1_Geneva2004/Doc6.1\(2\).pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Surface/ET-STMT1_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。

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 6-6)，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 6-7 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 6-8)，可以發現 MDAS 在台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。

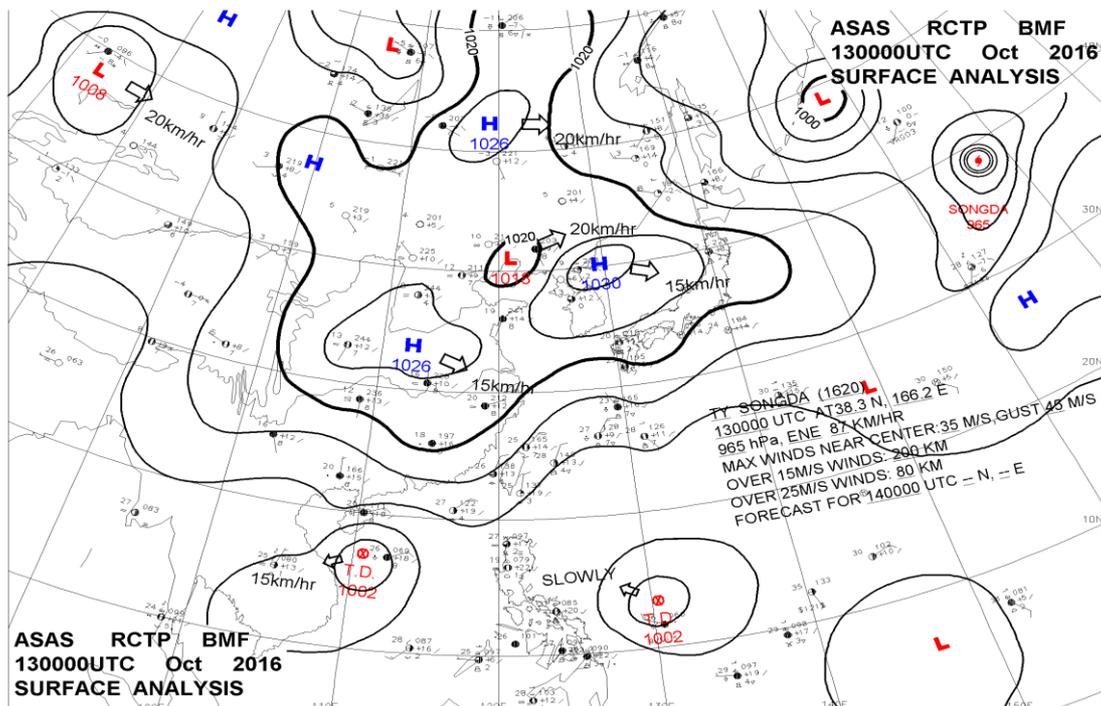


圖 6-6 2016 年 10 月 13 號 08Z 地面天氣圖。時值台灣地區受到華中
華北冷高壓的影響，台灣地區風向主要為東北風系統

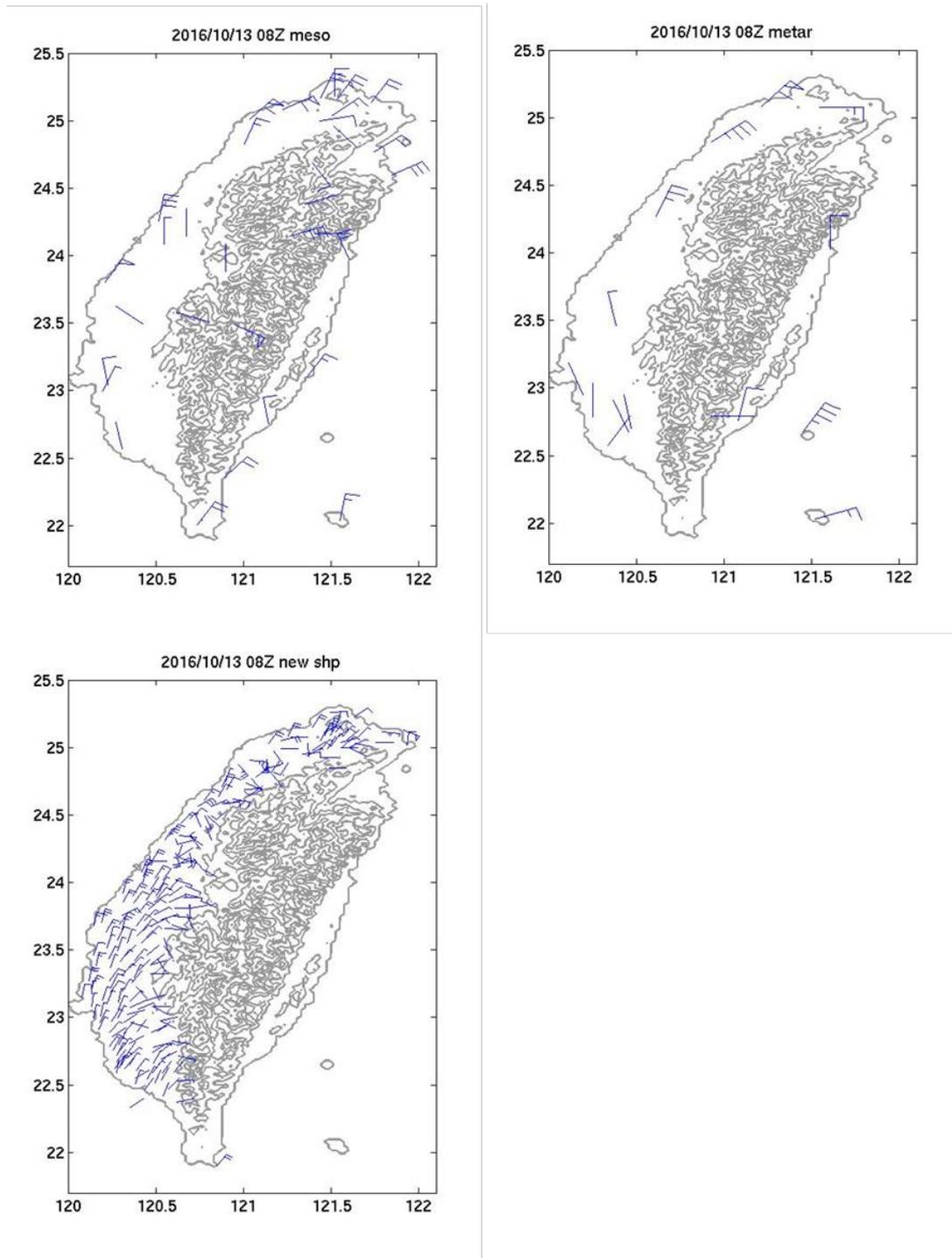


圖 6-7 (一)左上角為局屬氣象站(meso)和綜觀天氣報(synop)的測站風場。(二)右上角為機場天氣報(metar)的風場。(三)下為自動氣象站(new_shp)之風場。由測站可知地面風場受環境風場影響多為東北風，臺北盆地受高山阻擋而為東風

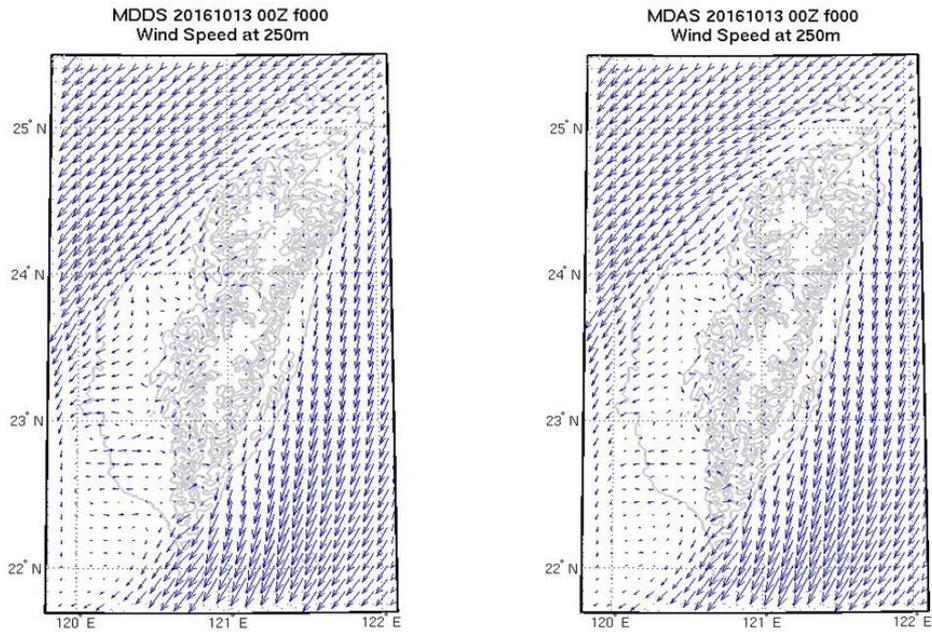


圖 6-8 左邊為 MDDS 250 公尺降尺度風場，右邊為 MDAS 250 公尺降尺度風場。MDAS 在台北盆地及嘉南平原的風場較 MDDS 更符合觀測資料

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重調整及增加對非統觀測資料之導入。

7. 開發並建立外釋射源項回推功能

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。

本計畫前期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。

7.1 參考 JAEA 射源項回推方法，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 7-1 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 7-1 所示，步驟依序為單位外釋模擬(A2C t&d/DOSE Unit Run)、資料處理(Data Processing)、射源項預測(Source Term Estimate Process, STE)及外釋率驗證(Release Rate Verification)等步驟，依序說明如下：

表 7-1 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})	$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$	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^{13}	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

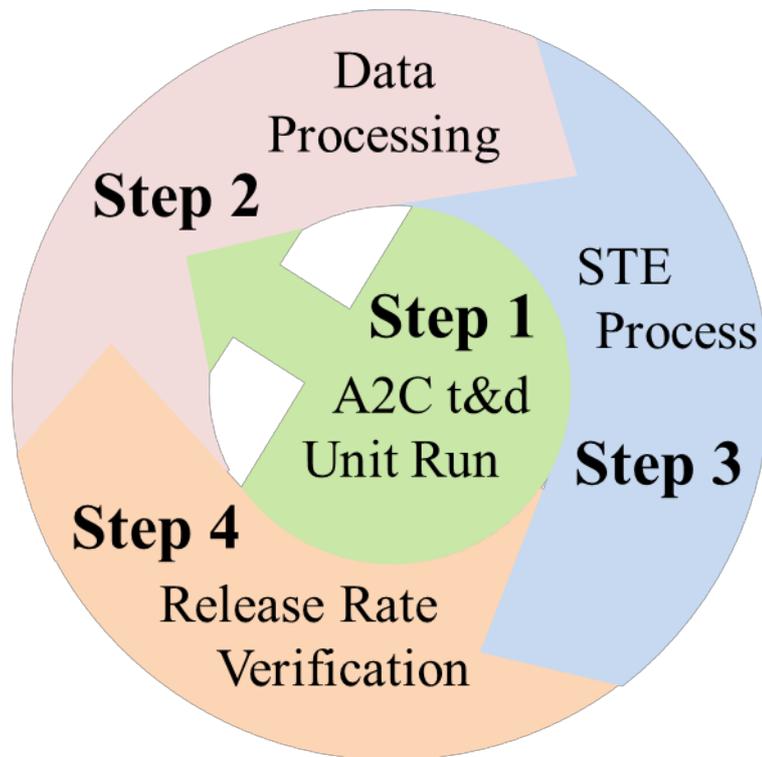


圖 7-1 外釋射源項回推系統流程圖

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

$$A_k = R_k \times Au_k \quad (7.1.1 \text{ 式})$$

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

$$R_a = \frac{A_a}{Au_a} = \frac{A - \sum_{k=1}^n A_k}{Au_a}, \quad k \neq a \quad (7.1.2 \text{ 式})$$

將 7.1.2 式中的 A_k 以 7.1.1 式代換掉後可改寫為

$$R_a = \frac{A - \sum_{k=1}^n (R_k \times Au_k)}{Au_a}, \quad k \neq a \quad (7.1.3 \text{ 式})$$

利用 7.1.3 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 0，3.1.3 式便可簡化為

$$R_a = \frac{A}{Au_a} \quad (7.1.4 \text{ 式})$$

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，7.1.3 可改寫為

$$R_b = \frac{A - (R_a \times Au_a)}{Au_b} \quad (7.1.5 \text{ 式})$$

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。

7.2 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 7-2)，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 7-1)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。

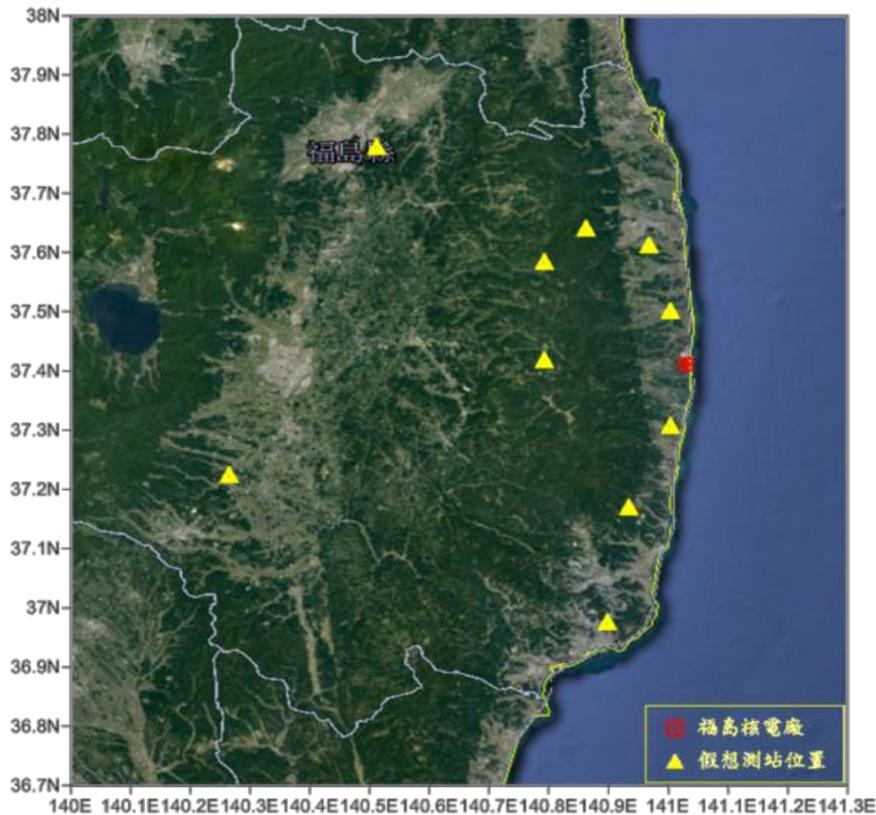
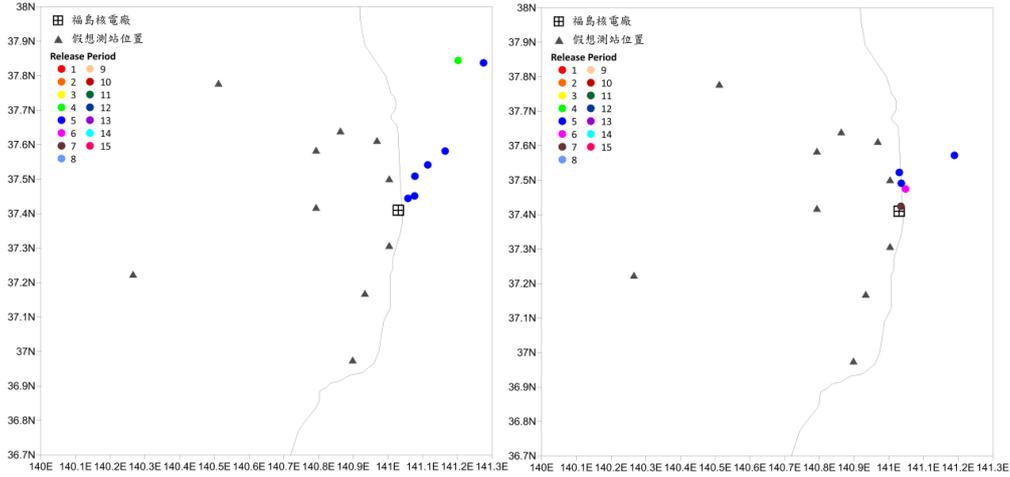


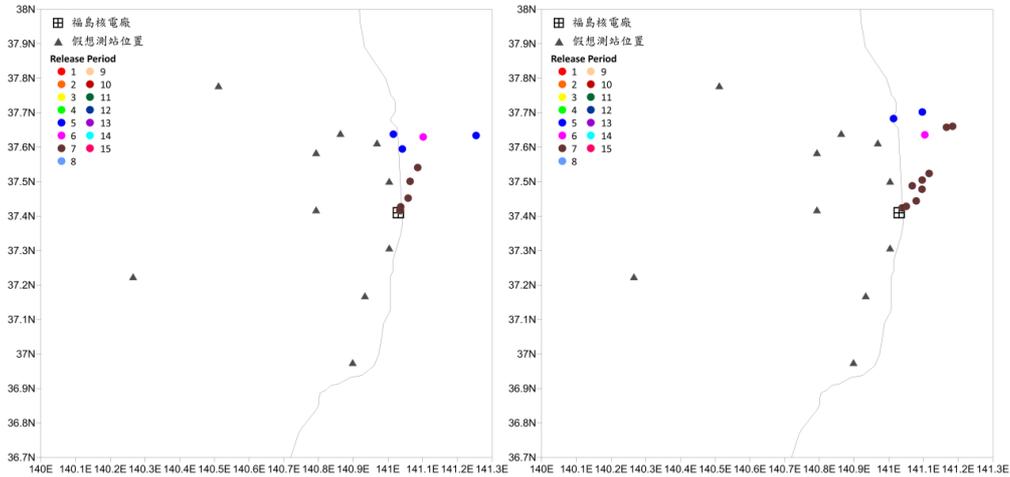
圖 7-2 假定 10 個觀測點位置

圖 7-3 及圖 7-4 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 7-2 及圖 7-5 所示，表格由上至下為第 1 至第 15 次疊代結果，最下列為表 7-1 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 7.1.4 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 7.1.5 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(7.1.3 式)，透過多次的疊代計算便可解得合理的釋放率時間序列。

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)

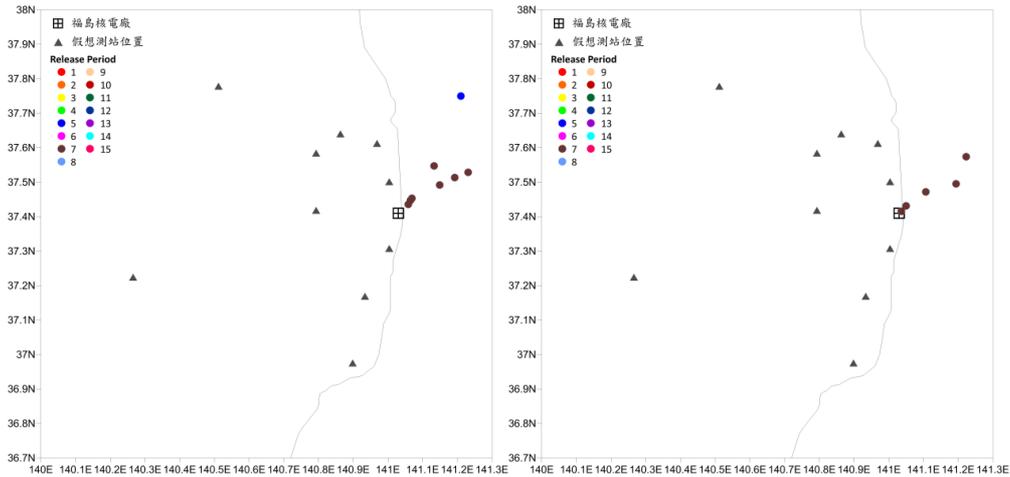
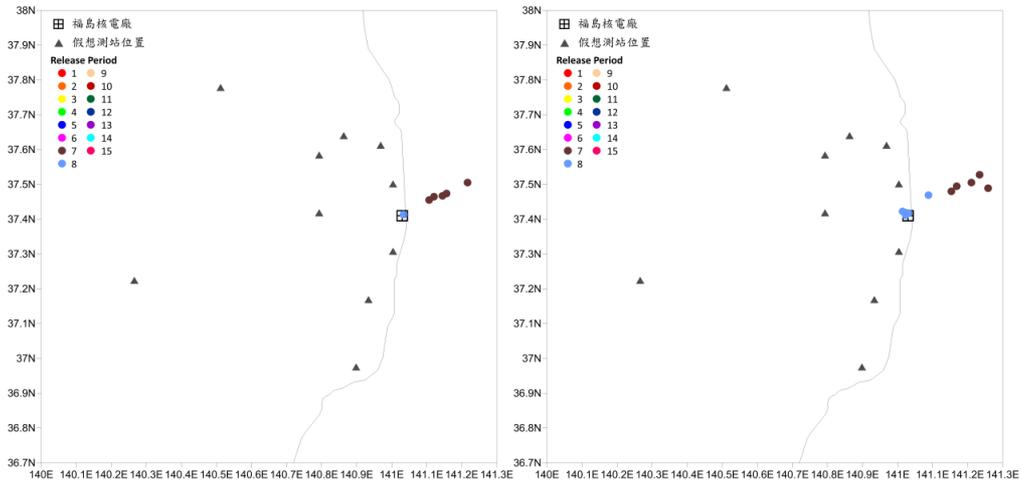
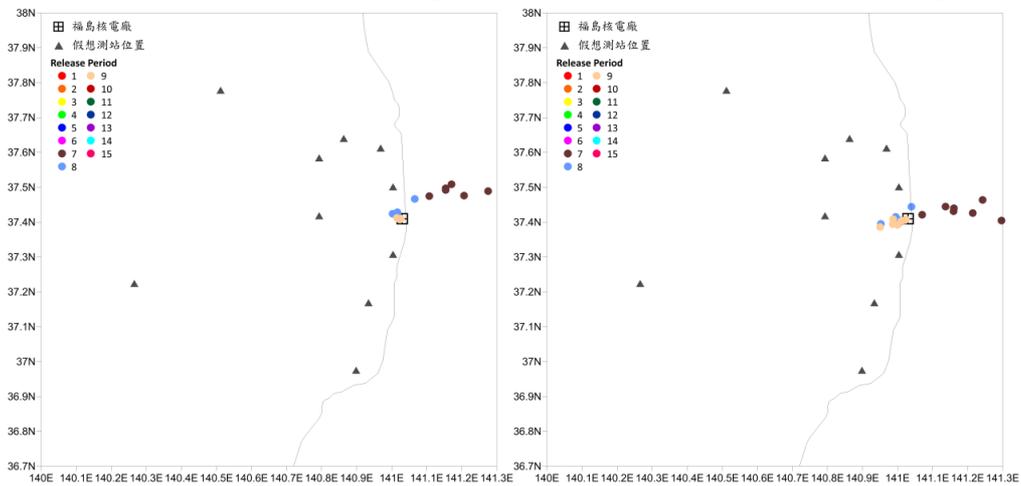


圖 7-3 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果

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)

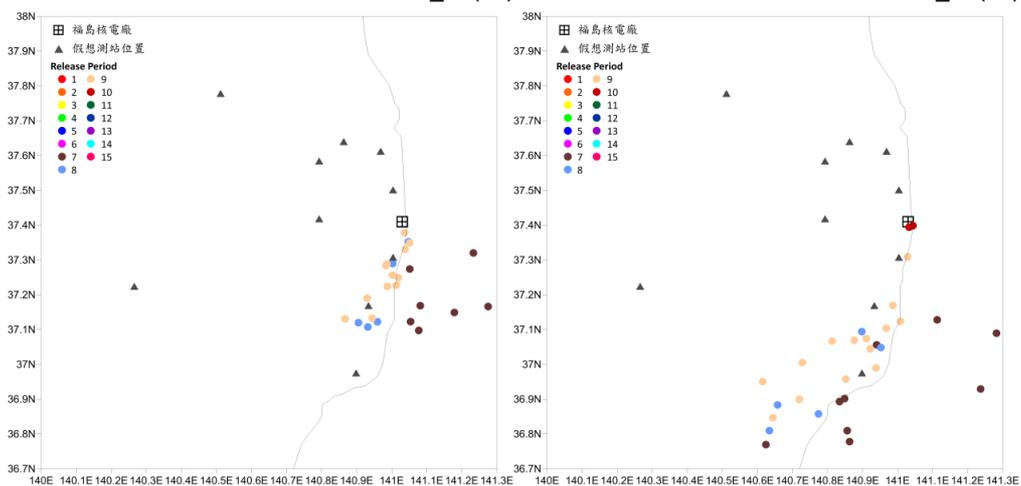


圖 7-4 福島核電廠事故案例單位釋放率劑量評估模式模擬結果(續)

表 7-2 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果(單位: 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

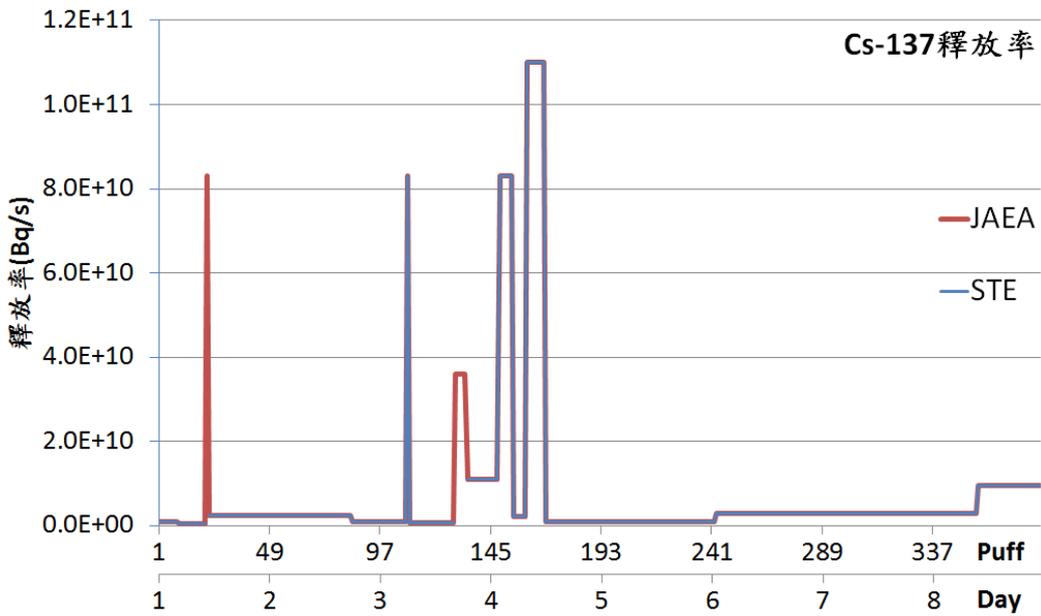


圖 7-5 福島核電廠事故案例外釋射源項回推結果

8. 射源項資料介接方案與核一廠嚴重事故外釋射源項資料庫更新

核電廠採深度防禦設計，即使爐心核燃料在事故中熔損，只要圍阻體保持完整，仍可有效地防止放射性物質的外釋。輻射外釋風險評估除了要估算爐心熔損頻率外，尚須整體考量與估算圍阻體於各種爐心熔損事故情節下喪失完整性的機會。因此核電廠完整的安全度評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)依爐心放射性物質包封邊界與事故演進的情節可概分成三階段，分別為一階(Level-1)的反應器冷卻水系統(Reactor Coolant System, RCS)分析、二階(Level-2)的圍阻體完整性及輻射源項分析，以及三階(Level-3)的輻射外釋後果分析，而緊急應變計畫區(Emergency Planning Zone, EPZ)的界定即屬於二/三階 PRA 的應用分析範疇。

根據「核子事故緊急應變法施行細則」第四條之五年定期檢討 EPZ 要求，原能會於民國 100 年審查台電公司「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正完成報告」(以下簡稱前版報告)所提出若干與輻射源項有關的審查意見，包括考量雙機組事故與地震、海嘯情境，考量嚴重事故處理指引(Severe Accident Management Guidelines, SAMG 或 SAG)、氫爆與燃料池失火顧慮、反應器廠房的分裂產物輻射滯留效應等，將於本次 EPZ 更新時妥適處理。

在嚴重事故分析方面，核電廠輻射源項統一使用 MAAP 最新 5.0.3 版作為計算程式，MAAP 為目前美國核能工業界最為廣泛使用於二階 PRA 輻射源項計算之嚴重事故整合式(Integrated)分析工具，可從事故初期一直計算到爐心熔毀、RPV 失效、圍阻體失效、分裂產

物外釋等現象，並與許多實驗、程式進行驗證(Benchmark)且呈現相似的結果。美國核管會要求新建核電廠必須執行二階 PRA，這些 PRA 絕大部分均使用 MAAP 分析輻射源項；除此之外，MAAP 也常應用於各電廠一階 PRA 模式成功準則的訂定，這些 PRA 常應用於各項風險告知應用，如運轉規範修改、營運期間檢測評估、功率提昇等。本次更新為將海嘯、地震危害事件納入風險評估範疇，可符實反映各廠現況之指標風險。

8.1 外釋射源項資料介接

事故評估系統輸出資料，會依據運跑設定，每 30 或 60 分鐘輸出一筆外釋資料，含各核種外釋率，並以.csv 或 EXCEL 檔案格式輸出，因此資料介接可依使用者需求，調整後輸入劑量評估系統的射源項設定介面。

8.2 核一廠嚴重事故射源項更新

核電廠完整 PRA 依事故演進的情節概分成三個主要的步驟，分別為一階(Level-1)的反應器冷卻水系統分析、二階(Level-2)的圍阻體完整性及輻射源項分析，以及三階(Level-3)的災害後果分析。嚴重事故源項分析則屬於延續於一階 PRA 之後的二階分析範疇。

核能電廠嚴重事故主要潛在後果包括空浮放射性物質外釋廠外大氣與環境中，放射性物質外釋的重要特性包括如外釋時間、釋放持續時間、能量規模、源項類別等。源項類別(Source Term Categories, STCs)分析採用源項特性的決定因子，每一類 STC 具有其外釋特性，其中核一廠共有 27 個 STC 類別。依據 STC 分析所得外釋類別與其對應具個廠特性之事故序列、圍阻體失效模式等結果納入運跑 MAAP5.0.3 所需設定參數之參考依據，圍阻體失效的事故序列方有較

為顯著的輻射外釋，也才會納入外釋類別(Release Category, RC)之定義歸屬，並獲得輻射源項之計算結果。

9. 作業程序書與操作手冊編撰及年度教育訓練辦理

本計畫今年度完成新一代劑量評估系統之相關文件，以期規範例行維運作業程序，並將例行實務操作經驗回饋至各項程序書，目前業已完成「核子事故劑量評估系統文件」、「核子事故劑量評估系統操作手冊」、「核子事故劑量評估系統標準作業程序書」、「核子事故劑量評估系統緊急應變程序書」等文件初稿編撰，詳列於附件三~附件六。

於 105 年 6 月 6 日於原能會完成年度教育訓練課程，參與人員簽到單，如圖 9-1。同時本計畫亦支援年度核安演習輻射監測中心緊急應變人員再訓練課程劑量評估系統與空中偵測作業相關課程。

行政院原子能委員會 會議簽到單

會議名稱 核子事故緊急應變劑量評估系統訓練課程
 時間 105年06月06日上午09時00分
 地點 原能會7樓會議室

出席人員：請簽名

簽名	鄧仁昆	盧仲信	
	蔡親賢		
	謝憲章	李奇勇	
	朱其丹	鄧之平	
	高敏瑜		
	羅玉芳		
	葉俊良		
	林根綸		
	蔡崇文		
	許玉霞		

圖 9-1 劑量評估系統訓練課程簽到單

10. 總結

期末完成查核點工作項目如下：

1. 完成核子事故劑量評估完成核子事故劑量評估操作手冊、標準作業程序書，及核子事故劑量評估緊急應變程序書等，如附件列表所列。
2. 完成完本土化的射源項回推作業程序建立與理想化案例測試，驗證程序之可行性。
3. 完成事故評估系統輸出資料介接方案，並更新之核一廠嚴重事故外釋射源項資料庫。
4. 完成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。
5. 完成核安演習兵棋推演劑量評估作業演練，與實兵演練劑量評估系統展示說明工作。

未來將持續進行核二、三廠之即時化降尺度之系統建置與開發，整合境內外劑量評估展示平台，同時劑量評估系統將持續依據各方使用者意見與功能需求，提升系統能力與錯誤修正。

11. 附件

附件一、DAS 引入氣象資料之氣象資料庫圖

附件二、GTS 資料之 FGGE 資料格式

附件三、核子事故劑量評估系統-系統文件

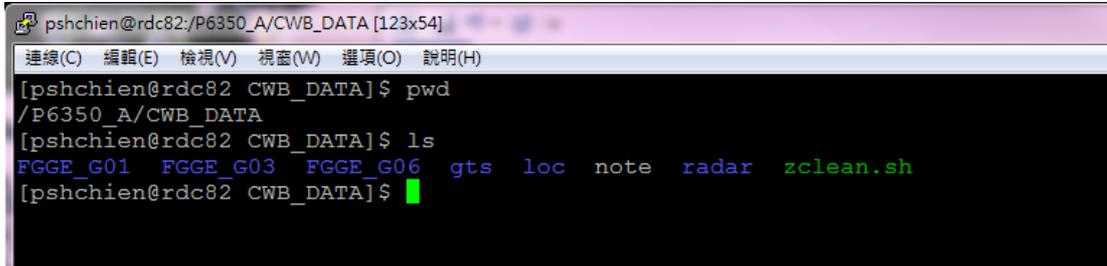
附件四、核子事故劑量評估系統-操作手冊

附件五、核子事故劑量評估系統-標準作業程序書

附件六、核子事故劑量評估系統-緊急應變程序書

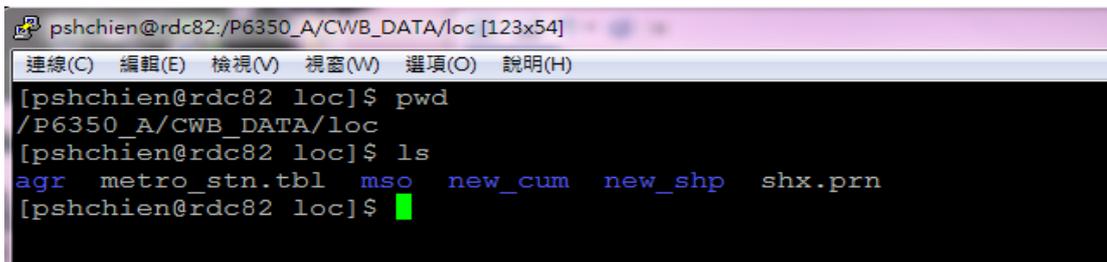
附件一 MDAS 引入氣象資料圖

MDAS 引入的氣象資料均放在/P6350_A/CWB_DATA/裡面。



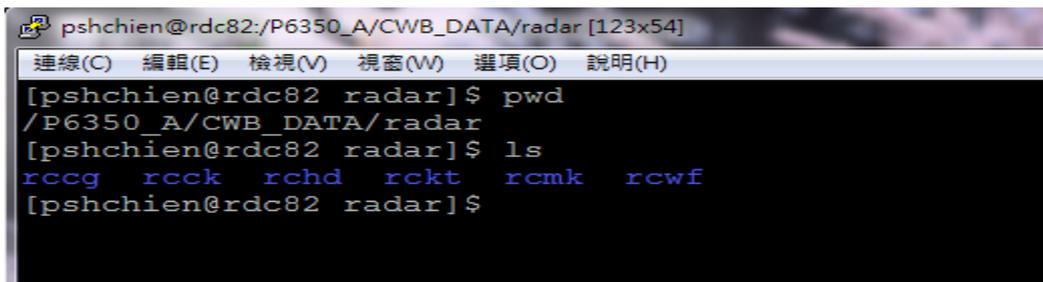
```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA [123x54]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 CWB_DATA]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA
[pshchien@rdc82 CWB_DATA]$ ls
FGGE_G01 FGGE_G03 FGGE_G06 gts loc note radar zclean.sh
[pshchien@rdc82 CWB_DATA]$
```

氣象局資料引入有：局屬測站(meso)、自動氣象站(new_shp)、自動雨量站(new_cum)、農業測站(agr)、雷達觀測(radar)。前四個存放路徑為：/P6350_A/CWB_DATA/loc/



```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/loc [123x54]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 loc]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/loc
[pshchien@rdc82 loc]$ ls
agr metro_stn.tbl mso new_cum new_shp shx.prn
[pshchien@rdc82 loc]$
```

雷達資料路徑為/P6350_A/CWB_DATA/radar/



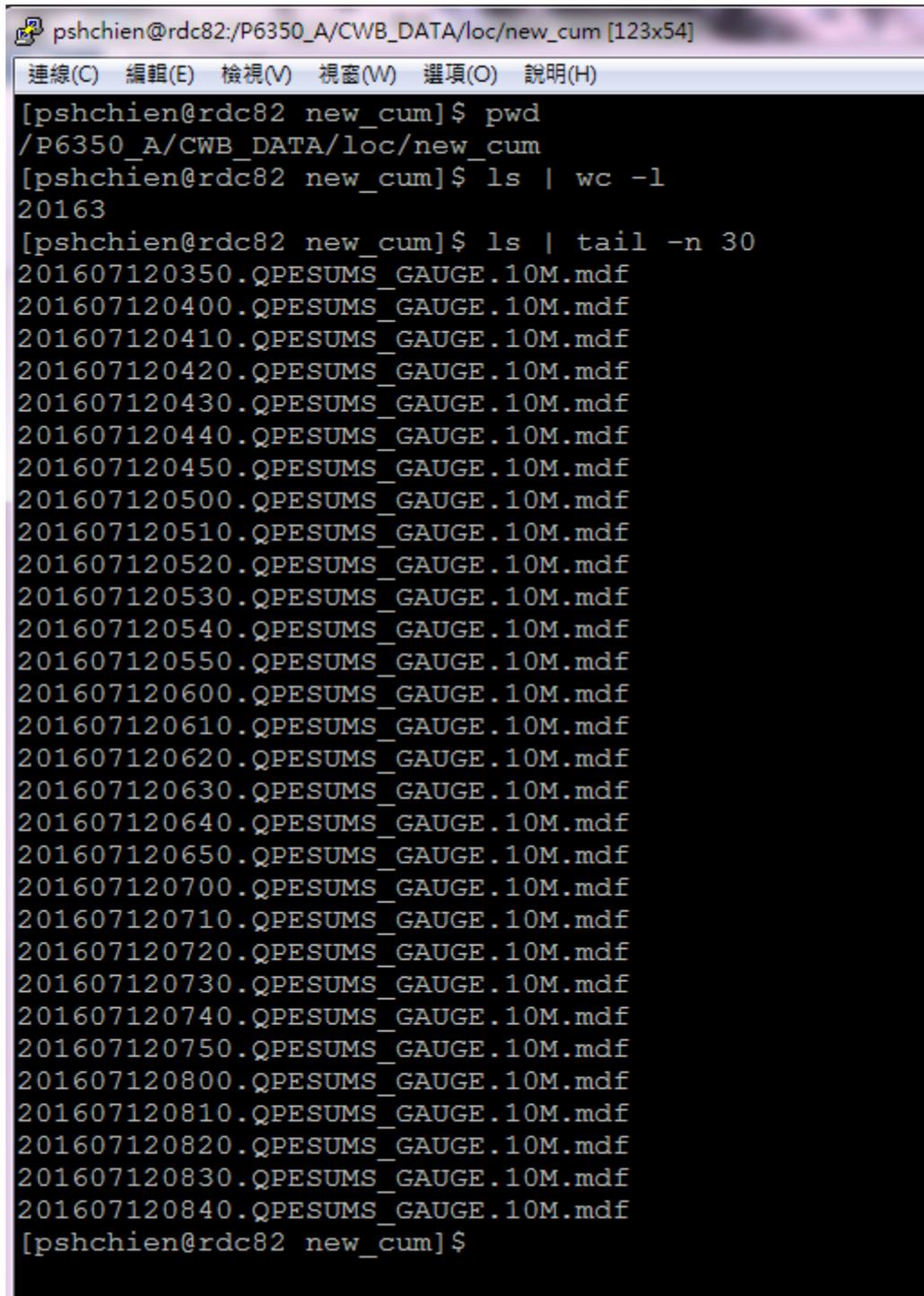
```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/radar [123x54]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 radar]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/radar
[pshchien@rdc82 radar]$ ls
rccg rck rchd rckt rcmk rcwf
[pshchien@rdc82 radar]$
```

GTS 資料部分有：機場天氣報(metar, sa)、綜觀天氣報(synop, sm)、漂浮站報(buoy, ss)、船舶報(ship, sh)、高空溫壓報(tmep, us)、衛星風報(satob, ts)。主要依發報的間隔時間(1 小時、3 小時、6 小時)分類放在/P6350_A/CWB_DATA/下的 FGGE_G01、FGGE_G03、

氣象局自動氣象站(new_shp)資料存放點：

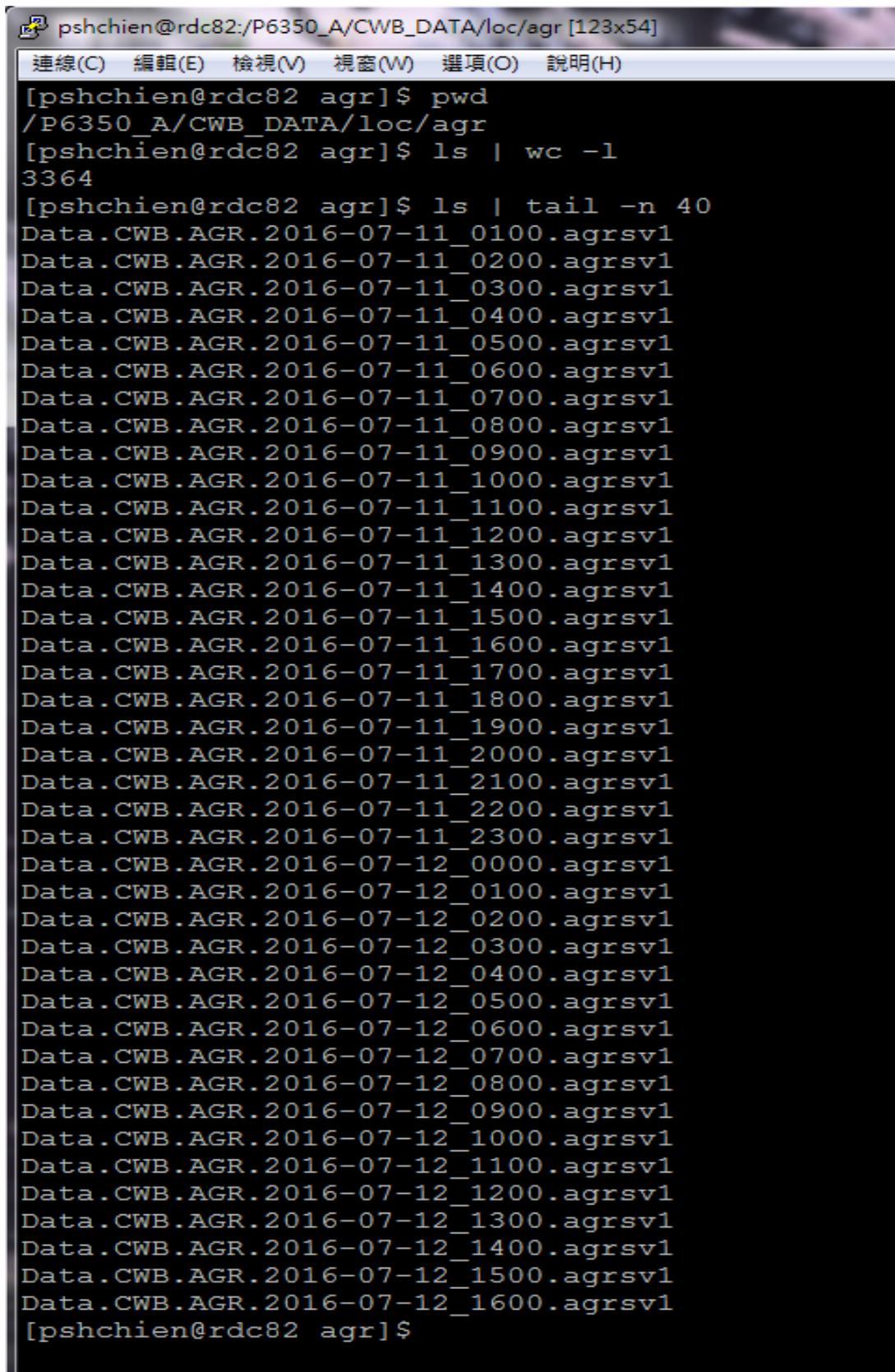
```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/loc/new_shp [123x54]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 new_shp]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/loc/new_shp
[pshchien@rdc82 new_shp]$ ls | wc -l
26888
[pshchien@rdc82 new_shp]$ ls | tail -n 30
201607120450.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120500.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120510.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120515.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120520.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120530.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120540.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120545.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120550.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120600.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120610.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120615.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120620.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120630.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120640.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120645.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120650.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120700.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120710.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120715.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120720.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120730.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120740.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120745.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120750.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120800.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120810.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120815.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120820.QPESUMS_STATION.15M.mdf
201607120830.QPESUMS_STATION.15M.mdf
[pshchien@rdc82 new_shp]$
```

氣象局自動雨量站(new_cum)資料存放點：



```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/loc/new_cum [123x54]
  連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 new_cum]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/loc/new_cum
[pshchien@rdc82 new_cum]$ ls | wc -l
20163
[pshchien@rdc82 new_cum]$ ls | tail -n 30
201607120350.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120400.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120410.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120420.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120430.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120440.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120450.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120500.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120510.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120520.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120530.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120540.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120550.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120600.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120610.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120620.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120630.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120640.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120650.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120700.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120710.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120720.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120730.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120740.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120750.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120800.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120810.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120820.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120830.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
201607120840.QPESUMS_GAUGE.10M.mdf
[pshchien@rdc82 new_cum]$
```

農業測站(agr)資料存放點：



```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/loc/agr [123x54]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 agr]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/loc/agr
[pshchien@rdc82 agr]$ ls | wc -l
3364
[pshchien@rdc82 agr]$ ls | tail -n 40
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0100.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0200.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0300.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0400.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0500.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0600.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0700.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0800.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_0900.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1000.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1100.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1200.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1300.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1400.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1500.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1600.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1700.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1800.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_1900.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_2000.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_2100.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_2200.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-11_2300.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0000.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0100.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0200.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0300.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0400.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0500.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0600.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0700.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0800.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_0900.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1000.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1100.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1200.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1300.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1400.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1500.agrsv1
Data.CWB.AGR.2016-07-12_1600.agrsv1
[pshchien@rdc82 agr]$
```

GTS 1 小時間格資料:機場天氣報(metar, sa)、綜觀天氣報(synop, sm)。

其存放點:

```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G01 [123x54]
[~]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 FGGE_G01]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G01
[pshchien@rdc82 FGGE_G01]$ ls
20150703 20150802 20150901 20151008 20151122 20151222 20160121 20160220 20160321 20160420 20160520 20160619
20150704 20150803 20150902 20151009 20151123 20151223 20160122 20160221 20160322 20160421 20160521 20160620
20150705 20150804 20150903 20151010 20151124 20151224 20160123 20160222 20160323 20160422 20160522 20160621
20150706 20150805 20150904 20151012 20151125 20151225 20160124 20160223 20160324 20160423 20160523 20160622
20150707 20150806 20150905 20151013 20151126 20151226 20160125 20160224 20160325 20160424 20160524 20160623
20150708 20150807 20150906 20151014 20151127 20151227 20160126 20160225 20160326 20160425 20160525 20160624
20150709 20150808 20150907 20151015 20151128 20151228 20160127 20160226 20160327 20160426 20160526 20160625
20150710 20150809 20150908 20151016 20151129 20151229 20160128 20160227 20160328 20160427 20160527 20160626
20150711 20150810 20150909 20151017 20151130 20151230 20160129 20160228 20160329 20160428 20160528 20160627
20150712 20150811 20150910 20151024 20151201 20151231 20160130 20160229 20160330 20160429 20160529 20160628
20150713 20150812 20150911 20151025 20151202 20160101 20160131 20160301 20160331 20160430 20160530 20160629
20150714 20150813 20150912 20151026 20151203 20160102 20160201 20160302 20160401 20160501 20160531 20160630
20150715 20150814 20150913 20151027 20151204 20160103 20160202 20160303 20160402 20160502 20160601 20160701
20150716 20150815 20150914 20151028 20151205 20160104 20160203 20160304 20160403 20160503 20160602 20160702
20150717 20150816 20150915 20151029 20151206 20160105 20160204 20160305 20160404 20160504 20160603 20160703
20150718 20150817 20150916 20151104 20151207 20160106 20160205 20160306 20160405 20160505 20160604 20160704
20150719 20150818 20150917 20151105 20151208 20160107 20160206 20160307 20160406 20160506 20160605 20160705
20150720 20150819 20150918 20151106 20151209 20160108 20160207 20160308 20160407 20160507 20160606 20160706
20150721 20150820 20150919 20151107 20151210 20160109 20160208 20160309 20160408 20160508 20160607 20160707
20150722 20150821 20150920 20151108 20151211 20160110 20160209 20160310 20160409 20160509 20160608 20160708
20150723 20150822 20150921 20151109 20151212 20160111 20160210 20160311 20160410 20160510 20160609 20160709
20150724 20150823 20150922 20151113 20151213 20160112 20160211 20160312 20160411 20160511 20160610 20160710
20150725 20150824 20150923 20151114 20151214 20160113 20160212 20160313 20160412 20160512 20160611 20160711
20150726 20150825 20150924 20151115 20151215 20160114 20160213 20160314 20160413 20160513 20160612 log
20150727 20150826 20150925 20151116 20151216 20160115 20160214 20160315 20160414 20160514 20160613 login
20150728 20150827 20151003 20151117 20151217 20160116 20160215 20160316 20160415 20160515 20160614 log_P6350A
20150729 20150828 20151004 20151118 20151218 20160117 20160216 20160317 20160416 20160516 20160615
20150730 20150829 20151005 20151119 20151219 20160118 20160217 20160318 20160417 20160517 20160616
20150731 20150830 20151006 20151120 20151220 20160119 20160218 20160319 20160418 20160518 20160617
20150801 20150831 20151007 20151121 20151221 20160120 20160219 20160320 20160419 20160519 20160618
[pshchien@rdc82 FGGE_G01]$
```

```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G01/20160710 [123x54]
[~]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 20160710]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G01/20160710
[pshchien@rdc82 20160710]$ ls
sa2016071000.dat sa2016071020.dat sh2016071016.dat sm2016071012.dat ss2016071008.dat ua2016071004.dat
sa2016071001.dat sa2016071021.dat sh2016071017.dat sm2016071013.dat ss2016071009.dat ua2016071005.dat
sa2016071002.dat sa2016071022.dat sh2016071018.dat sm2016071014.dat ss2016071010.dat ua2016071006.dat
sa2016071003.dat sa2016071023.dat sh2016071019.dat sm2016071015.dat ss2016071011.dat ua2016071007.dat
sa2016071004.dat sh2016071000.dat sh2016071020.dat sm2016071016.dat ss2016071012.dat ua2016071008.dat
sa2016071005.dat sh2016071001.dat sh2016071021.dat sm2016071017.dat ss2016071013.dat ua2016071009.dat
sa2016071006.dat sh2016071002.dat sh2016071022.dat sm2016071018.dat ss2016071014.dat ua2016071010.dat
sa2016071007.dat sh2016071003.dat sh2016071023.dat sm2016071019.dat ss2016071015.dat ua2016071011.dat
sa2016071008.dat sh2016071004.dat sm2016071000.dat sm2016071020.dat ss2016071016.dat ua2016071012.dat
sa2016071009.dat sh2016071005.dat sm2016071001.dat sm2016071021.dat ss2016071017.dat ua2016071013.dat
sa2016071010.dat sh2016071006.dat sm2016071002.dat sm2016071022.dat ss2016071018.dat ua2016071014.dat
sa2016071011.dat sh2016071007.dat sm2016071003.dat sm2016071023.dat ss2016071019.dat ua2016071015.dat
sa2016071012.dat sh2016071008.dat sm2016071004.dat ss2016071000.dat ss2016071020.dat ua2016071016.dat
sa2016071013.dat sh2016071009.dat sm2016071005.dat ss2016071001.dat ss2016071021.dat ua2016071017.dat
sa2016071014.dat sh2016071010.dat sm2016071006.dat ss2016071002.dat ss2016071022.dat ua2016071018.dat
sa2016071015.dat sh2016071011.dat sm2016071007.dat ss2016071003.dat ss2016071023.dat ua2016071019.dat
sa2016071016.dat sh2016071012.dat sm2016071008.dat ss2016071004.dat ua2016071000.dat ua2016071020.dat
sa2016071017.dat sh2016071013.dat sm2016071009.dat ss2016071005.dat ua2016071001.dat ua2016071021.dat
sa2016071018.dat sh2016071014.dat sm2016071010.dat ss2016071006.dat ua2016071002.dat ua2016071022.dat
sa2016071019.dat sh2016071015.dat sm2016071011.dat ss2016071007.dat ua2016071003.dat ua2016071023.dat
[pshchien@rdc82 20160710]$
```


GTS 6 小時間格資料：高空溫壓報(tmep, us)。其存放點：

```
pshchien@rdc82:/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G06/20160710 [123x54]
[~] [x]
連線(C) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 選項(O) 說明(H)
[pshchien@rdc82 FGGE_G06]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G06
[pshchien@rdc82 FGGE_G06]$ ls
20150703 20150802 20150901 20151008 20151122 20151222 20160121 20160220 20160321 20160420 20160520 20160619
20150704 20150803 20150902 20151009 20151123 20151223 20160122 20160221 20160322 20160421 20160521 20160620
20150705 20150804 20150903 20151010 20151124 20151224 20160123 20160222 20160323 20160422 20160522 20160621
20150706 20150805 20150904 20151012 20151125 20151225 20160124 20160223 20160324 20160423 20160523 20160622
20150707 20150806 20150905 20151013 20151126 20151226 20160125 20160224 20160325 20160424 20160524 20160623
20150708 20150807 20150906 20151014 20151127 20151227 20160126 20160225 20160326 20160425 20160525 20160624
20150709 20150808 20150907 20151015 20151128 20151228 20160127 20160226 20160327 20160426 20160526 20160625
20150710 20150809 20150908 20151016 20151129 20151229 20160128 20160227 20160328 20160427 20160527 20160626
20150711 20150810 20150909 20151017 20151130 20151230 20160129 20160228 20160329 20160428 20160528 20160627
20150712 20150811 20150910 20151024 20151201 20151231 20160130 20160229 20160330 20160429 20160529 20160628
20150713 20150812 20150911 20151025 20151202 20160101 20160131 20160301 20160331 20160430 20160530 20160629
20150714 20150813 20150912 20151026 20151203 20160102 20160201 20160302 20160401 20160501 20160531 20160630
20150715 20150814 20150913 20151027 20151204 20160103 20160202 20160303 20160402 20160502 20160601 20160701
20150716 20150815 20150914 20151028 20151205 20160104 20160203 20160304 20160403 20160503 20160602 20160702
20150717 20150816 20150915 20151029 20151206 20160105 20160204 20160305 20160404 20160504 20160603 20160703
20150718 20150817 20150916 20151104 20151207 20160106 20160205 20160306 20160405 20160505 20160604 20160704
20150719 20150818 20150917 20151105 20151208 20160107 20160206 20160307 20160406 20160506 20160605 20160705
20150720 20150819 20150918 20151106 20151209 20160108 20160207 20160308 20160407 20160507 20160606 20160706
20150721 20150820 20150919 20151107 20151210 20160109 20160208 20160309 20160408 20160508 20160607 20160707
20150722 20150821 20150920 20151108 20151211 20160110 20160209 20160310 20160409 20160509 20160608 20160708
20150723 20150822 20150921 20151109 20151212 20160111 20160210 20160311 20160410 20160510 20160609 20160709
20150724 20150823 20150922 20151113 20151213 20160112 20160211 20160312 20160411 20160511 20160610 20160710
20150725 20150824 20150923 20151114 20151214 20160113 20160212 20160313 20160412 20160512 20160611 20160711
20150726 20150825 20150924 20151115 20151215 20160114 20160213 20160314 20160413 20160513 20160612
20150727 20150826 20150925 20151116 20151216 20160115 20160214 20160315 20160414 20160514 20160613
20150728 20150827 20151003 20151117 20151217 20160116 20160215 20160316 20160415 20160515 20160614
20150729 20150828 20151004 20151118 20151218 20160117 20160216 20160317 20160416 20160516 20160615
20150730 20150829 20151005 20151119 20151219 20160118 20160217 20160318 20160417 20160517 20160616
20150731 20150830 20151006 20151120 20151220 20160119 20160218 20160319 20160418 20160518 20160617
20150801 20150831 20151007 20151121 20151221 20160120 20160219 20160320 20160419 20160519 20160618
[pshchien@rdc82 FGGE_G06]$ cd 20160710
[pshchien@rdc82 20160710]$ pwd
/P6350_A/CWB_DATA/FGGE_G06/20160710
[pshchien@rdc82 20160710]$ ls
sa2016071000.dat sm2016071006.dat so2016071012.dat ts2016071018.dat ua2016071000.dat up2016071018.dat
sa2016071006.dat sm2016071012.dat so2016071018.dat tt2016071000.dat ua2016071006.dat us2016071000.dat
sa2016071012.dat sm2016071018.dat ss2016071000.dat tt2016071006.dat ua2016071012.dat us2016071006.dat
sa2016071018.dat sn2016071000.dat ss2016071006.dat tt2016071012.dat ua2016071018.dat us2016071012.dat
sh2016071000.dat sn2016071006.dat ss2016071012.dat tt2016071018.dat uk2016071000.dat us2016071018.dat
sh2016071006.dat sn2016071012.dat ss2016071018.dat tw2016071000.dat uk2016071012.dat
sh2016071012.dat sn2016071018.dat ts2016071000.dat tw2016071006.dat up2016071000.dat
sh2016071018.dat so2016071000.dat ts2016071006.dat tw2016071012.dat up2016071006.dat
sm2016071000.dat so2016071006.dat ts2016071012.dat tw2016071018.dat up2016071012.dat
[pshchien@rdc82 20160710]$
```

氣象局 GTS 資料 FGGE 格式檔案開頭名稱說明：

檔案名開頭英文	簡稱	中文說明
sa	metar	機場例行天氣報
sb	AMeDAS	日本地區地面密集觀測報
sd		台灣地區 AWS 報
sh	ship	船舶報
sm	synop	地面綜觀報
sn	mesonet	台灣地區地面自動氣象觀測報
so	bathy	海溫觀測報
sp	speci	機場特殊天氣報
sr	auto_rainfaull	台灣地區自動雨量報
ss	buoy	漂浮站觀測報
sw		菲律賓 AWS 報
ts	satob	衛星風報
tt	satem	衛星探空報
tw	hiden-satwind	高密度衛星風報
ua	airep	飛機報
uk	tempship	海上高空壓溫報
up	pilot	高空風報
ur	vortex_recco	颱風渦旋報_飛機偵查報
us	temp	海上高空壓溫報
ux	tempdrop	高空壓溫報--飛機投擲式

附件二 GTS 資料之 FGGE 資料格式

機場天氣報(METAR)資料格式

(本文件自 2003-08-13 02 時 (UTC)起生效)

資料錄內容：

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ghrc	character	2	觀測時
gmnc	character	2	觀測分
cccc	character	4	機場代號
la	integer	5	機場緯度(degree*100<-9000~9000>)
lo	integer	5	機場經度(degree*100<0~36000>)
dd	integer	5	風向(degree)
ff	integer	5	風速(meter/sec) (說明一)
qcwd	integer	1	風資料品質指示碼
ffm	integer	5	最大風速 (meter/sec) (說明一)
qcffm	integer	1	最大風速品質指示碼
cavok	character	2	良好天氣(說明二)
vvvv	integer	5	水平能見度(meter)(說明三)
ww	integer	5	現在天氣(說明四)
wwx	character	2	現在天氣代號(說明四)
ns(1)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC) (說明五)
hs(1)	integer	5	雲高(code table 1690) (說明五)
ns(2)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(2)	integer	5	雲高(code table 1690)
ns(3)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(3)	integer	5	雲高(code table 1690)
ns(4)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(4)	integer	5	雲高(code table 1690)
ns(5)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(5)	integer	5	雲高(code table 1690)
ns(6)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(6)	integer	5	雲高(code table 1690)
ns(7)	character	3	雲量(FEW or SCT or BKN or OVC)
hs(7)	integer	5	雲高(code table 1690)
fforg	integer	3	原始風速值(說明一)
qff	integer	5	海平面氣壓值(mb*10) (說明六)
ffmorg	integer	3	原始最大風速值(說明一)
wwnew	character	9	現在天氣_新(code table 4678) (說明四)
ffflag	character	1	原始風速及原始最大風速值單位指示碼(說明一)
vd	character	2	水平能見度方位(說明三)
'9'	character	1	not used
tt	integer	5	溫度(degree c)
qctt	integer	1	溫度品質指示碼
td	integer	5	露點溫度(degree c)
qctd	integer	1	露點溫度品質指示碼
phhh	integer	5	高度撥定值(mb)
qcphhh	integer	1	高度撥定值品質指示碼

phhxx	integer	5	高度撥定值(inch)
cighh	integer	5	雲幕高(feet)
rr	integer	5	雨量(mm/hr) (說明六)
apch	integer	5	機場能見度
eswn	character	2	進場方位能見度之方位(說明六)
vis	integer	5	進場方位能見度(說明六)
gyr	integer	2	觀測年
gmo	integer	2	觀測月
gda	integer	2	觀測日

說明一：

1. 風速及最大風速值兩欄位準確度只到整數位，為提高準確度，風速及最大風速值的原始值分別存放於 `fforg`(原始風速值)及 `ffmorg`(原始最大風速值)，並以 `ffflag`(原始風速及原始最大風速值單位指示碼)說明單位。

`ffflag=1` 表示 原始風速及最大風速值單位為 knots

`ffflag=2` 表示 原始風速及最大風速值單位為 meter/sec

`ffflag=3` 表示 原始風速及最大風速值單位為 kilometer/hour

`ffflag=9` 表示 原始風速及原始最大風速為 missing

2. 在風向變動的情況下，若平均風速為 3 knots 或以下時，風向值為 missing，但風速值不為 missing。

說明二：

`cavok=OK` 表示能見度 10 公里或以上；且 5000 呎(1500 公尺)或最高之最低區域高度以下無雲也無積雨雲；且無顯著天氣現象。

`cavok=-9` 表示 missing

說明三：

水平能見度 = 9999 表示水平能見度 ≥ 10 Km

水平能見度 = -9999 表示 missing

水平能見度的方位存放於 `vd`(水平能見度方位)，其值以 N, S, W, E, NE, NW, SE, SW 等八個方位表示；

`vd=99` 表示 missing

說明四：

ww(現在天氣)及 wx(現在天氣代號)兩欄位因 WMO 306 metar 電碼格式變更，自本文件生效時間起，其值分別為-9999 及 -9；

現在天氣則改存放在 wnew(現在天氣_新) 欄位，現在天氣代碼詳細說明請參考 WMO 306 code table 4678

說明五：

雲量= FEW 表示少雲，約 1/8 ~ 2/8

雲量= SCT 表示疏雲，約 3/8 ~ 4/8

雲量= BKN 表示裂雲，約 5/8 ~ 7/8

雲量= OVC 表示密雲，約 8/8

WMO 306 code table 1690：

實際雲高=雲高值乘以 30 公尺，若雲高值=000 表示實際雲高小於 30 公尺，

若雲高值=999 表示實際雲高大於等於 30000 公尺

若無雲層資料則雲量=-99，雲高值=-9999

說明六：

海平面氣壓值、雨量、進場方位能見度之方向(表示法同水平能見度方位)、進場方位能見度等欄位，為國內機場的備註資料，非國內機場，一律為 missing

品質指示碼：

0 == no check

1 == correct

3 == error

船舶報(SHIP)資料格式

(本文件自 2003-10-07 02 時 (UTC) 生效)

資料錄內容:(全部資料錄長度:185 bytes, 由下列五部分組成)

第一部分: report-identification part (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
"*"	character	1	識別旗標
34	character	2	data-source index
scode	character	5	船舶代號
'0000'	character	4	空白欄
la	integer	5	緯度(degree*100 <-9000~9000>)
lo	integer	5	經度(degree*100 <0~36000>)
ix	character	1	儀器型態(indicator for type of station operation (manned or automatic) and for present and past weather data) (code table 1860)
fflag	integer	1	風速單位轉換指示碼(見說明一)
gyr	integer	2	觀測年
gmo	integer	2	觀測月
gda	integer	2	觀測日
ghr	integer	2	觀測時
gg	integer	2	觀測分
'005'	character	3	total logical record

第二部分: first surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ccn2	character	2	全雲量
dd	integer	3	風向 (degree)
ff	integer	3	風速 (meter/sec)
qcwd	integer	1	風資料品質指示碼
vv	integer	2	水平能見度
ww	integer	2	現在天氣
wwpst	integer	2	過去天氣
'0'	character	1	壓力碼指標
pp	integer	5	海平面氣壓 (mb*10)
qcpp	integer	1	海平面氣壓品質指示碼
tt	integer	4	氣溫 (degree c *10)
qctt	integer	1	氣溫品質指示碼
ccnh2	character	2	中低雲層雲量
ccl2	character	2	低雲型態
h2	character	2	雲底高度
ccm2	character	2	中雲型態
cch2	character	2	高雲型態

第三部分：second surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
tdd	integer	3	溫度露點差 (degree c *10)
qctd	integer	1	溫度露點差品質指示碼
'1'	character	1	氣壓趨勢時段指標
ppa2	character	2	氣壓趨勢特性
pt	integer	3	氣壓趨勢值(mb*10)
qcpt	integer	1	氣壓趨勢品質指示碼
tr2	character	1	雨量間隔指示碼
rrr	integer	4	降雨量 (mm*10)
'9'	character	1	最高溫度時段指標
txx	integer	4	最高溫度 (degree c *10)
'9'	character	1	最低溫度時段指標
ttnn	integer	4	最低溫度 (degree c *10)
tb	integer	4	濕球溫度(degree c *10)
qctb	integer	1	濕球溫度品質
ddm	integer	3	最大風向 (degree)
ffm	integer	3	最大風速 (meter/sec)

第四部分：surface supplementary cloud-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ccnc2(1)	character	2	特定層雲量(第一組)(code table 2700)
cc2(1)	character	2	特定層雲類(第一組) (code table 0500)
ccht2(1)	character	2	特定層雲高(第一組) (code table 1677)
ccnc2(2)	character	2	特定層雲量(第二組)
cc2(2)	character	2	特定層雲類(第二組)
ccht2(2)	character	2	特定層雲高(第二組)
ccnc2(3)	character	2	特定層雲量(第三組)
cc2(3)	character	2	特定層雲類(第三組)
ccht2(3)	character	2	特定層雲高(第三組)
'-9'	character	2	not used
r24r24	integer	4	過去 24 小時降雨量(mm*10)
rrr00	integer	4	自 0 時起之降雨量 (mm*10)
rrr24	integer	4	過去 24 小時降雨量 (mm*10)
txx	integer	4	最高溫度(昨日)(degree c *10)
'0'	character	1	空白欄

第五部分：additional surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
pp1	character	2	浪週期(sec)
hh1	character	2	浪高(0.5*meter)
dd31	character	2	湧浪方向(10*degree)

pp41	character	2	湧浪週期 (sec)
hh41	character	2	浪高(0.5*meter)
dd32	character	2	湧浪方向(10*degree)
pp51	character	2	湧浪週期(sec)
hh51	character	2	浪高(0.5*meter)
ttsea	integer	4	海面溫度(degree c *10)
qcts	integer	1	海面溫度品質指示碼
ds2	character	2	過去三小時內船之進程(course)
vs2	character	2	過去三小時內船之平均速率
ii6	integer	2	船上結冰情況
ee6	integer	2	船上結冰厚度(cm)
rr6	integer	2	船上結冰速度
ttn	integer	4	最低溫度(昨日) (degree c *10)
twymwr	integer	1	測量方法
tbtype	integer	1	測量方法(濕球溫度)

品質指示碼：

0 == no check

1 == correct

3 == error

9 == missing

說明一：風速單位轉換指示碼：

9 == 無法判斷風速單位並是否經過轉換 (2003-09-30 以前的資料 或
ff=missing，此欄位值為 9)。

1 == 觀測風速單位為 knots 而進行單位轉換(knots=>meter/sec)時，因恰可整除，故並未捨棄整數位以下資料，依此可推出原始電碼中風速的值： $ff * 2 \text{ knots}$ 。

2 == 觀測風速單位為 knots 而進行單位轉換(knots=>meter/sec)時，因無法整除，故捨棄整數位以下資料(捨棄 0.5)，依此可推出原始電碼中風速的值： $ff * 2 + 1 \text{ knots}$ 。

3 == 風速單位並未轉換，原始電碼即以 meter/sec 為風速單位，原始電碼中風速的值： $ff \text{ meter/sec}$ 。

備註：

在 AMDP SHIP 報解碼作業中，若原始電碼中風速單位是 knots，則進行單位轉換為 meter/sec 時之作法為：原始電碼的風速值除以 2 取整數值。

高空壓溫報(TEMP)資料格式

(自 2003-10-01 00 時 (UTC) 開始生效)

說明: TEMP 報檢定後, 每一測站之資料錄包括三種不同之型態, 即一筆報頭資料錄, 數筆報身資料錄, 一筆報尾資料錄。

資料錄內容: (全部資料錄長度: 37 bytes *該測站資料錄邏輯筆數)

第一種: 報頭 -- report-identification part(37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
*11	character	3	id flag & data-source index
stnno	integer	5	測站站號
ht	integer	4	測站高度
la	integer	5	緯度(degree*100<-9000~9000>)
lo	integer	5	經度(degree*100<0~36000>)
a4	character	2	instrument type
gyr	integer	2	觀測年
gmo	integer	2	觀測月
gda	integer	2	觀測日
ghr	integer	2	觀測時
ggl	integer	2	觀測分
nlevel+2	integer	3	該測站資料錄邏輯筆數

第二種: 報身 -- upper-air level data record (37 bytes)

(報身資料錄筆數由報頭之 nlevel 決定)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
indtype	character	2	壓力層型態(見說明一)
pp	integer	5	壓力(mb*10)
hh	integer	5	高度(gpm)
hhivero	integer	2	高度品質指示碼(見說明二)
tt	integer	4	溫度(degree c*10)
ttivero	integer	2	溫度品質指示碼(見說明二)
td	integer	4	溫度露點差(degree c*10)
tdivero	integer	2	溫度露點差品質指示碼(見說明二)
dd	integer	3	風向(degree)
ff	integer	3	風速(meter/sec)
ffivero	integer	2	風資料品質指示碼(見說明三)
level+1	integer	3	層數值加一

第三種: 報尾 -- cloud-level data record(37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
25	character	2	type of level

ccnh1	character	2	amount of cl or cm clouds
cccl1	character	2	clouds of general sc,st,cu,cb
cch1	character	2	hight of the base of cloud
cccm1	character	2	clouds of genera ac,as,ns
ccch1	character	2	clouds of genera cs,cc
twtwtw1	integer	4	海平面溫度(degree c *10)
qcts	character	2	海平面溫度品質指示碼(見說明二)
sr1	character	2	solar and infrared radiation correction
rara1	character	2	radio sonde/sounding system used
sasa1	character	2	tracking technique/status of system used
999999999	character	10	not use
nlevel+2	integer	3	該測站資料錄邏輯筆數

說明一：壓力層型態值：

- 01 ==surface level (from TTBB)
- 02 ==temperature significance level(溫濕特性層)
- 04 ==wind significance level(風特性層)
- 10 == standard level (標準層)
- 11 == surface level (from TTAA)
- 13 ==tropopause level (對流層)
- 15 ==Maximum wind level (最大風速層)

說明二：品質指示碼：高度(hhivero),溫度(ttivero), 溫度露點差(tdivero), 海平面溫度(qcts)

- 0 == no check
- 1 == correct
- 2 == suspect
- 3 == error
- 4 == error but replace value after CHQC
- 6 == missing but replace value after CHQC
- 9 == missing

說明三: 品質指示碼: 風(ffivero)

10 == 品質檢定結果為 no check, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 恰可整除, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 \text{ knots}$

11 == 品質檢定結果為 correct, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 恰可整除, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 \text{ knots}$

13 == 品質檢定結果為 error, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 恰可整除, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 \text{ knots}$

20 == 品質檢定結果為 no check, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 僅取整數值, 捨棄小數值 0.5, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 + 1 \text{ knots}$

21 == 品質檢定結果為 correct, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 僅取整數值, 捨棄小數值 0.5, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 + 1 \text{ knots}$

23 == 品質檢定結果為 error, 原始電碼風速單位為 knots, 單位轉換為 meter/sec 僅取整數值, 捨棄小數值 0.5, 依此可推出原始電碼中風速的值 : $ff * 2 + 1 \text{ knots}$

30 == 品質檢定結果為 no check, 風速單位並未轉換, 原始電碼即以 meter/sec 為風速單位, 原始電碼中風速的值 : $ff \text{ meter/sec}$ 。

31 == 品質檢定結果為 correct, 風速單位並未轉換, 原始電碼即以 meter/sec 為風速單位, 原始電碼中風速的值 : $ff \text{ meter/sec}$ 。

33 == 品質檢定結果為 error, 風速單位並未轉換, 原始電碼即以 meter/sec 為風速單位, 原始電碼中風速的值 : $ff \text{ meter/sec}$ 。

9 == missing

備註:

在 AMDP 的 TEMP, TEMPSHIP, TEMPDROP 報解碼作業中, 若原始電碼中風速單位是 knots, 則將進行單位轉換為 meter/sec, 其做法是: 原始電碼的風速值除以 2 取整數值。

地面綜觀報(SYNOP)資料格式

(本文件自 2004-02-18 00 時 (UTC) 生效)

資料錄內容:(全部資料錄長度:1 8 5 bytes, 由下列五部分組成)

第一部分: report-identification part (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
""	character	1	識別旗標
31	character	2	data-source index
stnno	integer	5	測站站號
hhstn	integer	4	測站高度 (meter)
la	integer	5	緯度(degree*100 <-9000~9000>)
lo	integer	5	經度(degree*100 <0~36000>)
ix	character	1	儀器型態(indicator for type of station operation (manned or automatic) and for present and past weather data)(code table 1860)
ffflag	integer	1	風速單位轉換指示碼(說明六)
gyr	integer	2	觀測年
gmo	integer	2	觀測月
gda	integer	2	觀測日
ghr	integer	2	觀測時
gg	integer	2	觀測分
'005'	character	3	number of logical records

第二部分: first surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ccn2	character	2	全雲量(code table 2700)
dd	integer	3	風向 (degree)
ff	integer	3	風速 (meter/sec)
qcwd	integer	1	風資料品質指示碼(說明七)
vv	integer	2	水平能見度(code table 4377)
ww	integer	2	現在天氣 (manned weather station:code table 4677 ; automatic weather station: code table 4680)
wwpst	integer	2	過去天氣 (manned weather station:code table 4561 ; automatic weather station: code table 4531)(說明一)
plidex2	character	1	高度指示碼(說明五)
pp2	integer	5	海平面氣壓 (mb*10) (說明五)
qcpp	integer	1	海平面氣壓品質指示碼(說明七)
tt	integer	4	氣溫 (degree c *10)
qctt	integer	1	氣溫品質指示碼(說明七)
ccnh2	character	2	全雲量(原指低雲量,若無低雲,則指中雲量)

			(code table 2700)
ccl2	character	2	低雲型態(code table 0513)
h2	character	2	雲底高度(code table 1600)
ccm2	character	2	中雲型態(code table 0515)
cch2	character	2	高雲型態(code table 0509)

第三部分：second surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
tdd	integer	3	溫度露點差 (degree c *10)
qctdd	integer	1	溫度露點差品質指示碼 (說明七)
'1'	character	1	氣壓趨勢時段指標
ppa2	character	2	氣壓趨勢特性
pt	integer	3	氣壓趨勢值 (mb*10)
qcpt	integer	1	氣壓趨勢品質指示碼 (說明七)
tr1	character	1	雨量間隔指示碼 (原 tr2 搬至第四部分)(說明四)
rrr	integer	4	降雨量 (mm*10) (說明四)
'9'	character	1	最高溫度時段指標
ttxx	integer	4	最高溫度 (degree c *10)
'9'	character	1	最低溫度時段指標
ttnn	integer	4	最低溫度 (degree c *10)
'50000'	character	5	其它控制碼
ddm	integer	3	最大風向 (degree) (說明二)
ffm	integer	3	最大風速 (meter/sec) (說明二)

第四部分：surface supplementary cloud-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ccnc2(1)	character	2	特定層雲量(第一組)(code table 2700)
cc2(1)	character	2	特定層雲類(第一組) (code table 0500)
ccht2(1)	character	2	特定層雲高(第一組) (code table 1677)
ccnc2(2)	character	2	特定層雲量(第二組)
cc2(2)	character	2	特定層雲類(第二組)
ccht2(2)	character	2	特定層雲高(第二組)
ccnc2(3)	character	2	特定層雲量(第三組)
cc2(3)	character	2	特定層雲類(第三組)
ccht2(3)	character	2	特定層雲高(第三組)
'-'	Character	1	not used
ffmflag	integer	1	最大風速單位轉換指示碼(說明六)
r24r24	integer	4	過去 24 小時降雨量(mm*10) (說明三)
rrr00	integer	4	自 0 時起之降雨量 (mm*10) (說明三)
rrr24	integer	4	過去 24 小時降雨量 (mm*10) (說明三)
ttx	integer	4	最高溫度(昨日)(degree c *10)
tr2	character	1	雨量間隔指示碼 (原 tr2 值)(說明四)

第五部分：additional surface-data record (37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
ccnc2(4)	character	2	特定層雲量(第四組)
cc2(4)	character	2	特定層雲類(第四組)
ccht2(4)	character	2	特定層雲高(第四組)
'-9-9-9-9'	character	10	海浪資料(未用)
ttsea	integer	4	海面溫度(degree c *10)
qcts	integer	1	海面溫度品質指示碼(說明七)
ppstn	integer	5	測站氣壓(mb*10)(說明五)
qcppstn	integer	1	測站氣壓品質指示碼(說明七)
hhpll	integer	5	選定的標準氣壓面之重力位高度(gpm* 10)(說明五)
ttn	integer	4	最低溫度(昨日)(degree c *10)
qchhpll	integer	1	選定的標準氣壓面之重力位高度品質指示碼(說明七)

說明一：

wwpst 所涵蓋時間為：00,06,12,18 為觀測時前 6 小時內的天氣特性；
03,09,15,21 為觀測時前 3 小時內的天氣特性。

說明二：

第三部分之最大風向(ddm)，最大風速(ffm)：中央氣象局及所屬測站，在觀測時間內(6 小時及 3 小時天氣報告編報 3 小時內，每小時報告編報 1 小時內)觀測到當地瞬間風速(陣風)達 22 哩/時或以上所編報。

說明三：

1. r24r24：觀測時間前 24 小時的累積雨量
2. rrr00：自當日地方標準時 00 至觀測時間為止的累積雨量
3. rrr24：前一天(24 小時)的累積雨量，只在 00Z 發佈(rrr00 & rrr24 由 CWB 規定，詳細內容請參考 CWB 所編"國際氣象電碼")

說明四：

1. 自 1998 年 10 月 1 日起新增 tr1(雨量間隔指示碼)，為原電碼之值，未加任何判斷及變更。tr1 放置於第三部份第 12 byte，原位置 tr2 移至第四部份第 37 byte。

2. tr1 雨量間隔指示碼:(code table 4019)

指示碼	雨量間隔小時
1	6
2	12
3	18
4	24
5	1
6	2
7	3
8	9
9	15
/	參考期間之長度不在上述範圍或編報時參考期間仍未結束(省略雨量資料)
0	雨量=0(省略雨量資料)

3. 原 tr2 是配合氣象局所編訂之"國際氣象電碼-地面天氣報告電碼"中

12.2.5.4 節中 tr--- RRR 的定義而產生, 說明如下:

00Z & 12Z 編報 12 小時累積雨量,其 tr2=4, 03Z, 06Z, 09Z 編報 00Z 以來之累積雨量, 15Z, 18Z, 21Z 編報 12Z 以來之累積雨量,03Z, 15Z, 其 tr2=1; 06Z, 18Z, 其 tr2=2; 09Z, 21Z, 其 tr2=3。

1. rrr=9900 表示微量

說明五:

1. 第二部分"壓力碼指標(plidex2)"及"海平面氣壓(pp2)"二欄位 2001 年 11 月 1 日以前之定義:

壓力碼指標=0, "海平面氣壓"欄位存放海平面氣壓資料, 單位(mb*10)

壓力碼指標=3, "海平面氣壓"欄位存放測站氣壓資料, 單位(mb*10)

壓力碼指標=1 or 2 or 5 or 7 or 8, "海平面氣壓"欄位存放選定的標準氣壓面之重力位高度, 單位(gpm*10) (壓力碼指標=1,2,5,7,8 分別代表所參考之標準層為 1000mb, 925mb,500mb,700mb,850mb)

壓力碼指標=9, "海平面氣壓"欄位存放'-9999', 無海平面氣壓或測站氣壓或選定的標準氣壓面之重力位高度資料。

2. 自 2001 年 11 月 1 日以後

(1) 於第五部分中新增“測站氣壓”(ppstn) 與“選定的標準氣壓面之重力位高度”(hhpll)二欄位,分別用以存放測站氣壓(ppstn)及選定的標準氣壓面之重力位高度(hhpll),無資料則存放'-9999'。原海平面氣壓欄位改為只存放海平面氣壓資料,無資料則存放'-9999'。

(2) 於第二部分中,原“壓力碼指標”欄位名稱更改為“高度指示碼”,存放第五部分中“選定的標準氣壓面之重力位高度”欄位之標準層代號,其值可能為 1 or 2 or 5 or 7 or 8 or 9 (高度指示碼=1,2,5,7,8 分別代表所參考之標準層為 1000mb,925mb,500mb,700mb,850mb,高度指示碼=9 表示無選定的標準氣壓面之重力位高度資料)。

(3) 當平均海平面氣壓能以合理精度計算而得時,編報“海平面氣壓”;若一個高處測站所給的海平面氣壓值不到一個令人滿意的精確度時,會同時編報“測站氣壓”以及“選定的標準氣壓面之重力位高度”,以便使用者自行進行海平面氣壓值之推導。

說明六：

風速及最大風速單位轉換指示碼：

9 == 無法判斷風速單位並是否經過轉換 (2003-10-07 02 時(UTC) 以前的資料或 ff=missing, 此欄位值為 9 及 ffm=missing, 此欄位值為 9)。

1 == 觀測風速單位為 knots 而進行單位轉換(knots=>meter/sec)時,因恰可整除,故並未捨棄整數位以下資料,依此可推出原始電碼中風速的值： $ff * 2$ knots 或 $ff * 2$ knots。

2 == 觀測風速單位為 knots 而進行單位轉換(knots=>meter/sec)時,因無法整除,故捨棄整數位以下資料(捨棄 0.5),依此可推出原始電碼中風速的值： $ff * 2 + 1$ knots 或 $ffm * 2 + 1$ knots。

3 == 風速單位並未轉換,原始電碼即以 meter/sec 為風速單位,原始電碼中風速的值： ff meter/sec 或 ffm meter/sec。

備註：在 AMDP SYNOP 報解碼作業中,若原始電碼中風速單位是 knots,則進行單位轉換為 meter/sec 時之作法為：原始電碼的風速值除以 2 取整數值。

說明七：

品質指示碼：

0 == no check

1 == correct

3 == error

9 == missing

漂 浮 站 觀 測 報 (BUOY) 資 料 格 式

資 料 錄 內 容 : (全部資料錄長度:不定 -- 本資料錄由下列六部份組成)

第 一 部 分 : 報 頭 基 本 資 料 (37 bytes)

欄 名	資料型式	長度	欄 位 說 明
'*'	character	1	識別旗標
'81'	character	2	data-source index
dribkey	integer	5	漂 浮 站 編 號
windtr	integer	2	風 的 指 示 碼
'0'	character	2	not used
la	integer	5	緯 度 (degree*100 <-9000~9000>)
lo	integer	5	經 度 (degree*100 <0~36000>)
its+icu	integer	2	海 面 下 資 料 層 數
gyr	integer	2	觀 測 年
gmo	integer	2	觀 測 月
gda	integer	2	觀 測 日
ghr	integer	2	觀 測 時
gmn	integer	2	觀 測 分
rno	integer	3	total logical record number

第 二 部 分 : miscellaneous buoy data record (37 bytes)

欄 名	資料型式	長度	欄 位 說 明
ddsuf	integer	3	風 向 (degree)
ffsuf	integer	3	風 速 (meter/sec)
qwind	integer	1	風 資 料 品 質 指 示 碼
ttair	integer	4	空 氣 溫 度 (degree c *10)
qairt	integer	1	空 氣 溫 度 品 質 指 示 碼
ppsuf	integer	5	平 均 海 平 面 氣 壓 (mb *10)
qpres	integer	1	平 均 海 平 面 氣 壓 品 質 指 示 碼
ptend	integer	1	三 小 時 氣 壓 趨 勢 (code Table 0200)
press	integer	3	三 小 時 氣 壓 變 化 (mb * 10)
'9'	character	1	time consistency 品質
'9'	character	1	internal consistency 品質
'9'	character	1	climate limits 品質
'9'	character	1	physical limits 品質
'9'	character	1	horizontal consistency 品質
'99'	character	2	indicator of barometric pressure error
'99'	character	2	indicator of sea surface temperature error
'99'	character	2	not used
'2'	character	1	此 筆 資 料 屬 第 二 部 份
rno	integer	3	logical record number

第 三 部 分 : miscellaneous buoy data record (37 bytes)

欄 名	資料型式	長度	欄 位 說 明
-----	------	----	---------

ttsuf	integer	4	海面溫度 (degree c *10)
qseat	integer	1	海面溫度品質指示碼
wper1	integer	3	波浪週期 (sec * 10)
qwper	integer	1	波浪週期品質指示碼
whig1	integer	3	波浪高度 (meter * 10)
qwhig	integer	1	波浪高度品質指示碼
smeth	integer	1	測鹽度及深度的方法
mrmsb	integer	1	去除船行速度的方法
dtime	integer	2	測量延續的時間 (code table 2264)
its	integer	2	海面下測量溫度及鹽度的層數
icu	integer	2	海面下測量海流的層數
ppst1	integer	5	pressure at station level(mb *10)
qps1	integer	1	ppst1 的品質指示碼
tdew	integer	5	dew-point temperature(degree c *10)
qt dew	integer	1	tdew 的品質指示碼
'3'	character	1	此筆資料屬第三部份
rno	integer	3	logical record number

第四部分 : miscellaneous buoy data record(37 bytes)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
quapr	integer	1	氣壓測量的品質
quaho	integer	1	狀況參數的品質
quatw	integer	1	海面溫度的品質(來自原始電碼)
quaat	integer	1	空氣溫度的品質
quats	integer	1	漂浮站傳輸的品質
qualo	integer	1	漂浮站地點的品質
la2	integer	5	第二可能緯度 (degree*100 <-9000~9000>)
lo2	integer	5	第二可能經度 (degree*100 <0~36000>)
quacl	character	1	location quality class(code tabel 3302)
drspd	integer	2	drift 速度 (cm/sec)
drdir	integer	3	drift 方向 (degree)
ensta	integer	4	引擎狀況
drtyp	integer	1	drogue 種類
cable	integer	3	電纜長度 (meter)
rhuma	integer	3	relative humidity of the air
'4'	character	1	此筆資料屬第四部份
rno	integer	3	logical record number

第五部分 : optional record for temperature and salinity data under sea surface(本部份資料在資料錄中重複 (its+1)/2 次 -- its 值請參考第三部份)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
hhsig(l)	integer	4	海面下深度 (meter)
qhhsig(l)	integer	1	海面下深度品質指示碼

ttsig(l)	integer	4	該深度溫度 (degree c *10)
qttsig(l)	integer	1	該深度溫度品質指示碼
sssig(l)	integer	4	該深度鹽度 (hundreds of a part per thousand)
qsssig(l)	integer	1	該深度溫度品質指示碼
hhsig(l+1)	integer	4	海面下深度 (meter)
qhhsig(l+1)	integer	1	海面下深度品質指示碼
ttsig(l+1)	integer	4	該深度溫度 (degree c * 10)
qttsig(l+1)	integer	1	該深度溫度品質指示碼
sssig(l+1)	integer	4	該深度鹽度 (hundreds of a part per thousand)
qsssig(l+1)	integer	1	該深度溫度品質指示碼
***	integer	3	record number in this record type
'5'	character	1	此筆資料屬第五部份
rno	integer	3	logical record number

第六部份: optional record for current direction and speed data under sea surface(本部份資料在資料錄中重複 (icu+1)/2 次 -- icu 值請參考第三部份)

欄名	資料型式	長度	欄位說明
h2sig(l)	integer	4	海面下深度 (meter)
qh2sig(l)	integer	1	海面下深度品質控制碼
ddcur(l)	integer	4	該深度海流方向 (degree)
qddcur(l)	integer	1	該深度海流方向品質控制碼
sscur(l)	integer	4	該深度海流速度 (cm/sec)
qsscur(l)	integer	1	該深度海流速度品質控制碼
h2sig(l+1)	integer	4	海面下深度 (meter)
qh2sig(l+1)	integer	1	海面下深度品質控制碼
ddcur(l+1)	integer	4	該深度海流方向 (degree)
qddcur(l+1)	integer	1	該深度海流方向品質控制碼
sscur(l+1)	integer	4	該深度海流速度 (cm/sec)
qsscur(l+1)	integer	1	該深度海流速度品質控制碼
***	integer	3	record number in this record type
'6'	character	1	此筆資料屬第六部份
rno	integer	3	logical record number

註：

第三部分的 dew-point temperature 與第四部分的 relative humidity of the air 依 WMO 編碼規定編在同一欄位上,若有資料,可能編成 dew-point temperature 或編成 relative humidity of the air; 若無資料,則此兩欄皆無資料.

品質指示碼：

0 == no check , 1 == correct , 3 == error , 9 == missing

附件三

新一代核子事故劑量評估系統
系統文件

改版歷程

版次	發行/修訂日期	發行/修訂說明	發行/修訂單位	發行/修訂人員
1.0	105 年 6 月 30 日	初版發行	中央氣象局	曾慧婷

目錄

一、前言	3
二、基本理論	11
2-1、CWB/MDDS 簡介：	11
2-2、大氣擴散模式原理(A2C t&d)	14
2-3、沉降理論	16
2-4、劑量評估原理	18
2-4.1 大氣擴散係數介紹	18
2-4.2 劑量評估	19
2-4.3 無掩蔽全身劑量率（地表輻射途徑）	20
2-4.4 無掩蔽甲狀腺劑量率（呼吸途徑）	24
三、核子事故劑量評估系統即時化	25
3-1 即時氣象應用資料庫之目的及架構說明	25
3-1.1 NCEP GFS 氣象資料整合過程	26
3-1.2 CWB GFS 氣象資料整合過程	26
3-1.3 CWB WRF 氣象資料整合過程	31
3-1.4 經由降尺度系統(MDDS)處理之氣象資料整合過程	40
3-2 即時劑量評估系統例行模擬	47
四、參考文獻	52

一、 前言

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。

本系統之目的主要因應 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。

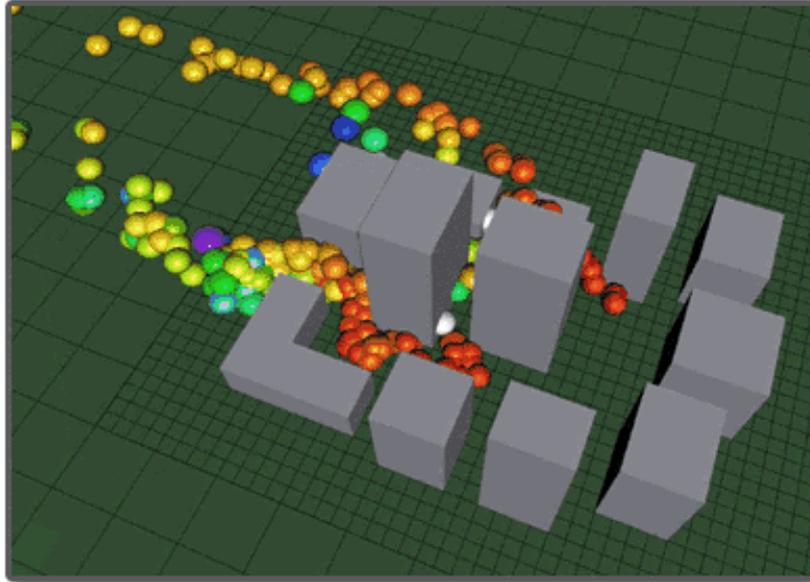
為改進現行境內核子事故劑量評估系統以天氣類型法的氣象資料庫造成的氣象預報的限制(無法滿足較大範圍及天氣變化較劇烈的情況)，利用科技部「國際核災輻射塵影響評估技術研究」計畫中，中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)下之 GSD (Global system division) 合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統(Mesoscale Dynamic Downscaling System, MDDS)，最佳化後應用於境內核子事故緊急應變劑量評估系統中。並開發氣象觀測資料同化分析技術，建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

新一代核子事故劑量評估系統之系統文件的內容大致分為兩部分，分別於第二章、第三章介紹說明，第二章將會介紹降尺度系統、大氣擴散、沉降與劑量評估理論與原理。第三章將會詳細介紹本系統是對於各個引入之氣象資料之整合過程，以及劑量評估系統每日例行作業。

A2C/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 4 天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。

現有的緊急應變劑量評估系統之核心架構由三個模式整合並開而成，分別為三維風場預報模式(A2C flow)、大氣擴散模式(A2C t&d)及輻射劑量評估模式(DOSE)三支模式整合而成的系統。以下逐一介紹。

三維風場預報模式 A2C flow 又名 HOTMAC(Higher Order Turbulence Model for Atmospheric Circulation)，由美國 YSA(Yamada Science and Art Corporation)公司團隊研發。是一套三維地形高階擾動閉合氣象模式。獨特的高解析度、三維中尺度氣象場預報模式，可針對複雜地形、沿海和都市區域建築物周圍的氣流進行預報，例如通道效應(wind tunnels)，並可預報複雜地形、沿海、都市區域建築物周圍的風場、紊流、濕度等氣象因子。



*Predicting airflow & dispersion of pollutants
around buildings*

圖 1.1：A2C flow 高解析度三維地形氣象模式模擬都市區域建築物示意圖。

A2C flow 需要提供隨時間改變的氣象初始條件和邊界條件資料，運行 HOTMAC 的最低需求為同一站的風能和溫度資料。HOTMAC 透過模式太陽輻射、地面熱平衡、動量守恆、質量守恆等方程式預報邊界層的風場和紊流分佈。模式優勢為：1. 適合大氣邊界層與海陸交界處模擬。2. 適合複雜地形之空氣污染傳與擴散模擬。3. 適合日夜溫差變化大之氣象條件。4. 適合中小尺度擴散模擬。對於台灣核電廠之地理環境而言，符合本模式使用的特性。

大氣擴散模式(A2C t&d)又名 RAPTAD(Random Puff Transport and Diffusion)，同為 YSA 團隊研發，為一套三維隨機煙陣擴散傳輸模式。可預報在複雜地形、沿海、都市區域建築物周圍的空氣汙染物質的擴散和傳輸。此系統的擴散程式碼使用隨時間、三維的風場和紊流分佈的中尺度氣象模式預報資料。因此模式預報

污染物濃度分佈時比起傳統模式的預報更為準確。一般而言，污染物濃度的空間分佈在複雜地形上會受到風場和紊流影響而不會呈現高斯分佈。

輻射劑量評估模式(DOSE)由核研所自行開發，是一套利用網路分散處理控制技術的輻射劑量評估程式 DOSE。

本 A2C/DOSE 系統針對防護行動準則所定義事故早期之時間（事故發生起前四天）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。

二、基本理論

本章將提及有關緊急應變劑量評估系統之基本理論，包括氣象預報模式原理(A2C flow)，大氣擴散模式原理，沉降理論、劑量評估、大氣擴散係數介紹無掩蔽全身劑量率及無掩蔽甲狀腺劑量率。

2-1、CWB/MDDS 簡介：

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信度。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

$$J = \iiint (\alpha_1 P_1^2 + \alpha_2 P_2^2 + \alpha_3 P_3^2 + \alpha_4 P_4^2 + \alpha_5 P_5^2 + \alpha_6 P_6^2 + \alpha_7 P_7^2) d\Omega \quad (2.1.1)$$

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。

$$\begin{aligned} 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) - f v \\ 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) + f u \\ 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} \quad (2.1.2)$$

其中 u 、 v 、 w 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：

$$\eta = \frac{z_t(z - z_g)}{z_t - z_g} \quad (2.1.3)$$

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

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

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

$$J_3 = \frac{\partial z}{\partial \eta} = \frac{z_t - z_g}{z_t} \quad (2.1.4)$$

連續變分法（或可稱為多網格法）是指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。

2-2、大氣擴散模式原理(A2C t&d)

在 A2C t&d 當中，水平方向以 UTM 座標系統(圖 2.1)，垂直方向則是追隨地勢的 sigma 座標。模式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，

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

其中 $a = \exp(-\Delta t/t_{Lx_i})$ ， $b = (1 - a^2)^{0.5}$ ， u_i 為亂流速度。上述中 ζ 是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 的拉式積分時間尺度(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} 是由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} 是高斯分布標準偏差。

若為二維的高斯濃度分布對格點的貢獻則為：

$$\chi(X, Y) = \frac{Q\Delta t}{(2\pi)^{2/2}} \sum_{k=1}^N \frac{1}{\sigma_{xk}\sigma_{yk}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x_k - X)^2}{\sigma_{xk}^2}\right] \times \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_k - Y)^2}{\sigma_{yk}^2}\right]$$

2-3、沉降理論

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，在 A2C t&d 模式中引入乾溼沉降的效應，進行對 A2C t&d 模式中沉降計算的設計。

乾沉降效應移除之質量計算當煙陣底的位置或粒子的中心位在地表層中，才進行計算。其地表層通常指的是氣象模式中第二層高度層內。當假設沉積層中污染物的垂直濃度分布為均勻的，則乾沉降的質量沉降可被計算

$$D_{dry} = V_d C$$

因為假設在垂直方向為 top-hat 分布，且污染層的深度為 ΔZ_p ，相等於 $\pm 1.54 \sigma_z$ 。在粒子的計算中，被定義為地面層的深度。沉降速度被轉換成時間常數形式：

$$\beta_{dry} = V_d // \Delta Z_p$$

其中，沉降速度在輸入或沉積速度計算時被直接指定。

濕沉降的計算可用含有雲過程的清除比來表示，此清除比指的就是污染物在水中濃度和污染物在空氣中濃度的比值，濕沉降速度的表示式如下：

$$V_{inc} = S P$$

其中，P 為降雨強度 (mm hr^{-1})。雲內沉降的時間常數為

$$\beta_{inc} = F_t F_b V_{inc} \Delta Z_p^{-1}$$

其中， $S=3.2 \times 10^5$ 為單位體積的平均清除比， ΔZ_p 為污染層的厚

度，將會有不同的清除比。雲下的沉降直接被定義成常數率與降雨率之間為獨立關係，雲下的沉降時間常數(s^{-1})為

$$\beta_{\text{bel}} = 5 \times 10^{-5} (1.0 - F_b)$$

空氣的濕沉降取決於其溶解度而較不活躍的氣體可視其 Henry's Law constant (Molar atm^{-1}) 方程式而定，其為水中和空氣中污染物平衡濃度的比值。氣體的濕沉降速率可表示成

$$V_{\text{gas}} = H R T P$$

其中，R 是一般氣體常數($0.082 \text{ atm M}^{-1} \text{ K}^{-1}$)，T 為溫度，因此氣體的濕沉降時間常數為

$$\beta_{\text{gas}} = F_t V_{\text{gas}} \Delta Z_p^{-1}.$$

從地面到雲層中的所有層，氣體的濕沉降皆適用。

2-4、劑量評估原理

2-4.1 大氣擴散係數介紹

大氣擴散係數是 A2C t&d 程式運跑後所產生最重要的結果，它代表擴散核種在某處某時之濃度比，一般學理上都以 χ/Q 表示，在 DOSE 中則用 rCon 名稱代表。

經由 A2C t&d 程式所計算得來的大氣擴散係數是一個五因次陣列(Five-dimension Array) $rCon(p, n, i, j, t)$ 【單位:sec/m³】，這五個註標代表意義分述如下：

p：代表第 p 個雲團

n：代表採取網格 (grid) 大小的方式，與下面 i, j 註標有關
i, j：代表地面接受點位置的橫、縱向網格點 (mesh point) t：代表時間點，因評估計算 96 小時劑量，且每十分鐘設為一個時間點，因此 t=1 至 96 小時，至於何時定義 96 小時開始時間即 t=0，DOSE 則以第一個雲團開始釋放時間點為準。

縱觀上述所言，大氣擴散係數 $rCon(p, n, i, j, t)$ 代表在時間 t 時，(i, j) 地面接受點由第 p 雲團單位活度 (per Bq) 擴散所造成濃度比，利用 $rCon(p, n, i, j, t)$ 配合核種活度、劑量轉換因子，可求得所需由該核種造成劑量值；再累計該雲團各個核種造成劑量，可得該雲團造成劑量；再累計各雲團造成劑量，可得最後評估計算結果。

2-4.2 劑量評估

本小節主要介紹模式計算合併呼吸與空氣浸身兩途徑所造成四天內無掩蔽之每小時全身劑量率。

已知該小時內由呼吸途徑所造成全身有效等效劑量是：

$$\begin{aligned} Whole(inh) &= Q \times rCon \times Br \times DCF(inh) \\ &\quad \times \exp[-\lambda t_a] \times \int_0^{t_e} \exp(-\lambda \tau) d\tau \quad (3.1) \\ &= Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(inh) \\ &\quad \times \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \end{aligned}$$

Q : 核種排放率 (Bq/sec) = 核種總活度(Bq) ÷ 該雲團排放時間總長度 (sec)

$rCon$: 大氣擴散係數 (sec/m³); 即 A2C t&d 計算結果

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 (min⁻¹)

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 : 1 小時

則該小時全身有效劑量率 $rWhole = (3.1)式 \div t_e$ (mSv/hr)

$$rWhole(sub) = Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(inh) \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \quad (3.2)$$

同理該小時由空氣浸身途徑所造成即時劑量率：

$$rWhole(sub) = Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(sub) \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \div t_e \quad (3.3)$$

$DCF(sub)$: 空氣浸身途徑全身有效等效劑量轉換因子 (mSv · m³/Bq · hr)。

其他參數意義同上。

DOSE 程式則將公式 (3.2) 與 (3.3) 合併計算成一個公式如

$$rWhole(inhsub) = Q \cdot rCon [Br \cdot DCF(inh) + DCF(sub)] \cdot \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \div t_e \quad (3.4)$$

2-4.3 無掩蔽全身劑量率 (地表輻射途徑)

本小節介紹模式計算地表輻射途徑所造成四天內無掩蔽之全身劑量率，其可分為兩部份 (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 $t1 > t$, $t1 = t+1 \sim 96$; 且此計算與第 $t1$ 段時間有否雲團通過無關)。

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

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 (假設為 0.3 m/min) 則地表輻射沉積量 $F(\tau)$ 【Bq/m²】 隨時間變化可以用下式表示：

$$\frac{dF(\tau)}{d\tau} = V_g X_0 \exp[-\lambda\tau] - \lambda F(\tau) \quad (3.5)$$

左右兩邊各乘上 $\exp(-\lambda\tau)$ ，積分可得

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

$$F(\tau) = V_g X_0 \tau \exp(-\lambda\tau) \quad (3.6)$$

已知該小時由地表輻射途徑所造成全身有效等效劑量是：

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

$$\begin{aligned}
&= Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \times V_g \\
&\quad \times \frac{1}{\lambda^2} [1 - (1 + \lambda t_e) \exp(-\lambda t_e)] \times DCF(gnd)
\end{aligned} \tag{3.7}$$

$DCF(gnd)$: 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 $rWhole = (3.7) \text{式} \div t_e$ (mSv/hr)

$$\begin{aligned}
Whole(gnd, t) &= Q \times rCon \times \exp(-\lambda t_a) \times V_g \\
&\quad \times \frac{1}{\lambda^2} [1 - (1 + \lambda t_e) \exp(-\lambda t_e)] \times DCF(gnd) \div t_e
\end{aligned} \tag{3.8}$$

(2) $rWhole(gnd, t_1)$:

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

$$F(\tau) = V_g X_0 \tau \exp(-\lambda \tau) \tag{3.6}$$

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

$$F(\tau) = V_g X_0 t_e \exp(-\lambda(t_1 - 1 - t)t_e) \exp(-\lambda\tau) \quad (3.9)$$

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：

$$\begin{aligned} Whole(gnd, t_1) &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} F(\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \times \int_0^{t_e} V_g \cdot X_0 \cdot t_e \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \exp(-\lambda\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \cdot V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \\ &\quad \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \cdot \int_0^{t_e} \exp(-\lambda\tau) d\tau \\ &= DCF(gnd) \cdot V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \\ &\quad \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \\ &= V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \\ &\quad \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \cdot DCF(gnd) \end{aligned} \quad (3.10)$$

則該小時全身有效劑量率 $rWhole = (3.10) \text{式} \div t_e \quad (mSv/hr)$

$$\begin{aligned} Whole(gnd, t_1) &= V_g \cdot Q \cdot rCon \cdot \exp(-\lambda t_a) \cdot t_e \cdot \exp(-\lambda(t_1 - t)t_e) \\ &\quad \cdot \frac{1}{\lambda^2} [1 - \exp(-\lambda t_e)] \cdot DCF(gnd) \div t_e \end{aligned} \quad (3.11)$$

2-4.4 無掩蔽甲狀腺劑量率（呼吸途徑）

本節模式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。同理已知該小時由呼吸途徑所造成甲狀腺全身有效等效劑量是（類似 3.1 節公式）：

$$\begin{aligned} Thy &= Q \times rCon \times Br \times DCF(thy) \times \exp[-\lambda t_a] \\ &\quad \times \int_0^{t_e} \exp(-\lambda \tau) d\tau \\ &= Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(thy) \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \end{aligned} \quad (3.12)$$

$DCF(thy)$ ：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 $Thy = \text{公式}(3.12) \div t_e$ (mSv/hr)

$$Thy = Q \cdot rCon \cdot Br \cdot DCF(thy) \frac{\exp[-\lambda t_a][1 - \exp(-\lambda t_e)]}{\lambda} \div t_e \quad (3.13)$$

三、核子事故劑量評估系統即時化

3-1 即時氣象應用資料庫之目的及架構說明

有別於過去境內核災的劑量評估系統，使用的是由 A2C flow 透過統計的方式所建立的資料庫，並藉由 CWB_GFS 在各個核電廠的八天預報資訊，所產生的 A2C 擴散模式的氣象場資料，即時氣象應用資料庫，則是將各個不同氣象模式的資料，包含全球模式預報資料，分別有 NCEP GFS 及 CWB GFS，區域模式則有 CWB WRF 三種解析度，45km、15km、5km 的預報資料，再加上經過 MDDS 處理的高解析度資料，每日固定時間進行整合處理過程，使得當國內核電廠事故發生時，大氣擴散模式可以馬上有預報資料進行模擬，爭取在最短的時間內，能夠掌控更好的即時資訊。並且，由於氣象場資料包含的範圍變廣，大氣擴散模式進行不斷的升級後，若境外發生核安事故，也可透過此應用資料庫所提供的資料進行模擬，了解其對台灣的影響程度。

目前，此即時氣象應用資料庫的整合過程，如圖 3.1 所示，資料的取得主要都來自於氣象局資訊中心之工作站，再傳遞至本計畫所使用之機器當中，進行整合及處理的過程。由於各種模式都有其資料儲存格式以及模式座標，因此對於各個模式都有一些不同的處理過程，相同的是都會在氣象資料中加入 USGS 高解析度的地表利用資料，計算亂流場，最後寫成 A2C 大氣擴散模式所使用的格式，並利用氣象模式名稱，預報時間及初始分析場時間進行整合後的資料命名，資料都儲存在 data pool(P6350_C/A2C_inpt)當中。



圖 3.1 氣象模式資料整合流程。

3-1.1 NCEP GFS 氣象資料整合過程

NCEP GFS 預報資料是以 grib2 格式儲存，在此參考由美國奧克拉荷馬大學所開發的 ARPS(Advanced Regional Prediction System)模式，編寫了 read_gfs_data.f90 之程式，進行讀取 grib2 格式資料，且編譯時須連結 ARPS 模式中的 grib_mod.mod 模組，以及 jasper 和 png 的 lib。

所需的氣象場資料包含，重力位高度、風場(u、v、w)、溫度、相對溼度、短波輻射、氣壓，並推導出空氣密度和位溫。接著讀取 USGS 30s 的地表利用資料，以及簡單計算亂流動能(TKE)之後，再計算出擴散模式所需之 u、v、w 方向之標準差。最後依序寫成 A2Ct&d 模式所需之氣象場格式輸出，儲存的位置在 P6350_C/A2C_input/NCEP_ GFS，裏頭再依照日期時間開啟資料夾分別存放。

3-1.2 CWB GFS 氣象資料整合過程

CWB-GFS(Central Weather Bureau Global forecast System) 中央氣象局之全球預報系統。CWB-GFS 是氣象局集合美國學術界和作業單位人力所發展之全球數值模式，CWB-GFS 為雙精準度資料，其資料排列在經度上是均勻的，在緯度上則是高斯分布，垂直分層為 40 層，採用 sigma coordinate (地勢追隨座標)，示意圖如圖 3.1.2.1，解析度約為 0.375 度。

CWB-GFS 模式的預報作業每日執行四次，分別為每日的 00、06、12、18UTC。每次作業均預報 384 小時，每 6 小時輸出一筆資料。現今即時氣象應用資料庫 CWB-GFS 部分處理方式步驟如下：

1. 先將局本部 CWB_GFS 預報模式資料利用 DMS_KEY 解碼後，挑選出所需氣象場變數(參照表 3.1.2.1)，再由安內系統(192.168.2.91)將

資料傳輸至安外系統硬碟中做存放(61.53.13.82 /P6350_B/)。

2. 將原始氣象場利用公式額外計算出 A2C t&d 大氣模式所需變數資料(如:垂直速度、位溫、密度...等),並引入 USGS 30Sec landuse data。

3. 由於 CWB_GFS 原始資料在緯度上呈現高斯分布,因此將所有變數重新內插處理成等緯度資料並且降低解析度為 0.5 度後再寫出,以利後端 A2C t&d 讀取,資料如圖 3.1.2.2 所示。另外,為節省機器記憶體空間及運算時間,資料只擷取近地表 18 層資料,在預報時間的部分採用 00 報至 192 報。

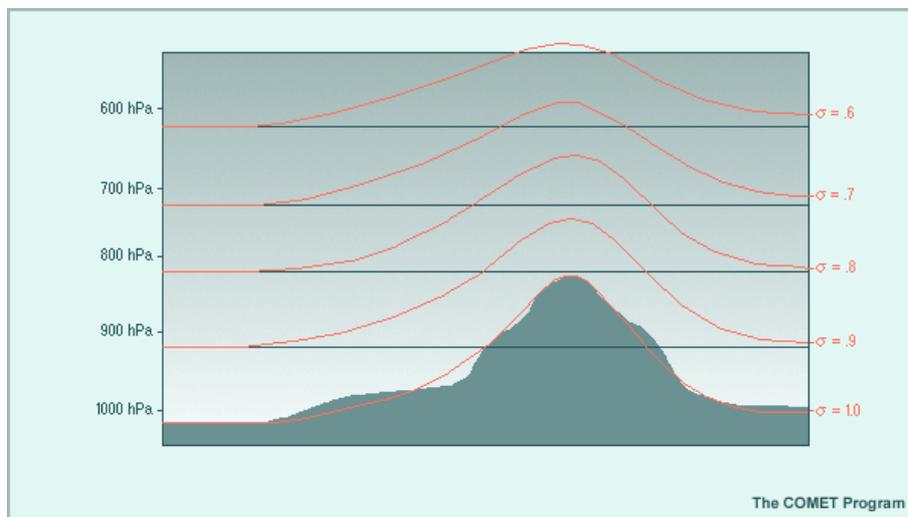


圖 3.1.2.1 Sigma 座標示意圖, Sigma(σ)定義為: $\sigma = \frac{p - p_t}{p_s - p_t}$

p_t , p 代表氣壓, p_s 和 p_t 則分別是地表及模式頂氣壓。

表 3.1.2.1 現行抓取 CWB GFS 變數之 DMS_KEY 說明。

變數	key 碼	變數	key 碼
geopotential height (m)	Mxx000	Sp(specific humidity (kg/kg))	Mxx500
T (K)	Mxx100		
U (m/s)	Mxx200	V (m/s)	Mxx210
p (Terrain pressure (hPa))	B00010	Qm(Cloud liquid water mixing ratio, (kg/kg))	Mxx 550
topography (m)	S00060	Sfc_pressure(hPa)	SSL010

DMS key 是通行於中央氣象局及上下游系統之間，用於辨識及分類網格點資料之共同識別格式。格式現行由 34 個字元所組成：

其中，CWB_GFS 資料編碼舉例如下：

(Ex: YYYYMMDD0000FFFF MXXVVVGGMGH0460800)

1. (13-16) FFFF:代表模式預報數 (FFFF=0000-0384)
2. (17-20) Mxx:代表模式高度層，xx=01-40，由高層到底層。
3. (21-24) VVV 代表變數

VVV=000: geopotential height

VVV=100: temperature 以此類推

4. (25-28) GGMG

第一碼表示模式系統：Global model

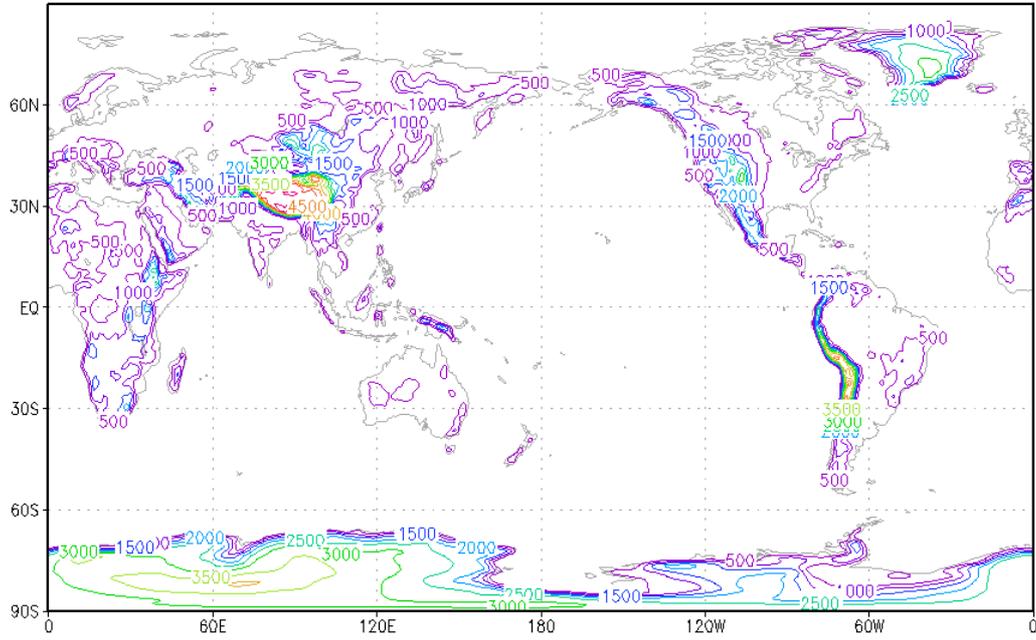
第二碼表示模式版本：英文字母愈後面，版本愈新

第三碼表示資料特性：為 Sigma level 資料屬性

第四碼表示水平格點特性：水平 Gaussian 格點

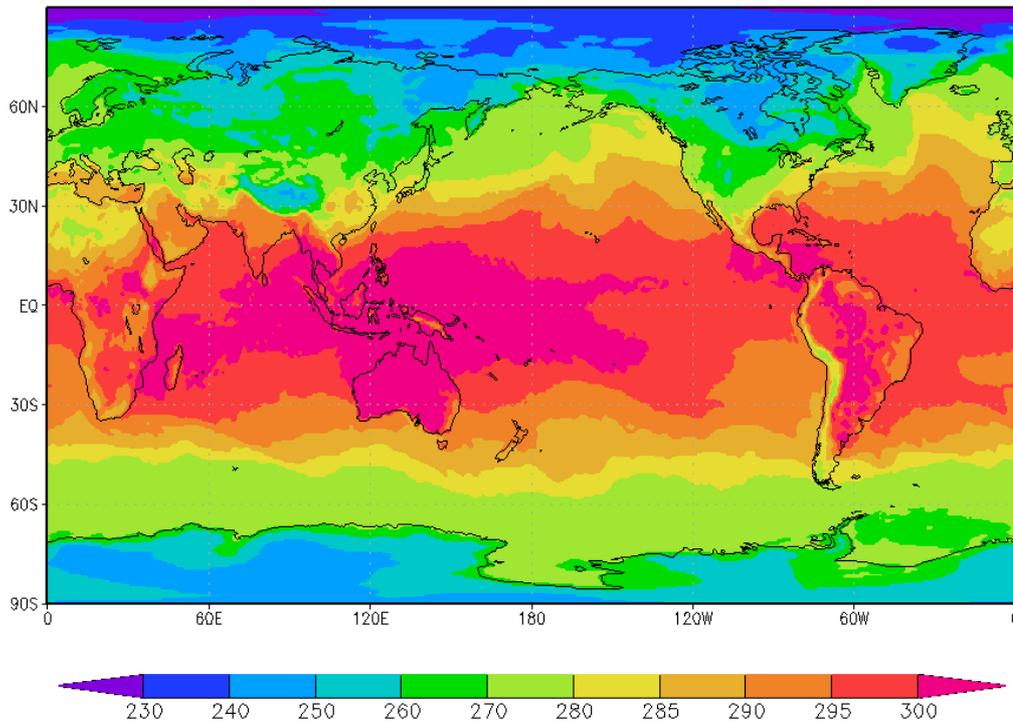
(a)

geopotential height on 28th Dec.2014 (unit:m)



(b)

temperature on 28th Dec.2014 (unit:K)



(c)

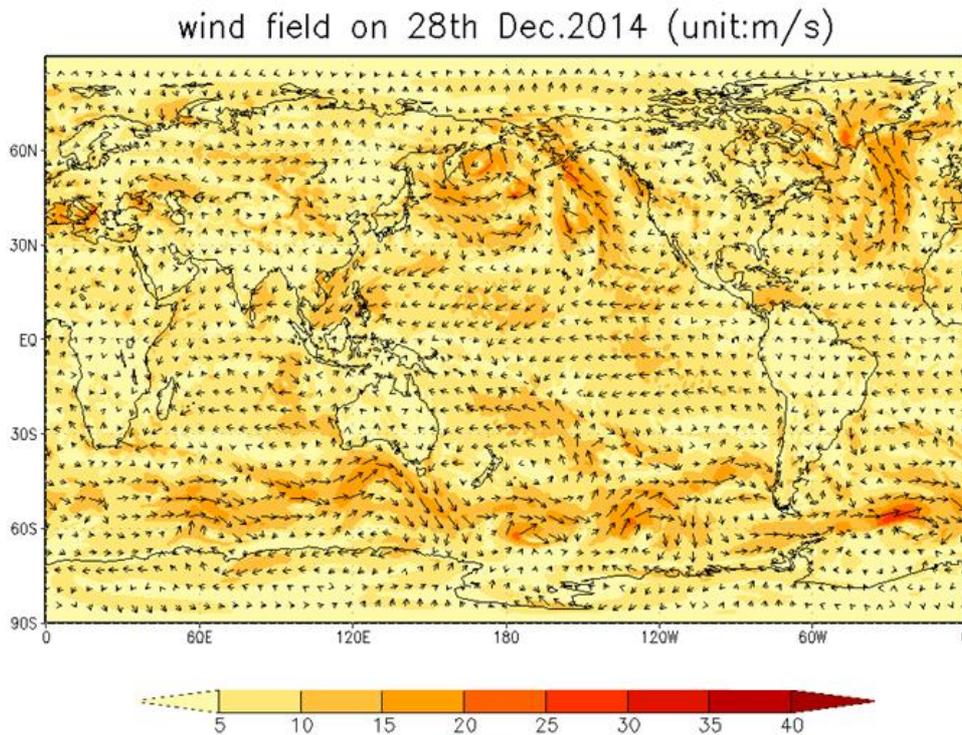


圖 3.1.2.2 時間皆為 20141228 00UTC CWB_GFS 分析場。(a)重力位高度，(b)溫度，(c)風場圖中的顏色代表風速，箭頭代表風速，單位為 ms^{-1} 。

3-1.3 CWB WRF 氣象資料整合過程

CWB-WRF(Central Weather Bureau (WRF) Weather Research and Forecasting Model)；中央氣象局，區域預報系統。WRF 是美國近年來集合美國學術界和作業單位人力所發展之中尺度數值模式。CWB WRF 數值模式，現行作業版本為 WPS V3.1、WRF V3.1 和 WRF VAR3.1 等，其中包括前置處理、客觀分析、模式預報的資料同化和後處理輸出產品等。CWB WRF 為三層巢狀網格，解析度分別為 45/15/5 公里(如

圖 3.1.3.1)，垂直分層為 45 層，模式網格設定資訊參考(如表 3.1.3.1)。其由增加垂直解析度與擴增模式範圍改進在台灣地區的預報能力。目前 CWB WRF 共有 3 個系集成員，代號為 M00、M01、M02，其中 M00 即為 WRF_D，M01 即為 Typhoon WRF，三個模式均使用相同的颱風 bogus 和 relocation 方法(表 3.1.3.2)，現行建立於即時氣象應用資料以抓取 M00 資料為主軸。CWB-WRF 模式的預報作業同樣每日持行四次，分別為每日的 00UTC、06UTC、12UTC、18UTC。每次作業均預報 84 小時，每小時輸出一筆資料。

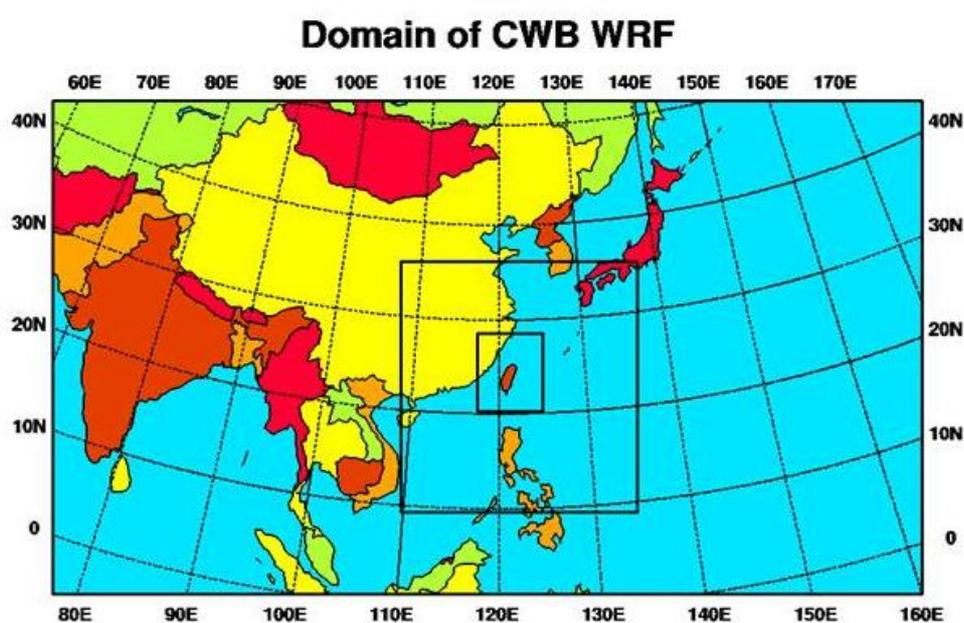


圖 3.1.3.1: CWB WRF 網格設計，積分範圍。

表 3.1.3.1 CWB_WRF 模式網格設定資訊。

	Domain 1	Domain 2	Domain 3
巢狀網格設定			
投影法	Lambert		
網格解析度(km)	45 km	15 km	5 km
X方向格點數	222	184	151
Y方向格點數	128	196	181
垂直層數	45層		
參考經度	120°	120°	120°
參考緯度	10°、40°	10°、40°	10°、40°
中心經度	118.59	122.27	121.07
中心緯度	27.07	22.87	24.28
模式頂高度(Pa)	3000 Pa		
積分時間間隔	180 s	90 s	30 s
DMS 輸出X方向格點數	221	181	148
DMS輸出Y方向格點數	127	193	178
DMS輸出左下端點座標	-5.347277°N 77.91266°E	9.278562°N 109.7712°E	20.07030°N 117.3342°E
DMS輸出右上端點座標	-5.347277°N 77.91266°E	35.26799°N 137.7381°E	28.24893 °N 124.9106°E

表 3.1.3.2 CWB WRF 3 個系集成員資料同化系統組態設計差異。

模式名稱	WRF M00 (WRF_D)	WRF M01 (Typhoon-WRF)	WRF M02
模式邊界條件	NCEP GFS預報場	NCEP GFS預報場	CWB GFS預報場
資料同化策略	Full cycle*1	Partial cycle*2	Full cycle
客觀分析 背景誤差協方差	CV3 (來自NCEP GFS)	CV5 (來自WRF)	CV3 (來自NCEP GFS)
3DVAR中使用 outer loop	否	2次	否
積雲參數法 (45/15公里解析度)	Grell Devenui	Kain-Fritch	Grell Devenui

現今即時氣象應用資料庫 Cwb_WRF 部分處理方式簡單分 4 個步驟
(註:三個網格分開個別執行):

Step 1:

先將局本部安內 CWB_WRF_M00 預報模式資料利用 DMS_KEY 解碼後,挑選出所需氣象場變數(參照表 3.1.3.3),再由局本部安內系統(192.168.2.91)將資料傳輸至安外系統硬碟中(data pool 之 /P6350_B/)。

Step 2:

將原始氣象場利用公式額外計算出 A2C t&d 大氣模式所需變數資料(如:potential temp、air density、sigma_u(vw)),並引入 USGS30Sec landuse data。

Step 3:

由於 CWB_WRF 原始資料為等間距資料格式,因此將所有變數重新內插處理成等經緯度資料格式後,再寫出以利後端 A2C t&d 所讀取(圖 3.1.3.2 為 CWB WRF 2014110100 UTC 預報結果)。

Step 4:

現行氣象模式資料整合平台中,已將 CWB_WRF 自動作業化成 A2C 模式可運行資料(每日共有四個時段資料輸出(00 06 12 18 UTC),每個時段共有 84 筆預報資料,時間間距為 1hr),將處理完成資料存放於 P6350_C/A2C_input/中,並依照解析度不同各有 WRF_05KM、WRF_15KM、WRF_45KM,裏頭再各自依照日期時間之資料夾儲存整合過之資料。

表 3.1.3.3 現行所抓取 CWB WRF 變數 DMS_KEY 簡單說明。

變數	key 碼	變數	key 碼
Lon	X00LON	Sp(special humidity)	xxx500
Lat	X00LAT	RH (%)	xxx510
U (m/s)	xxx200	RH_SFC(%)	B02510
V (m/s)	xxx210	geopotential height (m)	xxx000
W (m/s)	xxx250	T (K)	xxx100
p <Terrain surface pressure(hPa)>	B00010	T_SFC(K)	B02100
topography (m)	S00060	Sfc_pressure(hPa)	SSL010
U_10m	B10200	V_10m	B10210
Qm=	xxx550	Qc=	xxx551
Qi=	xxx552	Qr=	xxx553
Qs=	xxx554	Qq=	xxx555

$W_v =$	xxx556		
---------	--------	--	--

xxx 代表標準(P)層或(近)地面層，

ex: xxx=500，為 500 百帕的變數、xxx=H00 代表 1000hPa。

xxx=B00 代表 surface、xxx=B10 代表 10m 高度、xxx=B02 代表 2m 高度

$Q_m =$ Cloud liquid water mixing ratio(q_m , kg/kg)

$Q_c =$ Cloud water mixing ratio(q_c , kg/kg)

$Q_i =$ Cloud ice mixing ratio(q_i , kg/kg)

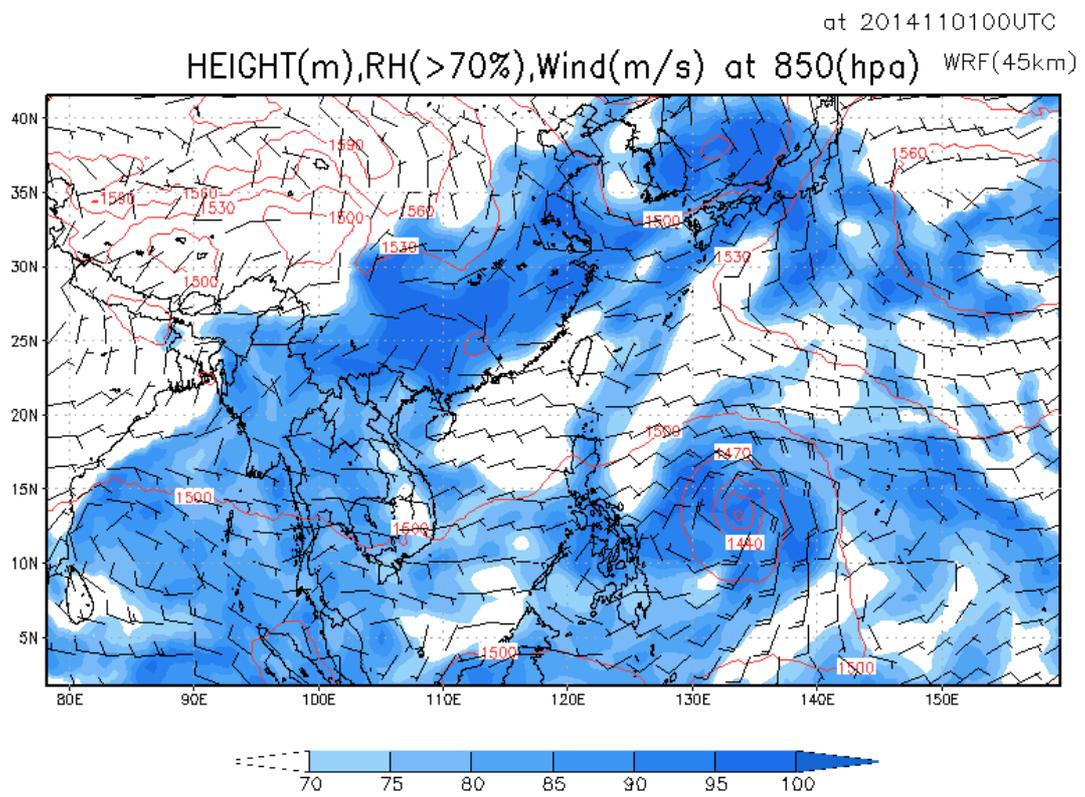
$Q_r =$ Rain mixing ratio(q_r , kg/kg)

$Q_s =$ Snow mixing ratio(q_s , kg/kg)

$Q_g =$ Groupel mixing ratio(q_g , kg/kg)

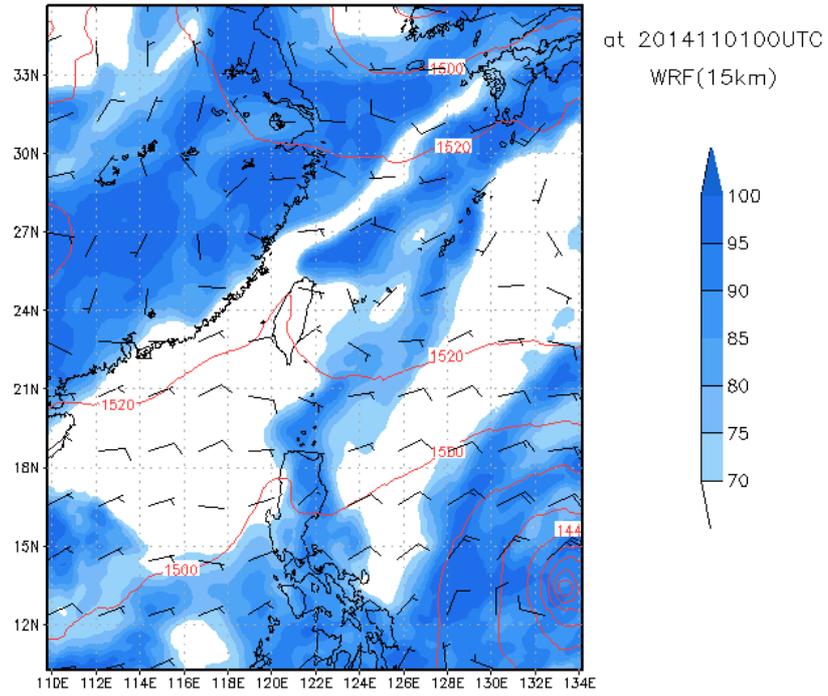
$W_v =$ Water vapor mixing ratio (kg/kg)

(a)



(b)

HEIGHT(m),RH(>70%),Wind(m/s) at 850(hpa)



(c)

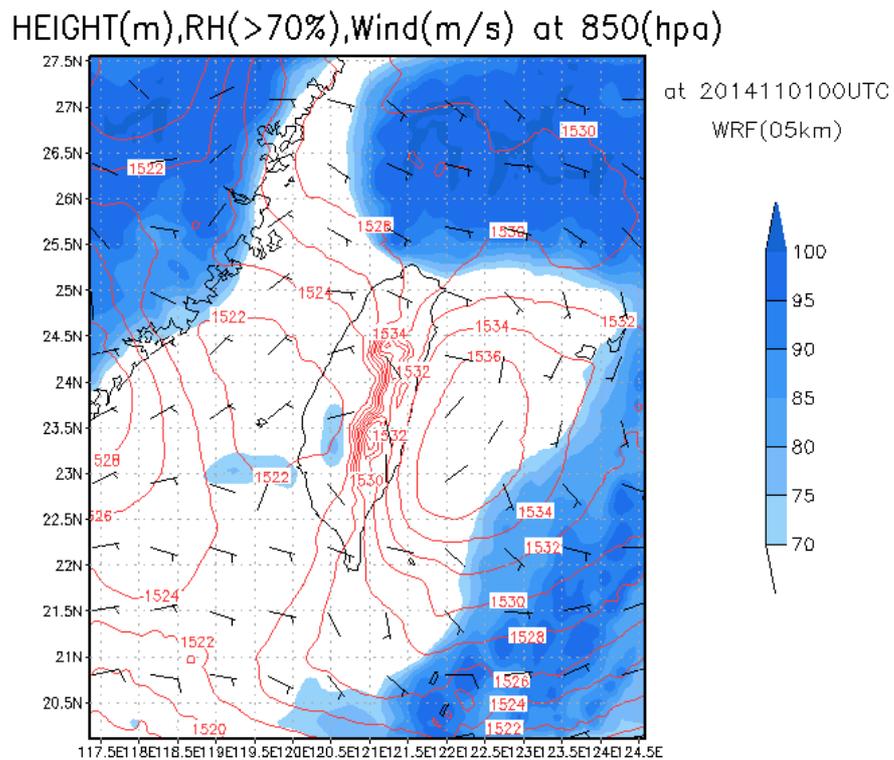


圖 3.1.3.2:時間皆為 同時段 20141101 00:00UTC CWB_WRF 分析場
(圖 a)為 45km(b)為 15km (c)為 5km 網格解析度結果。圖中紅色等值
線為 850hpa 重力位高度，藍色色階為 850hpa 相對濕度>70%，風標為
850hpa 水平風場(m/s)。

3-1.4 經由降尺度系統(MDDS)處理之氣象資料整合過程

由 MDDS 處理過的氣象模式資料輸出資料包含了基本的氣象場之外，是等距離的資料，而大氣擴散模式(A2Ct&d)所使用的是等經緯度資料，在此會先進行氣象場資料的內插過程，以圖 5.5.1 配合說明之。內插首先以中心點的經緯度差當作新的等經度(圖 5.5.1 中黃色線段)

和等緯度(圖 3.1.4.1 中紫色線段),如此一來其等經度並不等於等緯度的大小,接著重新定義出每個格點之經緯度,而其經緯度範圍受到藍伯特投影座標的影響,其網格範圍會較原本的範圍較小,如圖 3.4.1.1 中的紅色虛線框框,再以每個格點的新經緯度為中心,去尋找最近四點進行簡單的距離內插,得到新的等經度等緯度內插的氣象場資料。圖 3.1.4.2 和 3.1.4.3 分別為 2011 年 3 月 11 日 18Z 和 2011 年 3 月 12 日 06Z 之內插結果,分別是使用 MDDS 處理 NCEP GFS 資料,解析度為 3 公里,格點數為 513*513,圖 3.1.4.2(a)和圖 3.1.4.3(a)為原網格擷取中心之 297*297 個網格,圖 3.1.4.2(b)和圖 3.1.4.3(b)則為等經度等緯度,相同為 297*297 個網格,結果顯示,此內插方法之結果與原氣象場差異不大,為可信任之結果。利用內插之後的氣象場資料,相同進行計算擴散模式所需之 u、v、w 方向之標準差,以及讀取 USGS 30s 之高解析度資料。最後依序寫成 A2Ct&d 模式所需之氣象場格式輸出。

每日降尺度系統(MDDS)會將 NCEP GFS 0.5 度的預報資料(包含分析場及每六小時之預報至 192 小時),以東經 120.4536,北緯 24.1624 為中心,降尺度到 2 公里,格點數為 257*257 格,每天四個時間,將資料處理儲存在 data pool(P6350_C)中,路徑為 /P6350_C/mdds/routine/ tw/當中,再依日期時間之資料夾儲存,當 MDDS 將資料處理完成,氣象整合的部分也會立刻啟動,將資料製作成 A2Ct&d 所需的格式儲存,儲存路徑: /P6350_C/A2C_input/MDDS_NCEP_TW/,裏頭再開啟日期時間之資料夾分別存放。

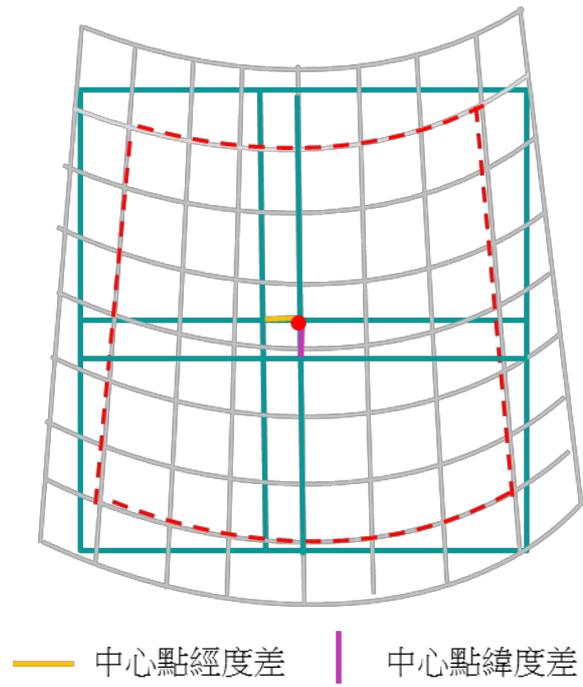
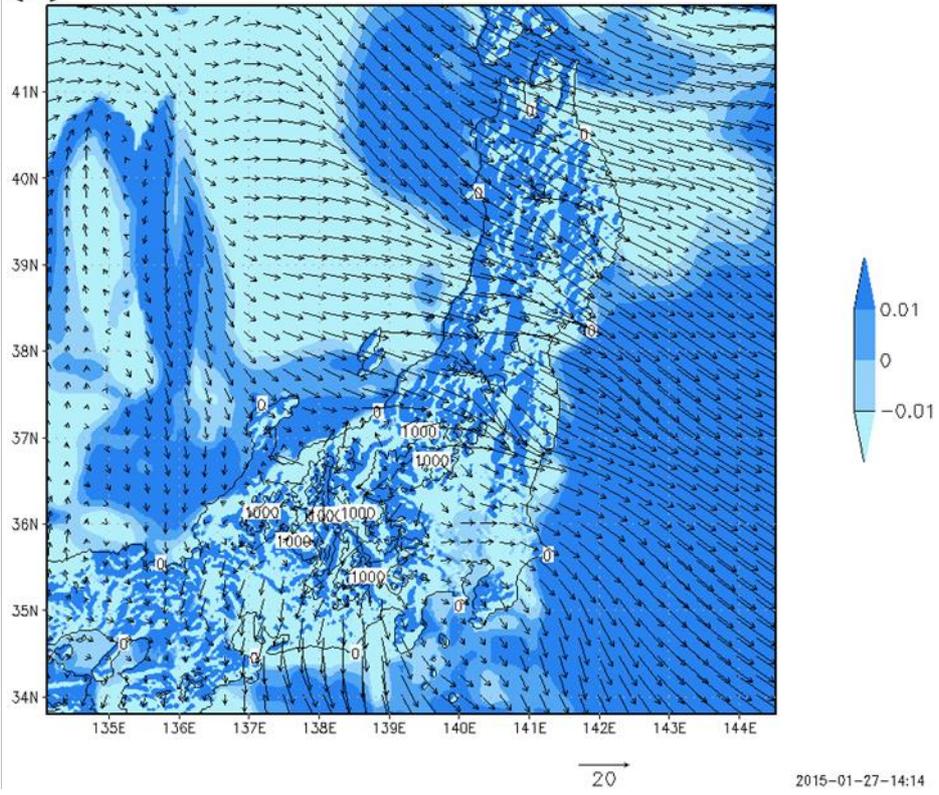


圖 3.1.4.1 等距離網格處理成等經度等緯度網格過程之示意圖，綠色框框及線段為原網格範圍，紅色虛線框線為處理後網格範圍。

(a) ORI wind(u,v,w)



(b) INT wind(u,v,w)

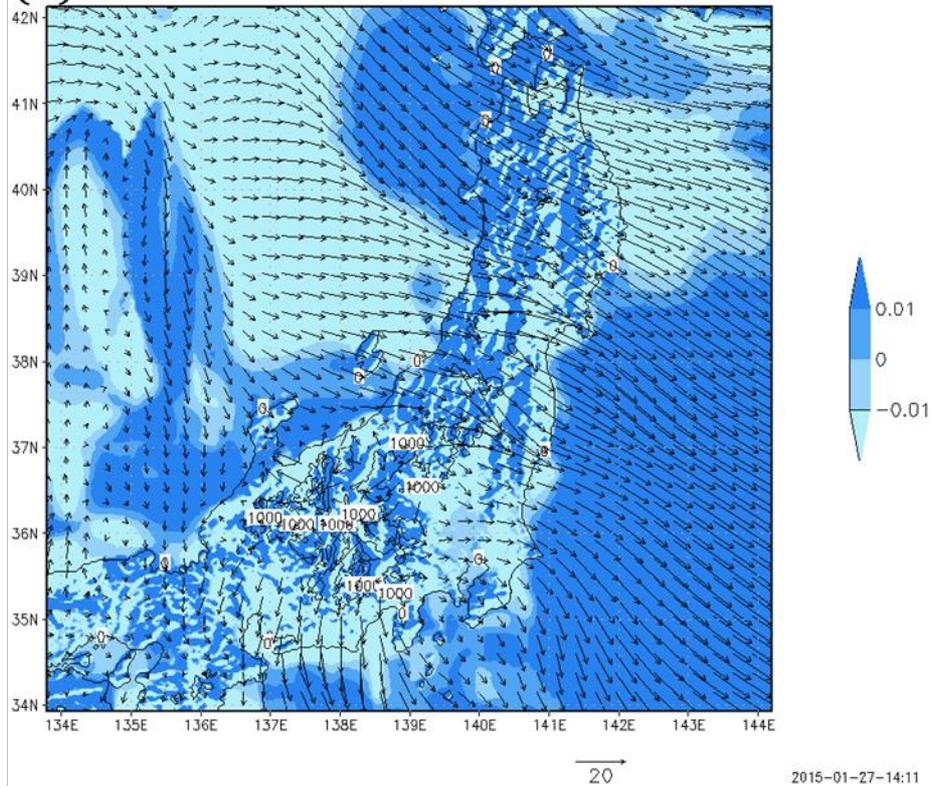
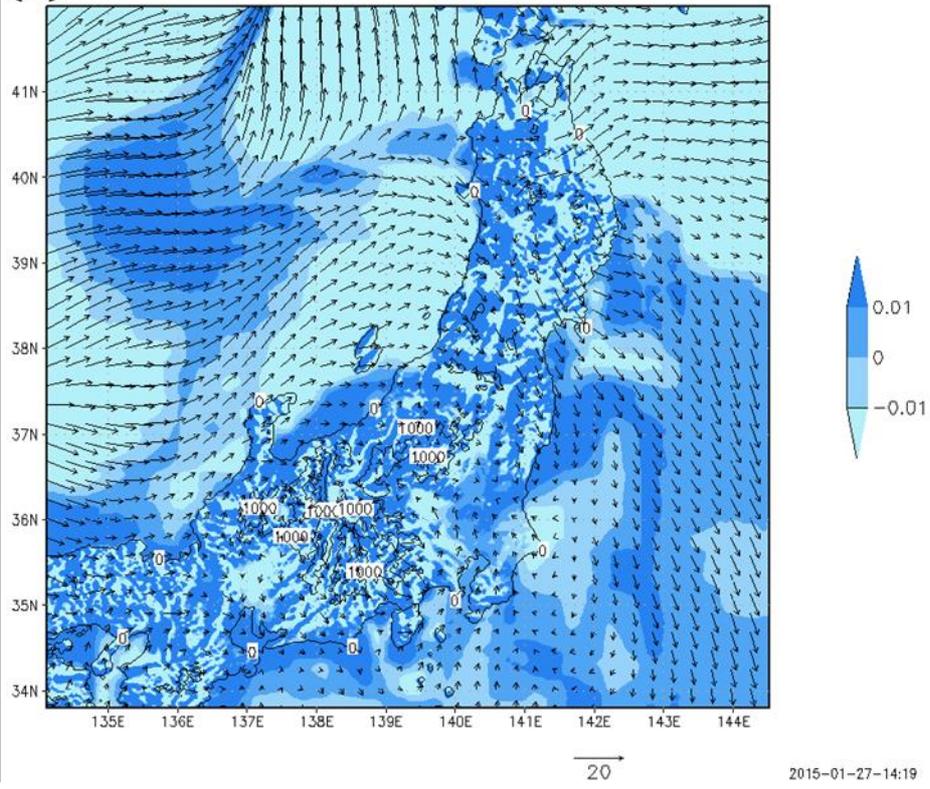


圖 3.1.4.2 經 MDDS 降尺度之 NCEP GFS 2011/03/11 18 分析場資料，
(a)為等距離之風場資訊，陰影為垂直速度，(b)則是經過內插後之等
經度等緯度結果。

(a)

ORI wind(u,v,w)



(b)

INT wind(u,v,w)

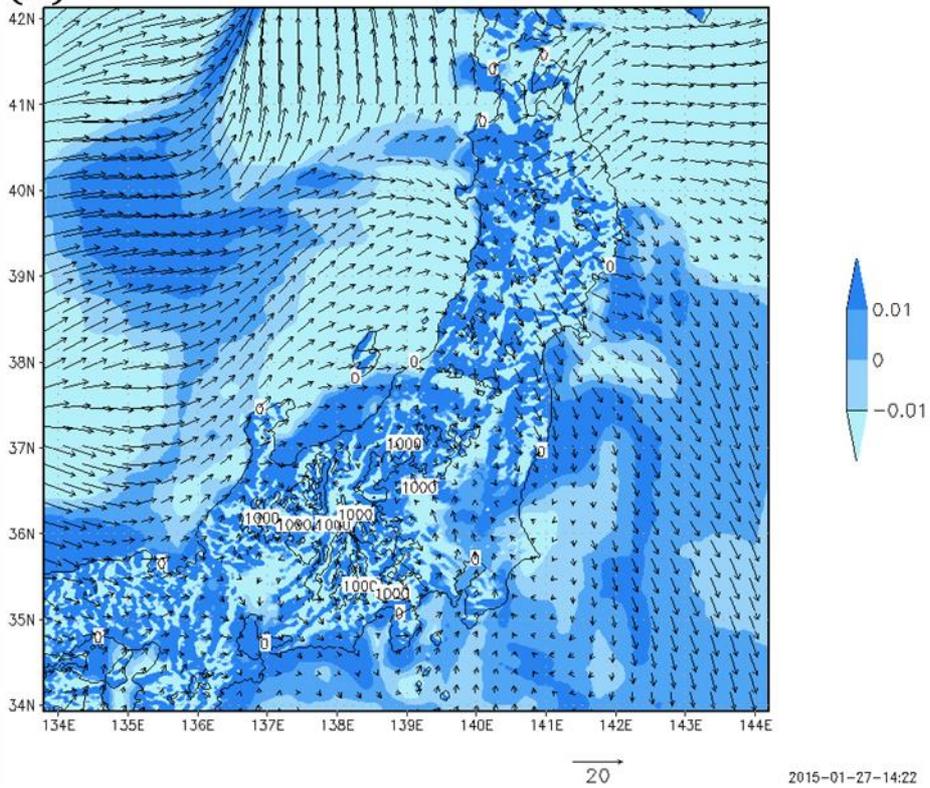


圖 3.1.4.3 經 MDDS 降尺度之 NCEP GFS 2011/03/12 06 分析場資料，
(a)為等距離之風場資訊，陰影為垂直速度，(b)則是經過內插後之等
經度等緯度結果。

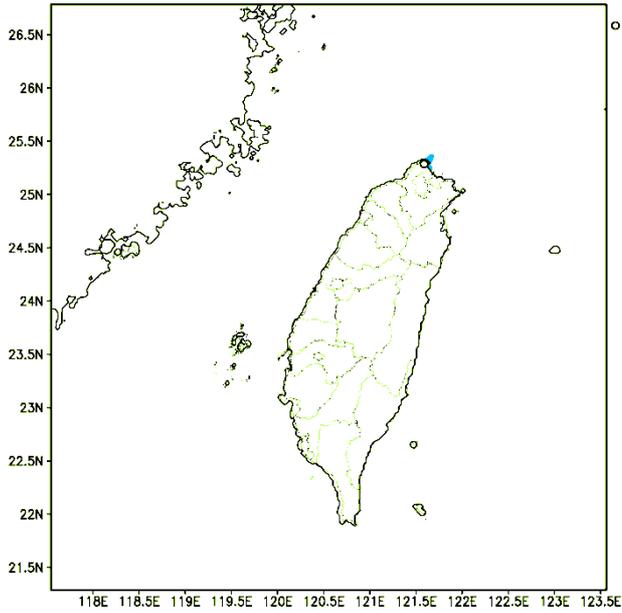
3-2 即時劑量評估系統例行模擬

利用即時應用氣象資料庫當中 NCEP 整合好的資料和降尺度系統對台灣地區，包含台灣本島、澎湖、金門、馬祖等地之範圍進行降尺度至 2.5 公里的預報資料，進行劑量評估系統每日的例行模擬，每日使用 00UTC 這個時間的資料進行 8 天的劑量預報模擬，主要利用劑量評估系統中的 A2Ct&d 模式進行大氣擴散之濃度和劑量的變化。

每日的例行模擬設計，主要以預報相當於福島事件等級的核子事故，Cs-137 的釋放率為 1×10^{10} Bq/s，I-131 為其 10 倍，故釋放率為 1×10^{11} Bq/s，則總釋放量大約會是福島事件的 1.5 倍。模擬時採煙陣連續釋放 8 天的形式，每小時有 6 顆煙陣的釋放，亦就是每 10 分鐘釋放一顆相同濃度的煙陣。核一、二、三廠分別進行 Cs-137 和 I-131 的模擬，另外也進行大陸地區距離台灣最近的福清電廠的模擬，福清電廠的模擬只進行 Cs-137 的部分，因此，每日的例行模擬中，總共有 7 組模擬同時進行，各個模擬使用的氣象場資料都相同，最外層範圍為全球，裡面一層為包含台灣地區大約 632.5×632.5 公里的範圍。兩者資料皆為每六小時一筆的預報資料。

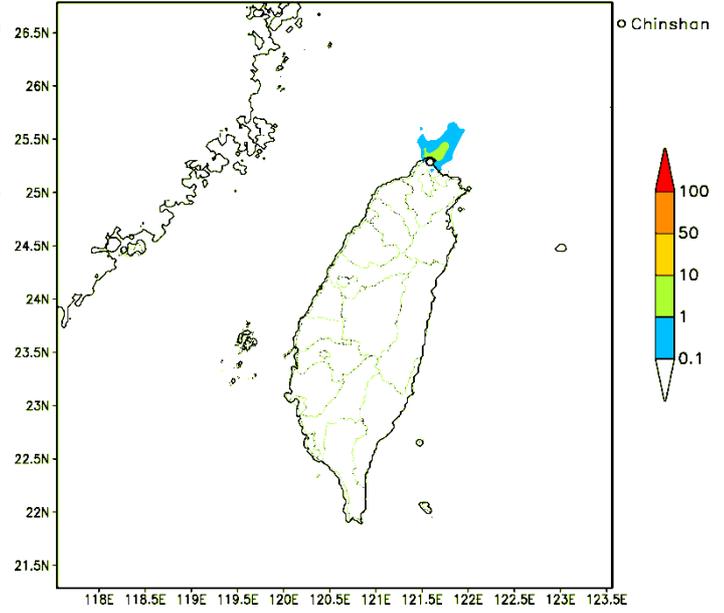
每次的模擬，A2Ct&d 模式會輸出四個變數資料，分別為地表沉降 (Bq/m^2)、空氣浸身即時劑量率 (mSv/hr)、地表輻射劑量率 (mSv/hr)、甲狀腺等價劑量率 (mSv/hr)。模擬資料產出之後除了會繪製每小時累積的沉降量和每小時的即時劑量率外，亦會輸出 7 天的累積劑量及 2 天的甲狀腺等價劑量分布，以利決策施行。圖 3.2.1~圖 3.2.7 即為 2016 年 6 月 16 日各組模擬的累積劑量結果。

Cs-137 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 0.6 (mSv)

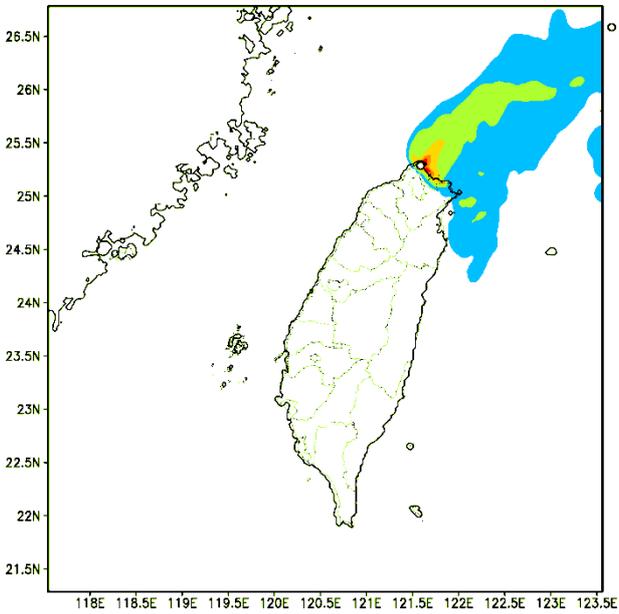
Cs-137 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 6.5 (mSv)

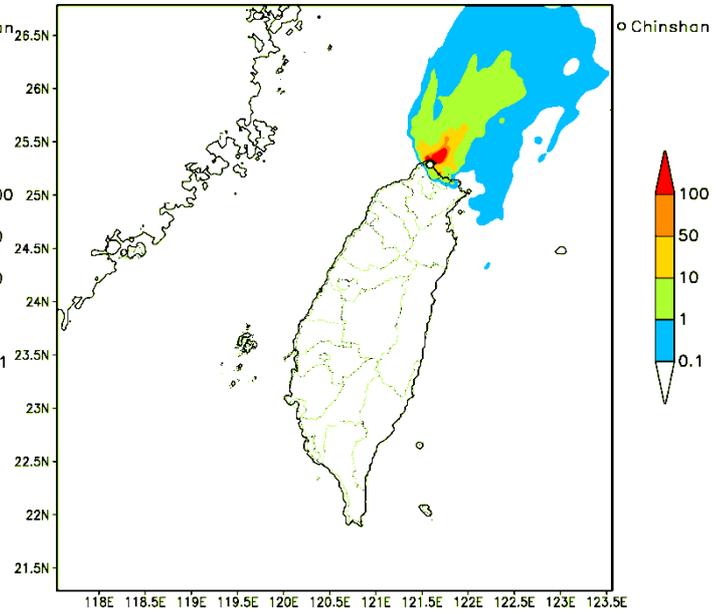
圖 3-2-1 核一(金山)廠 Cs-137 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

I-131 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 400 (mSv)

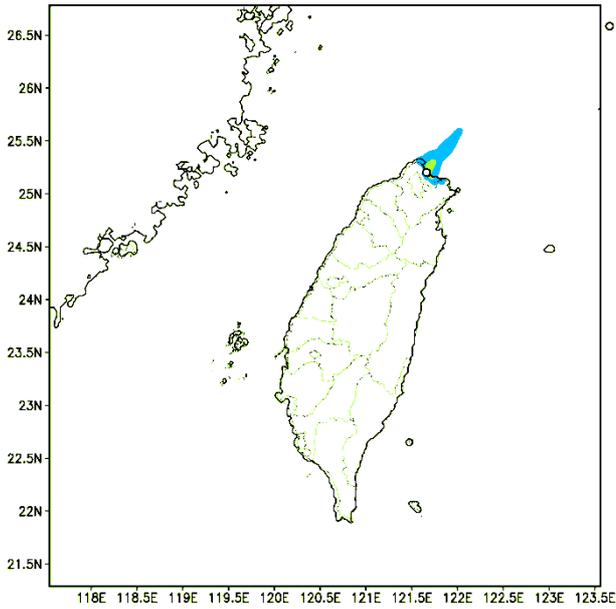
I-131 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 1000 (mSv)

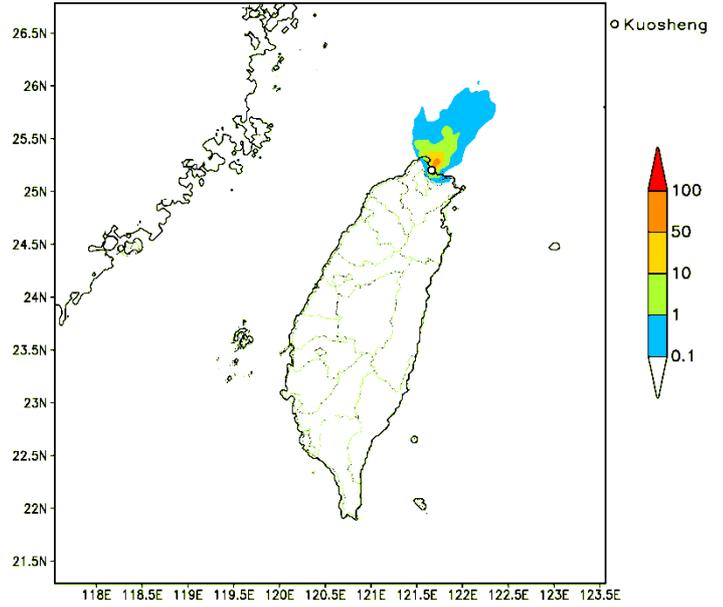
圖 3-2-2 核一(金山)廠 I-131 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

Cs-137 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 10 (mSv)

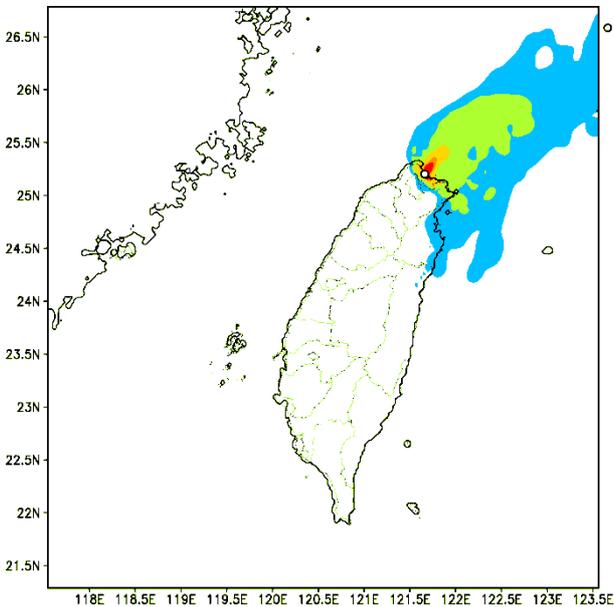
Cs-137 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 90 (mSv)

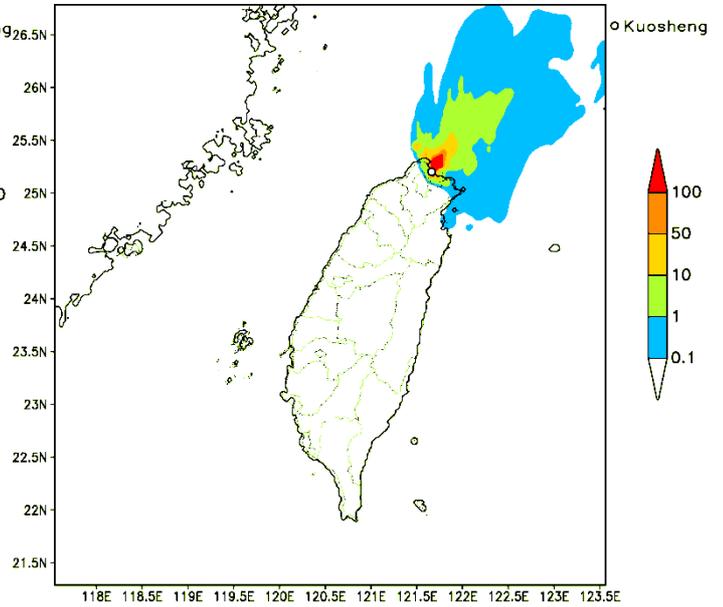
圖 3-2-3 核二(高聖)廠 Cs-137 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

I-131 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 700 (mSv)

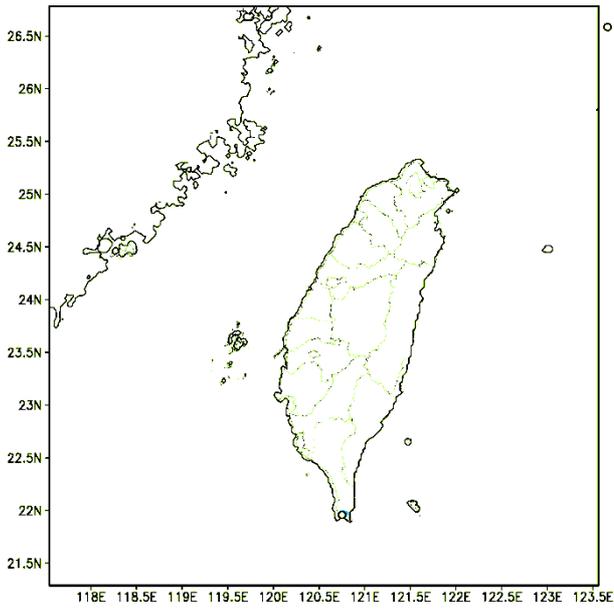
I-131 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 700 (mSv)

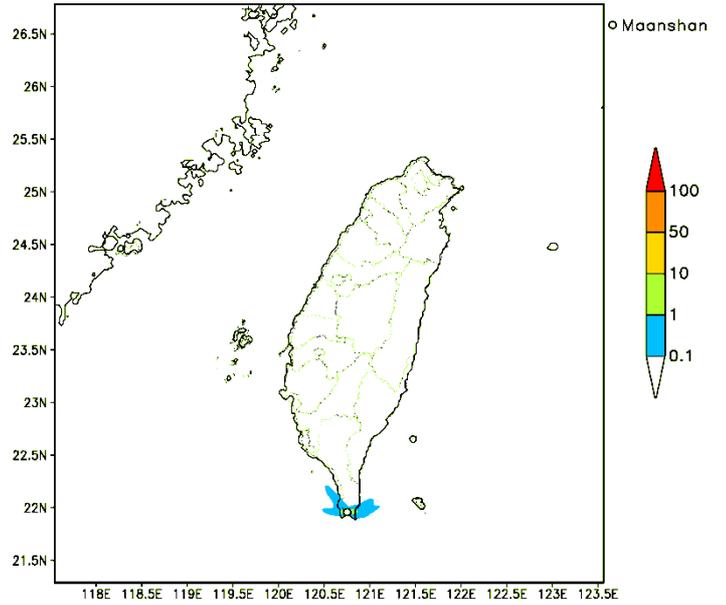
圖 3-2-4 核二(高聖)廠 I-131 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

Cs-137 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 0.7 (mSv)

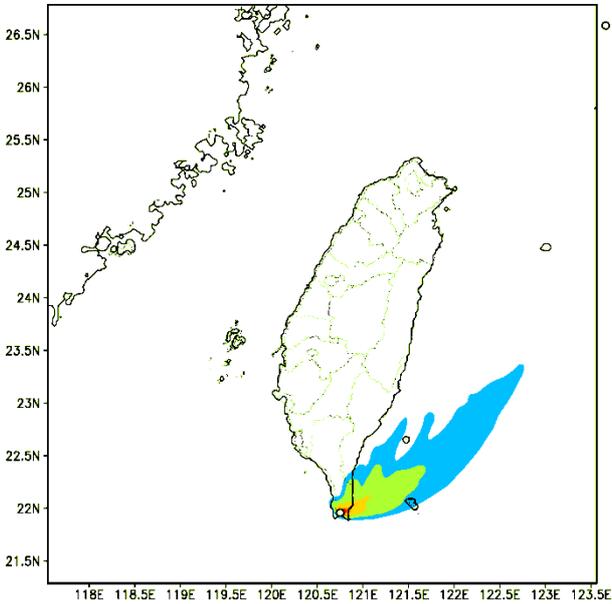
Cs-137 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 30 (mSv)

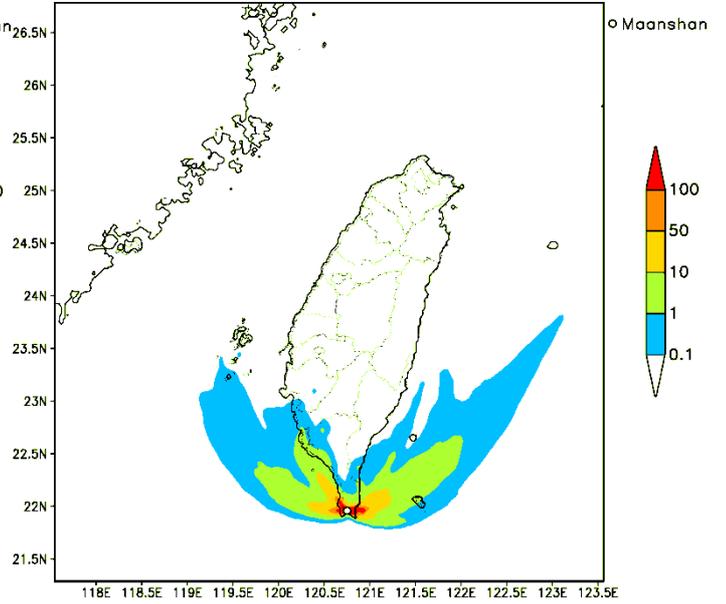
圖 3-2-5 核三(馬鞍山)廠 Cs-137 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

I-131 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 550 (mSv)

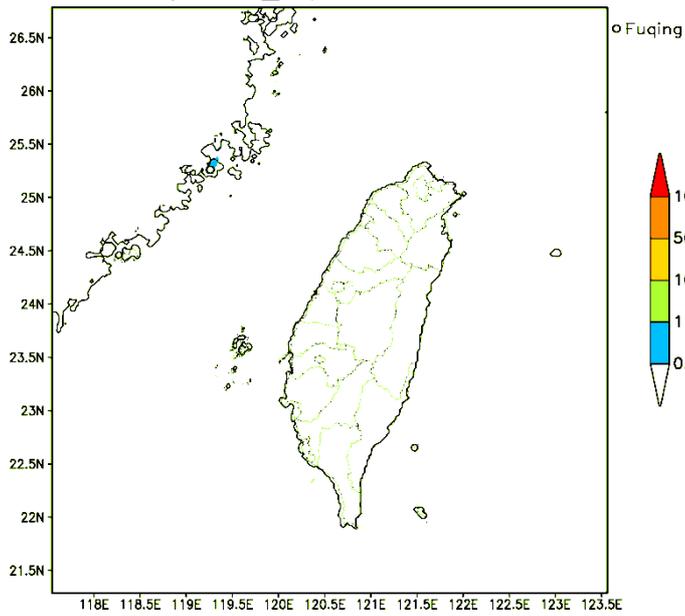
I-131 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016



min, max = 0, 3500 (mSv)

圖 3-2-6 核三(馬鞍山)廠 I-131 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

Cs-137 2Days Acc_ThyDose on 06Z16JUN2016



Cs-137 Total Acc_Dose on 06Z16JUN2016

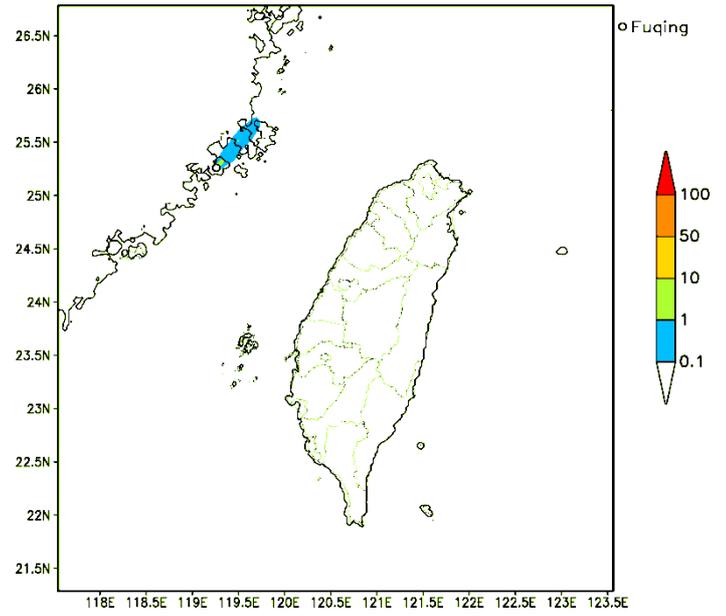


圖 3-2-7 大陸福清廠 Cs-137 的累積劑量，左圖為 2 天累積之甲狀腺劑量，右圖為七天累積之空氣浸身和地表輻射途徑之劑量和。

四、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.
- 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.

附件四

核子事故緊急應變劑量評估系統使用手冊

(2016 版 V1.0)

委託單位：原子能委員會

受委單位：核能研究所 保健物理組

改版歷程

版次	發行/修訂日期	發行/修訂說明	發行/修訂單位	發行/修訂人員
1.0	105 年 11 月 30 日	初版發行	核能研究所	盧仲信

目錄

目錄.....	iii
圖目錄.....	iv
1. 事故緊急應變劑量評估系統發展	1
2. 劑量評估系統介紹與更新說明	6
2.1 更新村里網格資訊	7
2.2 提升衛星影像解析度底圖解析度與展示速度	9
2.3 強化系統輸出成果與相容性提升	11
3. 評估案例設定與擴散模擬及劑量計算	15
3.1 電廠選取與案例設定	16
3.2 氣象場選擇	18
3.3 擴散模擬設定與執行	19
3.4 外釋射源項輸入與劑量計算	21
4. 模擬評估結果顯示與輸出	24
4.1 資料載入與圖像化顯示	24
4.2 民眾防護行動建議	28
4.3 圖台操作功能	30
4.4 顯示參數設定	32
4.5 圖像輸出功能	35
5. 總結.....	38

圖目錄

圖 1-1 第一代三維緊急應變劑量評估系統介面.....	1
圖 1-2 即時化氣象預報三維劑量評估系統.....	2
圖 1-3 可減免劑量之劑量評估系統介面.....	3
圖 1-4 福島事故後劑量評估系統資料視覺化提升.....	4
圖 2-1 劑量評估系統操作介面.....	7
圖 2-2 計算網格與村里歸屬對應分析示意圖.....	8
圖 2-3 民眾防護行動分析與輸出匯入功能.....	9
圖 2-4 四座核電廠半徑 60 公里範圍之衛星影處理.....	10
圖 2-5 核二廠半徑 60 公里分比例尺影像切割處理示意.....	10
圖 2-6 劑量評估系統等劑量曲線輸出.....	11
圖 2-7 連續多色階劑量曲線輸出.....	12
圖 2-8 劑量評估結果輸出 kml 檔案功能建立及結果展示.....	13
圖 2-9 執行進度條.....	14
圖 2-10 依作業系統選擇適合執行版本.....	14
圖 3-1 程式開啟檔案.....	15
圖 3-2 系統開啟畫面.....	15
圖 3-3 電廠選取選單.....	16
圖 3-4 點選 New Case 自動產生案例目錄.....	16
圖 3-5 已完成案例目錄選擇視窗.....	17
圖 3-6 伺服器選取設定.....	17
圖 3-7 最新氣象預報參數.....	18
圖 3-8 執行自訂氣象參數之氣象風場.....	19
圖 3-9 擴散模擬 A2Ct&d 運跑執行.....	19

圖 3-10 A2Ct&d 運跑參數輸入介面	20
圖 3-11 運跑新案例選項視窗	20
圖 3-12 A2Ct&d 大氣擴散模擬運跑中	20
圖 3-13 A2Ct&d 運跑完成提示視窗	21
圖 3-14 檔案下載完成提示視窗	21
圖 3-15 外釋射源項參數輸入視窗	22
圖 3-16 外釋參數輸入視窗左邊操作介面	22
圖 3-17 外釋核種勾選與輸入外釋量	22
圖 3-18 劑量計算執行進度顯示	23
圖 3-19 網格劑量計算完成提示視窗	23
圖 4-1 資料載入	24
圖 4-2 劑量率顯示選項	25
圖 4-3 累積劑量顯示選項	25
圖 4-4 可減免劑量顯示選項	26
圖 4-5 資訊說明欄位	27
圖 4-6 劑量動/靜態顯示操作工具列	28
圖 4-7 PAG 功能表選單項目	28
圖 4-8 列表式民眾防護行動分析結果	29
圖 4-9 地圖式民眾防護行動分析結果	30
圖 4-10 二維(左)與三維(右)圖台互動操作工具列	30
圖 4-11 縮放功能示意	31
圖 4-12 平移功能示意	31
圖 4-13 三維顯示旋轉功能	32
圖 4-14 顯示設定功能選單	33
圖 4-15 Contour Type 顯示功能切換	34

圖 4-16 使用者自訂等值線區間功能視窗	34
圖 4-17 同步顯示風場風標圖與煙陣軌跡圖	35
圖 4-18 圖/影像輸出功能工具列	35
圖 4-19 GIF/影像輸出多重圖檔選取	36
圖 4-20 Google Earth 檔案輸出與顯示結果	37

1. 事故緊急應變劑量評估系統發展

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原能會核能研究所（以下簡稱核研所）與交通部中央氣象局（以下簡稱氣象局）合作，所共同開發第一代的三維緊急應變劑量評估系統，如圖 1-1。此套系統利用網路分散處理與遠端控制技術，以氣象資料庫形式，整合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，配合氣象局專家主管之天氣風場預報資料，進行事故發生後未來 4 天內，電廠放射性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。

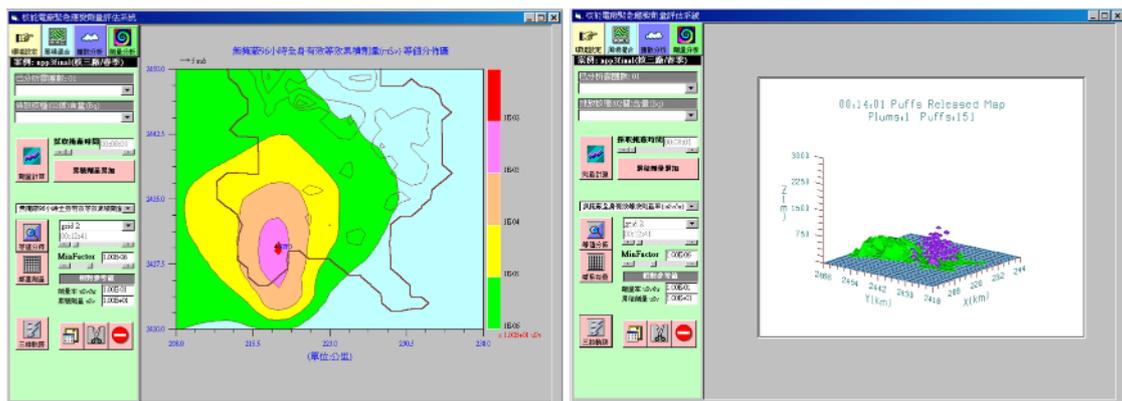


圖 1-1 第一代三維緊急應變劑量評估系統介面

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 91、92 及 93 年由核研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)。

另外劑量評估系統人機介面採用高階跨平台程式語言開發，展示介面以衛星影像為底圖，結合數值地形，並引入地理資訊概念，操作介面可讓使用者於圖台上依需求縮放，平移，與旋轉，大幅提升劑量評估結果之資料視覺化功能與操作互動性。如圖 1-2。

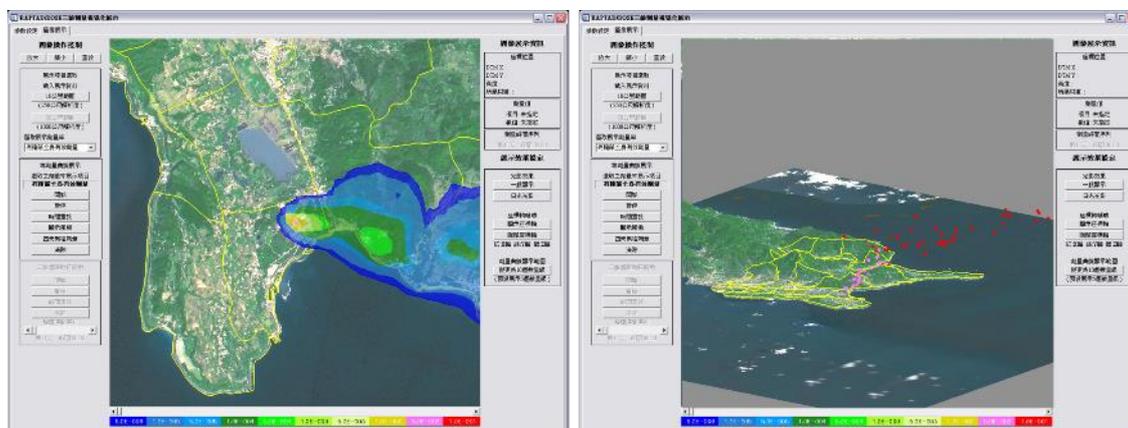


圖 1-2 即時化氣象預報三維劑量評估系統

民國 96 年因應「核子事故緊急應變法」第十四條規定，行政院原子能委員會（以下簡稱原能會）已於 94 年 7 月 15 日發布「核子事故民眾防護行動規範」並自發布日起生效。該規範和以往採行之「核子事故民眾防護行動指引」最大不同處是採用可減免劑量新觀念，作為採行防護措施干預基準之依據。

為符合新法規之防護措施干預基準的要求，針對劑量評估系統開發符合減免劑量規範之劑量評估模式，同時需增加現有之氣象預報天數，以達到七天疏散減免劑量之評估需求。另依據原能會核技處軟硬體使用維護需求，與考量大氣擴散程式之更新，以高階個人電腦取代 SUN/Solaris 運作平台，故進程式改寫、轉換與功能測試，以期達成伺服器 PC 化之階段性目標。在圖資方面，以更精細之衛星影像與數值地形進行處理融合，並配合原能會提供之資料，進行村里等資料更新，讓決策者能清楚掌握實際狀況。如圖 1-3。

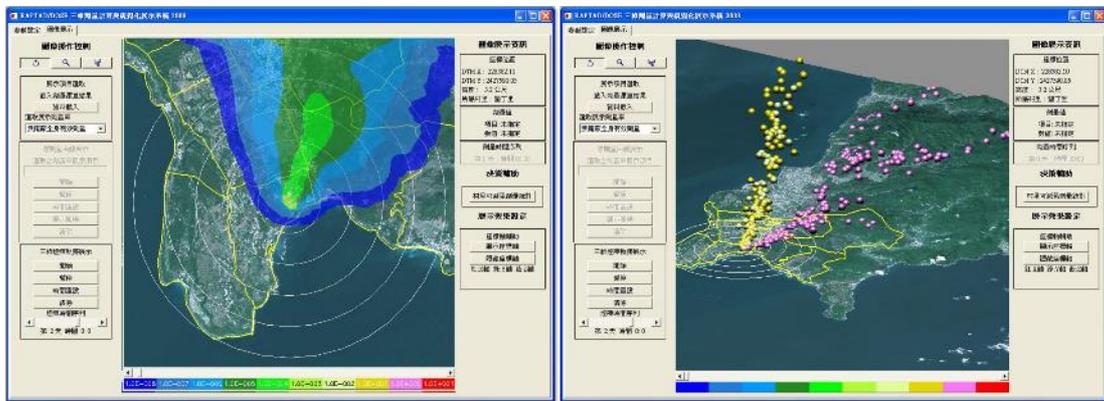


圖 1-3 可減免劑量之劑量評估系統介面

民國 100 年日本發生福島事故後，劑量評估系統使用者介面程式強化與提升地理資訊與資料視覺化效果。如圖 1-4。

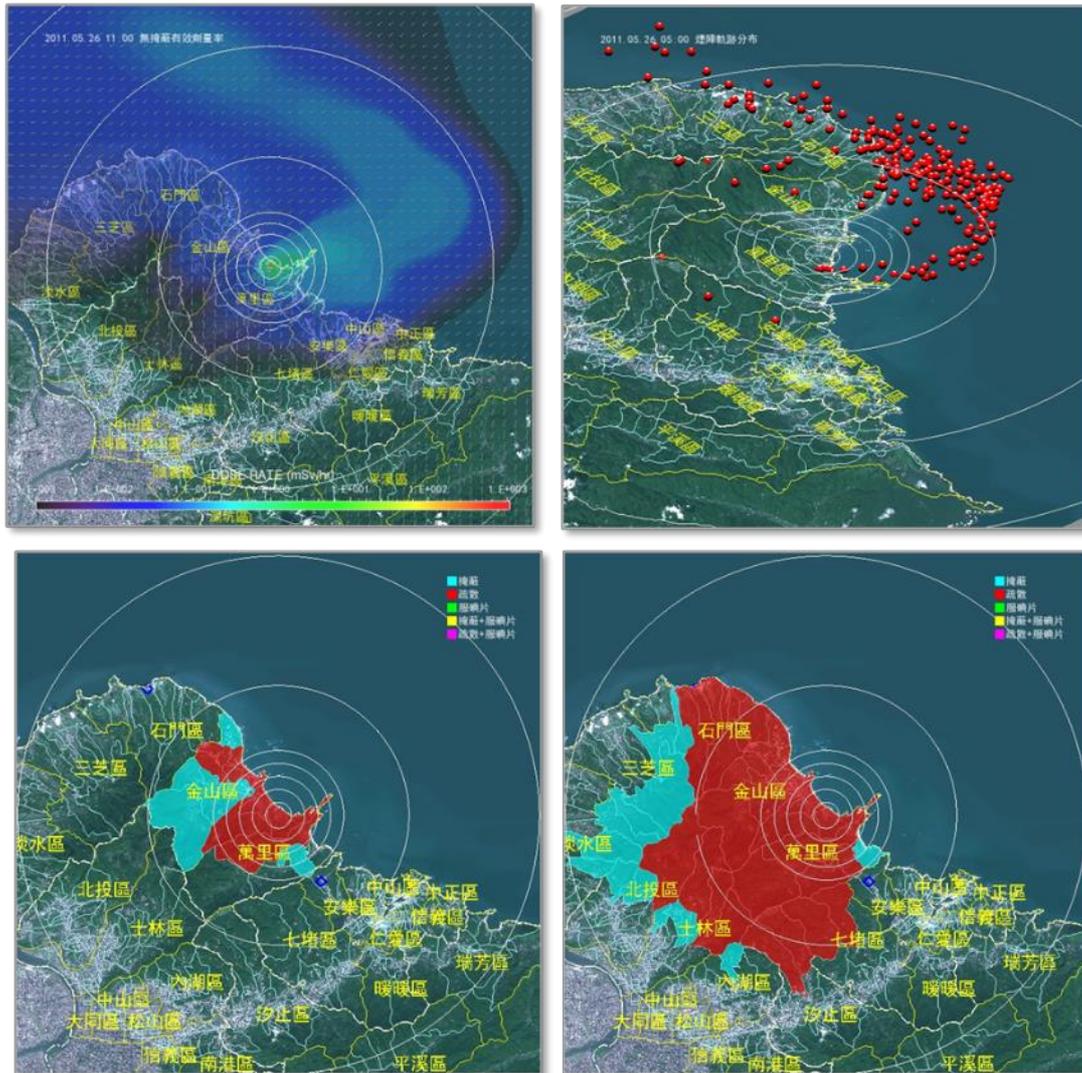


圖 1-4 福島事故後劑量評估系統資料視覺化提升

劑量評估系統於每 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。

於民國 100 年 311 日本福島核電廠事故後，國內檢討核電廠緊急應變計畫區。依據 100 年 10 月 27 日原能會公告之「核一、二、三廠緊急應變計畫區」8 公里範圍村（里）行政區，即將原來 5 公里範圍的緊急應變計畫區擴大為 8 公里，因此劑量評估系統規格須相對應擴充評估範圍。另外參考日本福島核災之民眾防護措施實施經驗，於民國 101 至 104 年執行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。

配合緊急應變計畫區擴大，劑量評估系統重新運跑並建置滿足緊急應變計畫區擴大後之氣象資料庫及修改台灣四個核電廠附近地區的 8 天環境氣象預報資訊外，並參酌日本福島民眾防護措施實施之經驗，精進評估系統氣象模組的準確性，除將原本氣象與大氣擴散模式由 HOTMAC 與 RAPTAD 升級為 A2C (A2Cflow 與 A2Ct&d)，並將高解析度地表利用資料引入 A2C 模組；同時考量氣候變遷因素，利用新的觀測資訊重訂並擴大資料庫的分類；另外亦新增廠區大環境的降水預報資訊，將不同放射性核種分類的乾濕沉降效應，直接引入 A2Ct&d 中，增進劑量評估的效能。

本手冊即以目前最新版本(2016 年版)之系統功能說明各項功能與使用方法。

2. 劑量評估系統介紹與更新說明

劑量評估系統使用者介面程式主要分為劑量計算模組，村里劑量分析範圍，顯示圖台，以及評估說明等部分，另外對於系統之操作與劑量顯示介面，均進行全面提升與更新，為兼顧大範圍顯示之衛星影像解析度，與三維立體空間的顯示效果，顯示圖台分為二維與三維兩種模式，可輸出有效與甲狀腺即時劑量率、累積劑量，與三種可減免劑量之評估結果，另外亦可同步顯示二維與三維之劑量結果。

系統係依據歷年演習經驗與輻防處及輻射偵測中心之需求，採用全新思維，重新建立劑量評估系統操作介面，與強化劑量評估結果之視覺化顯示功能。系統介面如圖 2-1 所示。系統介面左側為氣象風場預報資訊，中間為顯示圖台，右側評估之射源項參數資訊。系統操作功能為利用左側上方下拉式功能表可選擇案例運跑，自訂氣象條件，擴散分析，與評估結果顯示項目，與顯示圖層開關等。中間圖台上方圖示按鍵則為圖台操作(縮放、平移、回復)，動態播放等功能，右側圖示按鍵為將評估結果輸出之功能按鍵。

新開發之劑量評估系統於年度核安演習兵棋推演與實兵演練除納入演練項目與實際作業執行外，亦提供劇本推演與相關情資匯報需求之圖檔輸出說明使用。

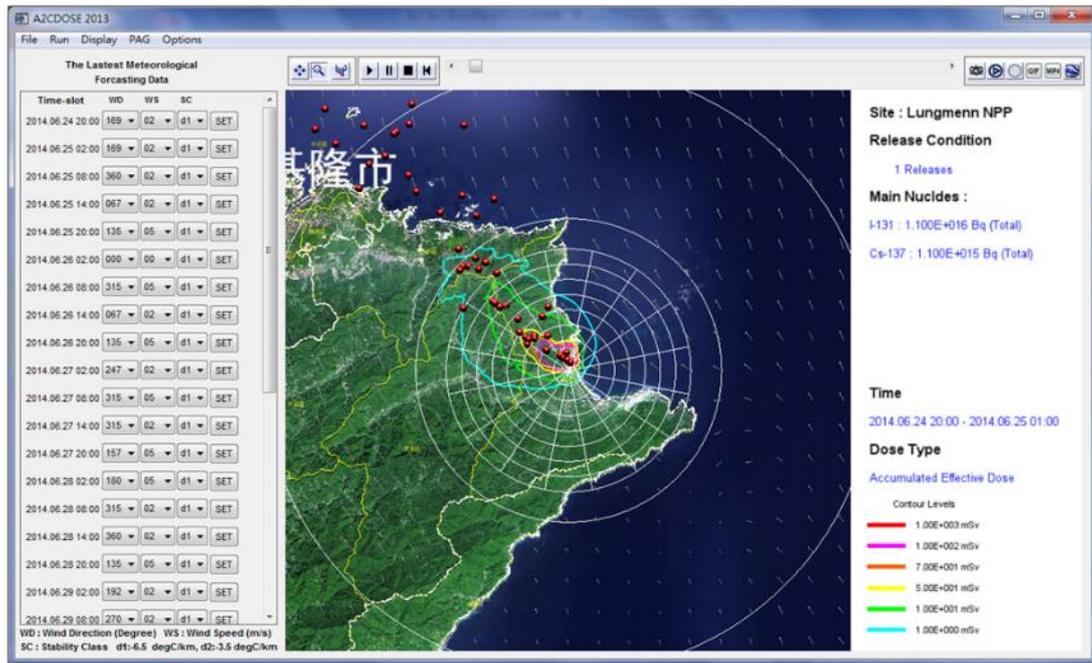


圖 2-1 劑量評估系統操作介面

2.1 更新村里網格資訊

國內核電廠緊急應變計畫區範圍修訂，將原來 5 公里範圍的緊急應變計畫區擴大為 8 公里，並新增 8 公里至 16 公里之緊急應變準備區的規畫，因此原本劑量評估系統採用之村里資料需進行擴增。新系統採用交通部運研所 100 年版圖資，重新定義各網格點所代表之村里，依據 shape file 檔案村里界之多邊形，利用 ROI (Region of interest, 感興趣區域) 分析技術，進行二維空間 250 公尺×250 公尺解析度計算網格與村里歸屬的對應，分析範圍為以核電廠為中心半徑 60 公里之區域(即 120 公里×120 公里)，圖 2-2 為分析示意圖。

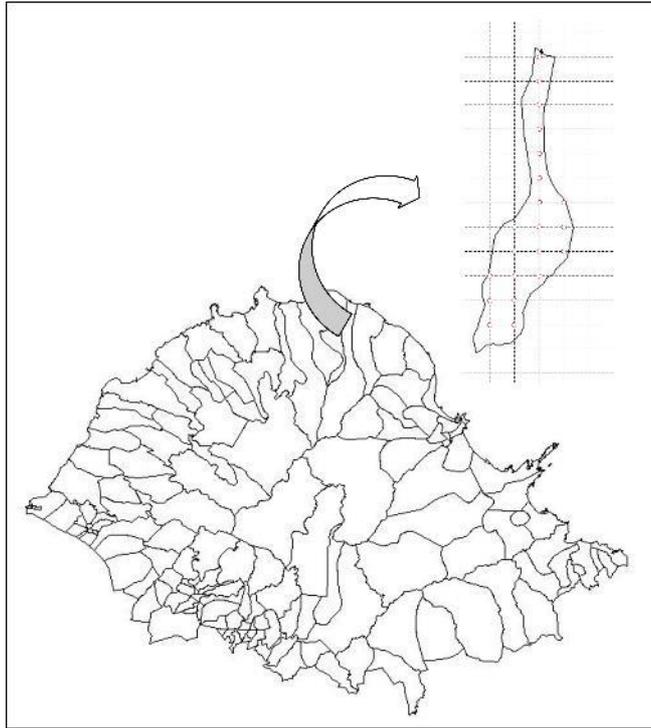


圖 2-2 計算網格與村里歸屬對應分析示意圖

而核電廠 60 公里半徑範圍涵蓋範圍之村里數量多達兩千以上(核三廠較少)，進行民眾防護行動建議需將網格化劑量數值轉換成村里劑量，若分析全部網格點耗時甚鉅，故程式設計將村里劑量分析範圍區分為 10 公里、20 公里、30 公里，及 60 公里半徑範圍，使用者可依事故影響程度，執行村里網格劑量分析。另系統也提供以分析完成之輸出檔案匯出與匯入的結果顯示功能，如圖 2-3。

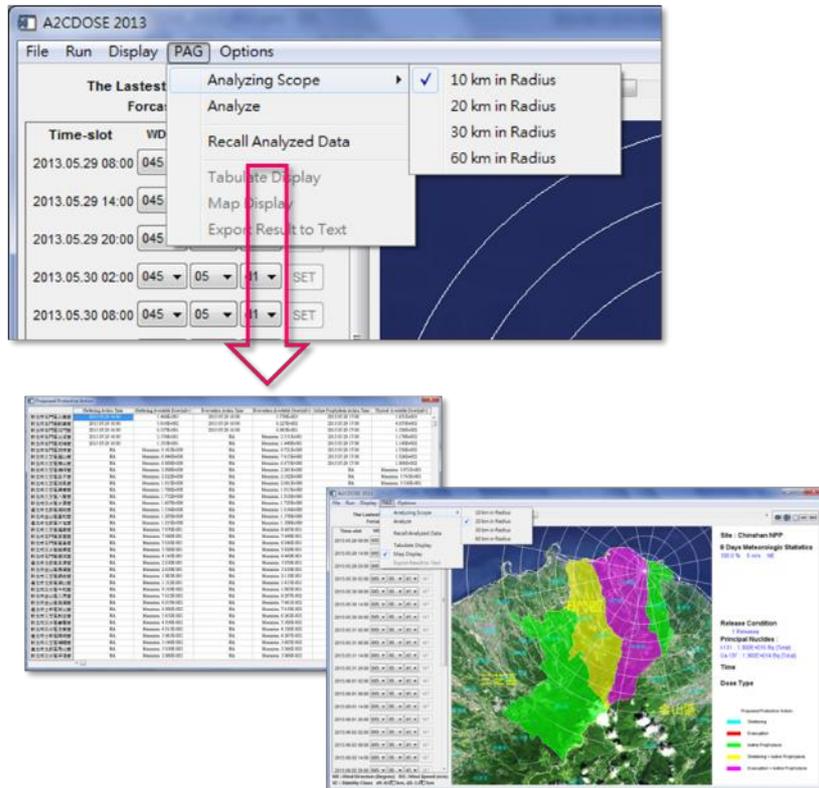


圖 2-3 民眾防護行動分析與輸出匯入功能

2.2 提升衛星影像解析度底圖解析度與展示速度

劑量評估系統圖台為擴大評估範圍之顯示需求，重新擷取及處理核電廠半徑 60 公里範圍（120 公里×120 公里區域）之衛星影像，經處理後四部核電廠如圖 2-4 所示。為使影像顯示順暢，並兼具圖台縮放平移顯示功能，圖台顯示技術採用 Google Earth 分比例尺切割概念，將不同比例尺的衛星影像依顯示需求進行切割，於顯示時先決定目前使用者設定的比例尺，再篩選並載入顯示區域所需要的影像，使程式能不需載入大檔案或大量圖檔，即可快速進行圖台高解析度影像顯示，圖 2-5 為以核二廠為例將 40 公尺像素解析度之影像切割成 16 張圖檔之示意圖。



圖 2-4 四座核電廠半徑 60 公里範圍之衛星影處理



圖 2-5 核二廠半徑 60 公里分比例尺影像切割處理示意

2.3 強化系統輸出成果與相容性提升

系統顯示可於顯示圖台顯釋單一時間點之劑量分布，亦可選擇隨時間軸以動態方式顯示不同時間之劑量分布。輸出支援將評估之等劑量曲線圖與各項參數結合輸出成 jpg 格式的影像檔，如圖 2-6 所示，其中右側說明包含評估電廠、外釋放射性核種總活度，時間與顯示劑量之種類，與顏色數值圖例標示等。除等劑量曲線外，系統也提供多色階之渲染圖層表示方式，如圖 2-7 所示，採用此種劑量分布表示方式，較耗費系統資源，因此需要較高規格之硬體配置，才能有較順暢的動態顯示呈現。另外為提升輸出動態影像品質，將原本 GIF 檔案格式提升至 MPEG4 高畫質之影像輸出格式。

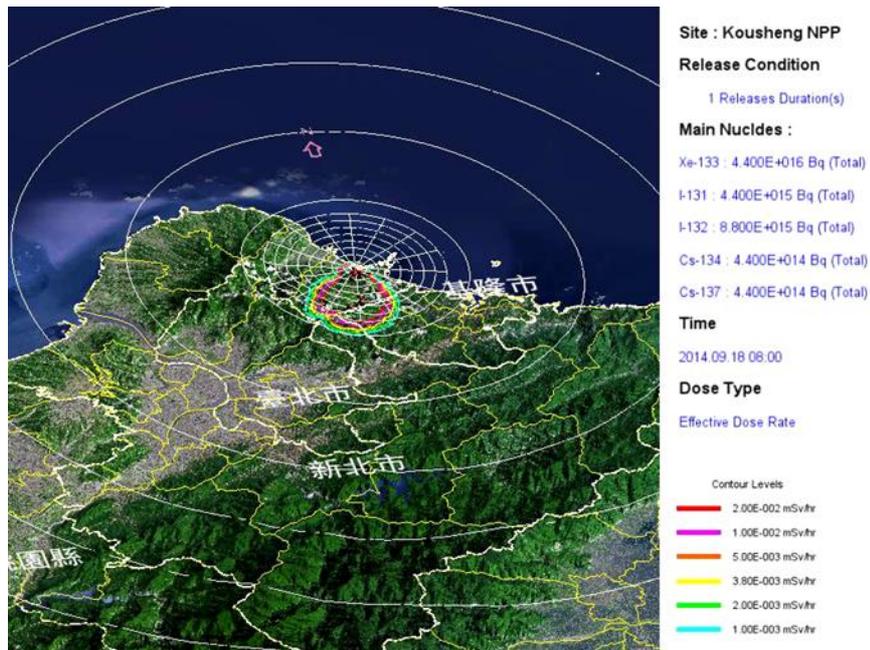


圖 2-6 劑量評估系統等劑量曲線輸出

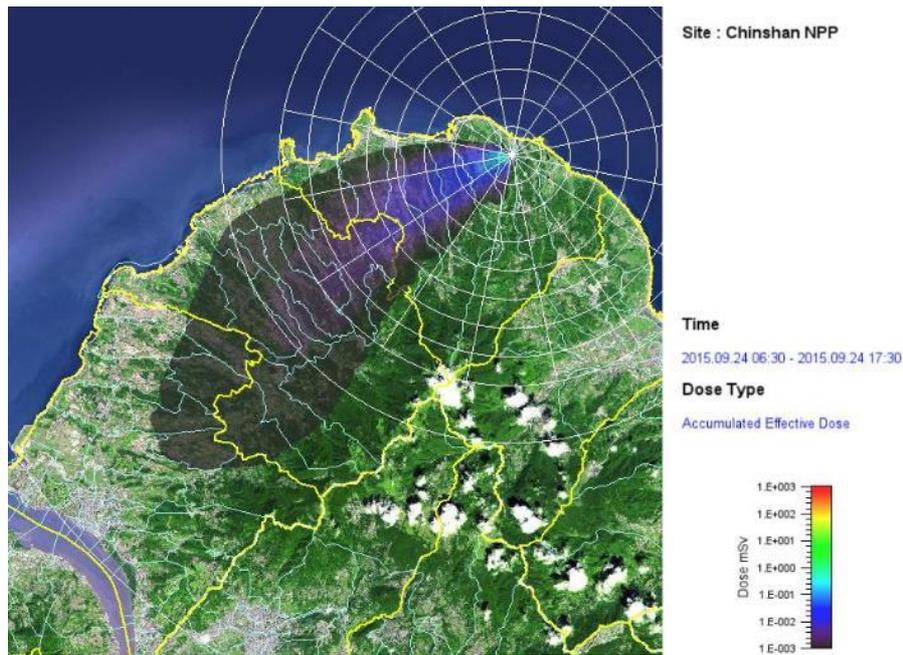


圖 2-7 連續多色階劑量曲線輸出

系統於二維與三維的顯示上均整合劑量分布曲線與煙陣軌跡之圖像輸出，強化放射性外釋物質擴散與劑量分布關聯性之說明。

本計畫於劑量評估系統新增劑量評估結果可輸出 Google Earth 之 kml 檔案，如圖 2-8，KML 為 Keyhole Markup Language 之簡稱，是基於 XML(eXtensible Markup Language,可擴展標記語言)語法標準的一種標記語言 (markup language)，採用標記結構，含有嵌套的元素和屬性。由 Google(谷歌)旗下的 Keyhole 公司發展並維護，用來表達地理標記，目前此種格式已成為 GIS 界進行地理數據交換的標準格式之一。劑量評估系統建立 kml 檔案格式輸出功能，可將評估結果與上下游之緊急應變機關進行訊息交換，或由主管機關提供資訊予一般民眾，提升應變時期資訊公開透明化。

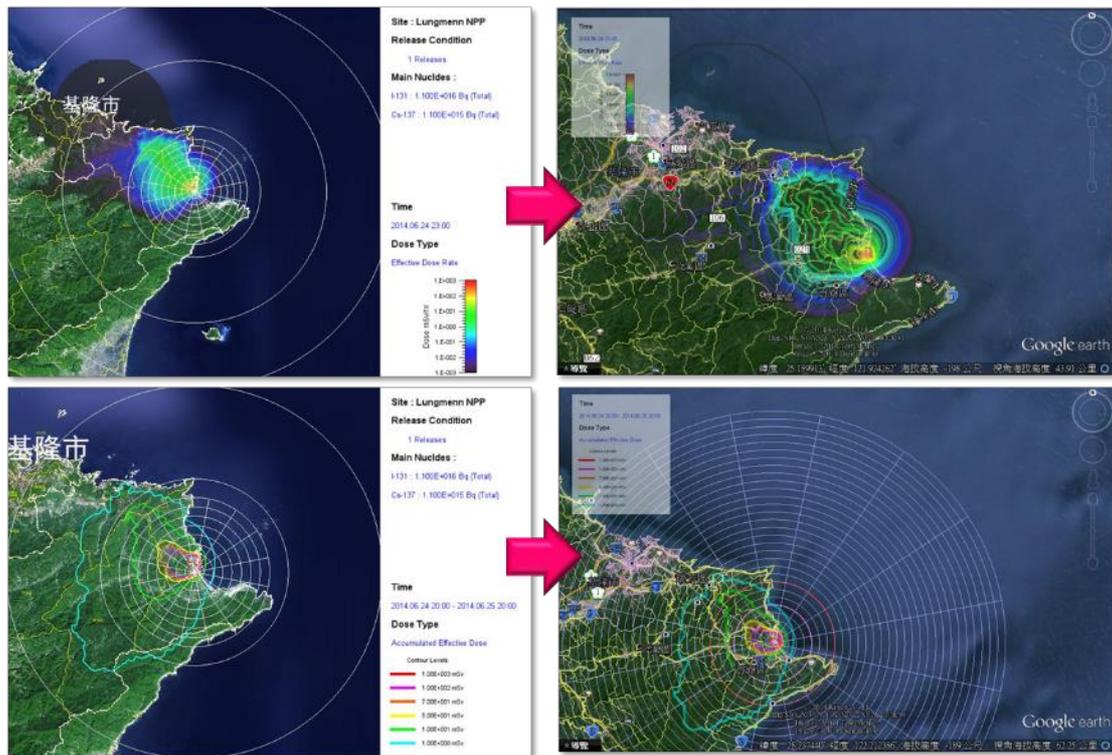


圖 2-8 劑量評估結果輸出 kml 檔案功能建立及結果展示

由於計算網格大幅擴增，計算與載入時間因網格資料增加而增加，程式加入執行進度條之功能，供使用者了解程式執行進度如圖 2-9。且因應劑量評估系統使用單位之硬體規格配備，程式發佈兼容 32 及 64 位元作業系統供使用者選擇，如圖 2-10，主要因為 32 位元作業系統記憶體存取限制，於載入大量網格資料進行計算，會因記憶體不足之限制造成程式執行錯誤或失敗，因此重新撰寫程式讀取網格資料計算與繪圖功能。

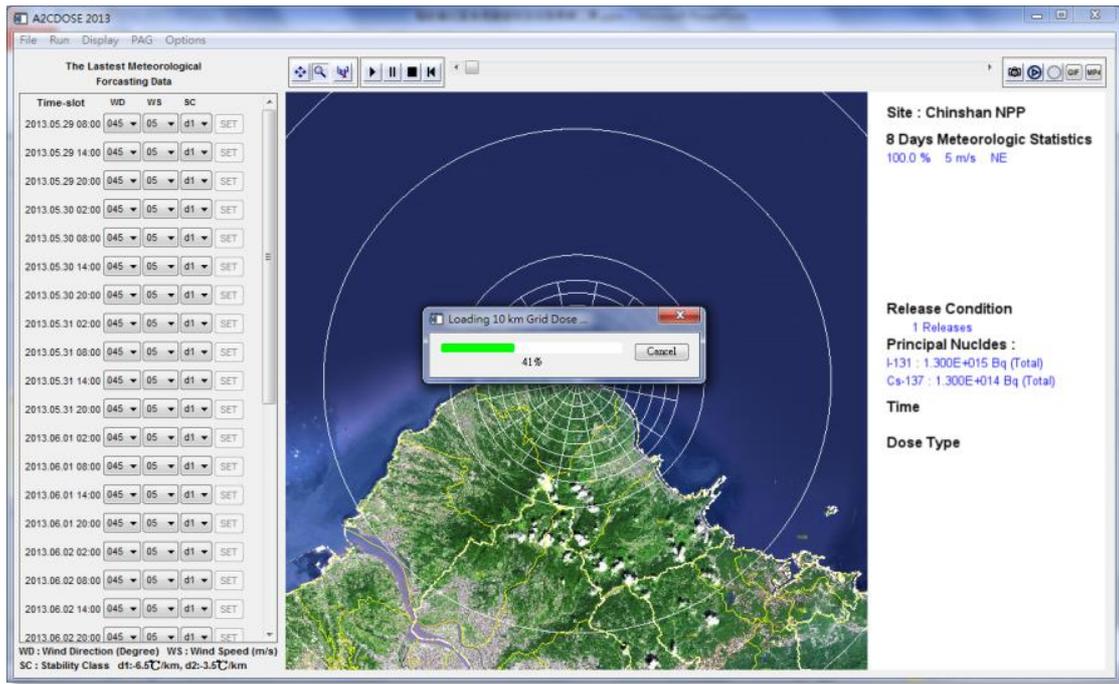


圖 2-9 執行進度條

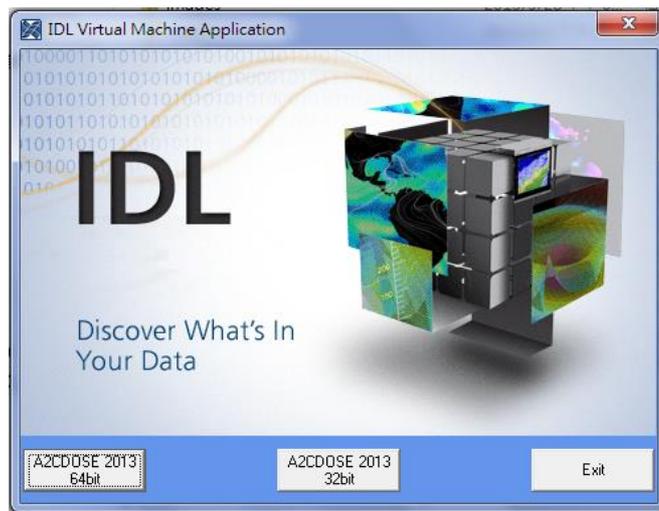
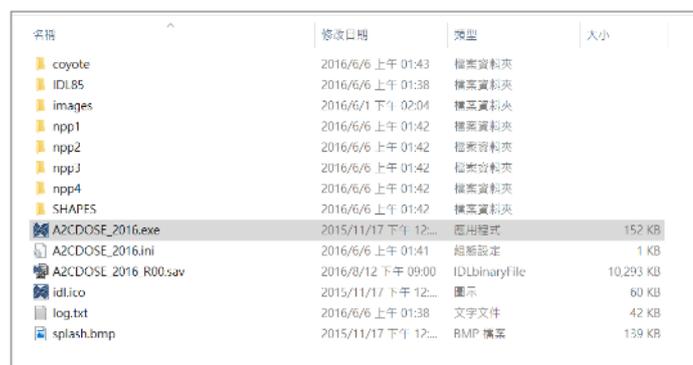


圖 2-10 依作業系統選擇適合執行版本

3. 評估案例設定與擴散模擬及劑量計算

劑量評估系統程式以 IDL 程式語言撰寫，並以虛擬機器方式編譯後封裝，於使用上並不需經過安裝程序，只需在程式目錄下，執行可執行檔 A2CDOSE_2016.exe，如圖 3-1 所示。執行後即出現如圖 3-2 的視窗介面。



名稱	修改日期	類型	大小
coyote	2016/6/6 上午 01:43	檔案資料夾	
IDL85	2016/6/6 上午 01:38	檔案資料夾	
images	2016/6/1 下午 02:04	檔案資料夾	
npp1	2016/6/6 上午 01:42	檔案資料夾	
npp2	2016/6/6 上午 01:42	檔案資料夾	
nppJ	2016/6/6 上午 01:42	檔案資料夾	
npp4	2016/6/6 上午 01:42	檔案資料夾	
SHAPES	2016/6/6 上午 01:42	檔案資料夾	
A2CDOSE_2016.exe	2015/11/17 下午 12:...	可執行檔	152 KB
A2CDOSE_2016.ini	2016/6/6 上午 01:41	組態設定	1 KB
A2CDOSE_2016_R00.sav	2016/8/12 下午 09:00	IDLbinaryfile	10,293 KB
idl.ico	2015/11/17 下午 12:...	圖示	60 KB
log.txt	2016/6/6 上午 01:38	文字文件	42 KB
splash.bmp	2015/11/17 下午 12:...	RMP 檔案	139 KB

圖 3-1 程式開啟檔案

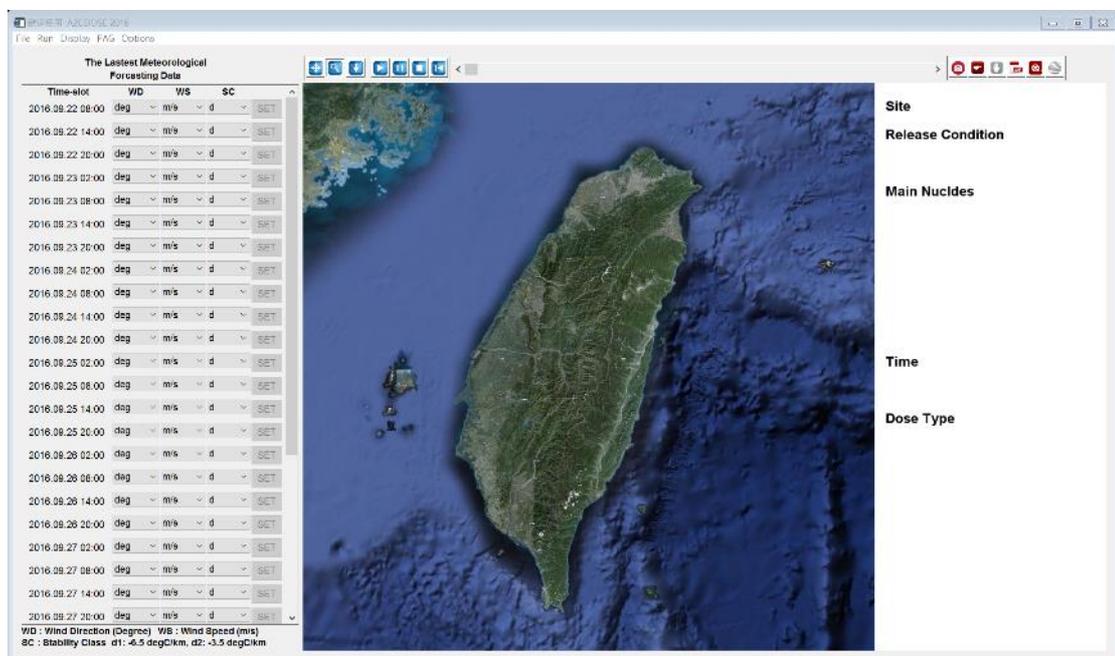


圖 3-2 系統開啟畫面

3.1 電廠選取與案例設定

下拉選單共有 File、Run、Display、PAG，跟 Options 等 5 個功能表。電廠選取為執行劑量評估之第一步，選取 File>NPP Site>就可以選擇國內四部核電廠，如圖 3-3，選取完成後介面中間的圖台會轉換至該電廠，且 File 下拉選單中的 New Case 與 Open Case 選項也會變成可點選開啟。

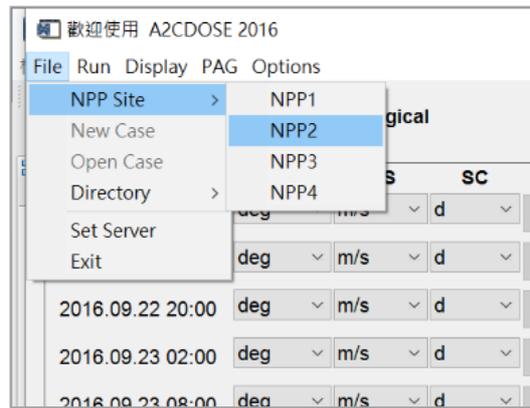


圖 3-3 電廠選取選單

案例可以選擇新案例(New Case)或開啟之前已完成之案例(Open Case)，點選 New Case 系統會自動以日期時間自動產生案例目錄，如圖 3-4，然後程式會透過網路連線至伺服器，下載最新之氣象預報參數。而點選 Open Case 則會跳出目錄選擇對話視窗，如圖 3-5。完成案例目錄新建或選取後，可以從 Directory 查看目前所在的案例目錄。

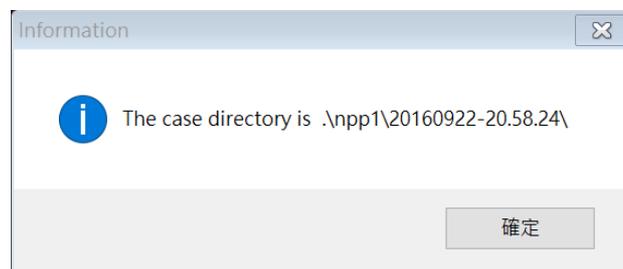


圖 3-4 點選 New Case 自動產生案例目錄

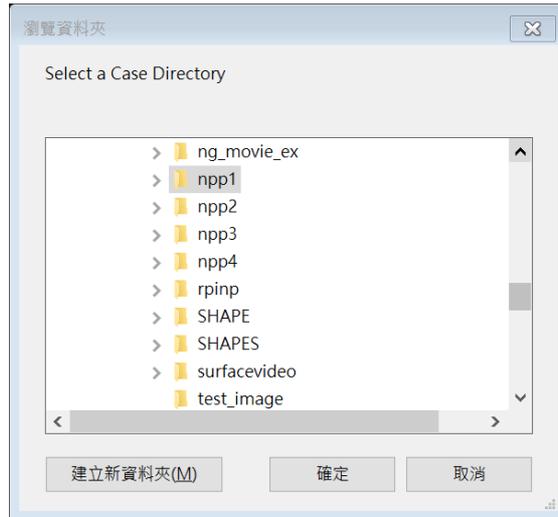


圖 3-5 已完成案例目錄選擇視窗

在 File 的下拉選單中還有伺服器設定選項(Set Server)，系統預設值為原能會伺服器，可以依需求調整至位於輻射偵測中心之伺服器，如圖 3-6 所示。

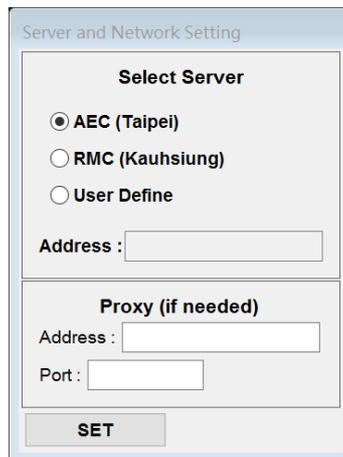
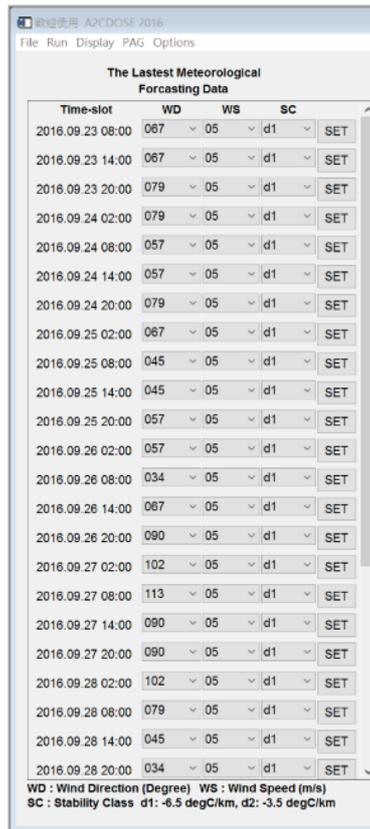


圖 3-6 伺服器選取設定

3.2 氣象場選擇

於建立新案例完成後系統會自動透過網路下載最新之氣象預報參數，如圖 3-7，每 6 小時一筆預報參數，8 天預報共計 33 組參數資料，預報參數包含風向、風速與大氣穩定度三項。



Time-slot	WD	WS	SC	
2016.09.23 08:00	067	05	d1	SET
2016.09.23 14:00	067	05	d1	SET
2016.09.23 20:00	079	05	d1	SET
2016.09.24 02:00	079	05	d1	SET
2016.09.24 08:00	057	05	d1	SET
2016.09.24 14:00	057	05	d1	SET
2016.09.24 20:00	079	05	d1	SET
2016.09.25 02:00	067	05	d1	SET
2016.09.25 08:00	045	05	d1	SET
2016.09.25 14:00	045	05	d1	SET
2016.09.25 20:00	057	05	d1	SET
2016.09.26 02:00	057	05	d1	SET
2016.09.26 08:00	034	05	d1	SET
2016.09.26 14:00	067	05	d1	SET
2016.09.26 20:00	090	05	d1	SET
2016.09.27 02:00	102	05	d1	SET
2016.09.27 08:00	113	05	d1	SET
2016.09.27 14:00	090	05	d1	SET
2016.09.27 20:00	090	05	d1	SET
2016.09.28 02:00	102	05	d1	SET
2016.09.28 08:00	079	05	d1	SET
2016.09.28 14:00	045	05	d1	SET
2016.09.28 20:00	034	05	d1	SET

WD : Wind Direction (Degree) WS : Wind Speed (m/s)
SC : Stability Class d1: -6.5 degC/km, d2: -3.5 degC/km

圖 3-7 最新氣象預報參數

圖 3-7 顯示為預報氣象資料，如果需要執行特殊氣象條件之案例分析，使用者可以利用各參數的下拉選單功能調整參數，最後有一個「SET」按鍵，為將後續時間的所有氣象參數設為與該時段相同。若為選擇開啟舊案例，程式則不開放修改風場之功能，氣象參數欄位顯示為該案例運跑時之氣象條件。

一旦使用者調整預報氣象參數後，則需點選執行於 RUN 功能表選單下之 Generate User-Defined Wind Field 步驟，如圖 3-8，才會於

伺服器端產生使用者自訂氣象風場資料，以提供後續大氣擴散模式運
跑使用。若使用者未調整氣象預報參數，則不需執行此步驟，伺服器
端對應預報氣象參數的氣象風場，將會於接收到最新的預報資訊後，
即自動執行氣象場資料產生作業。自訂氣象風場功能主要作為核安演
習之情節想定與狀況推演使用。

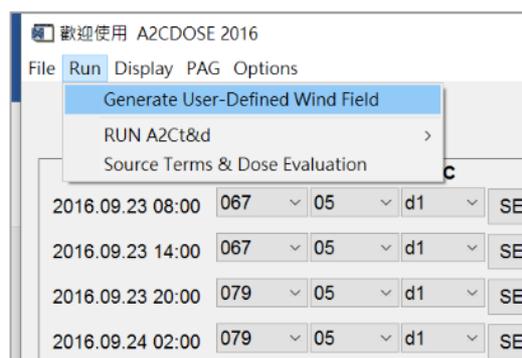


圖 3-8 執行自訂氣象參數之氣象風場

3.3 擴散模擬設定與執行

於確認預報或自訂氣象風場完成後，即可於 RUN 的功能表中
RUN A2Ct&d 選取欲用何項氣象風場執行大氣擴散模擬，如圖 3-9。
若先前已有建立使用者自訂之氣象風場，則可選擇執行「Under
User-Defined Meteorological Condition」或「Under Forecasting
Meteorological Condition」，若無則僅能執行「Under Forecasting
Meteorological Condition」。

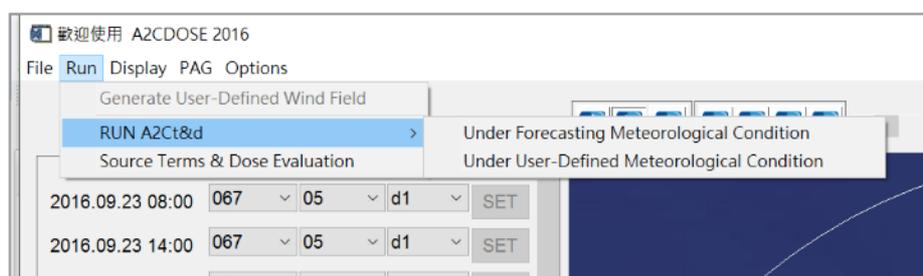


圖 3-9 擴散模擬 A2Ct&d 運跑執行

點選後即會出現設定 A2Ct&d 運跑之參數設定視窗，如圖 3-10。

可依此設定外釋起始時間，與外釋持續時間，其中起始時間以下拉式選單設定，最小時間間隔為 5 分鐘。

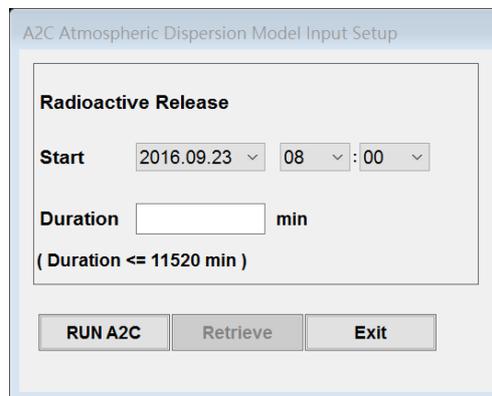


圖 3-10 A2Ct&d 運跑參數輸入介面

完成設定後，點選 RUN A2C 按鍵，會先出現是否運跑新案例的對話視窗，如圖 3-11，若選擇「是」的選項，系統即會透過網路將輸入檔傳入伺服器，然後自動執行擴散模擬程式，如圖 3-12。

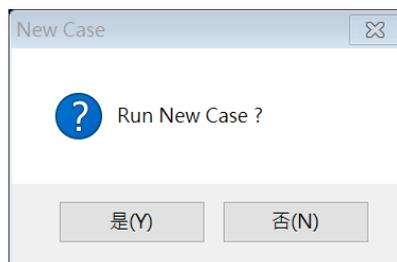


圖 3-11 運跑新案例選項視窗

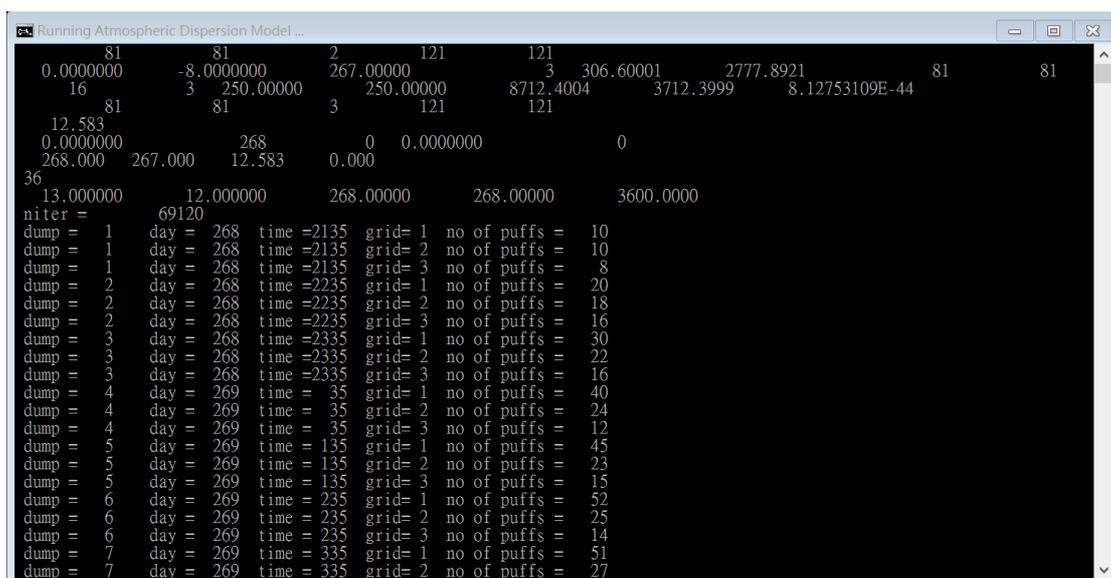


圖 3-12 A2Ct&d 大氣擴散模擬運跑中

運跑完成後會跳出提示視窗，如圖 3-13，按下提示視窗中的「確定」按鍵，系統將本次運跑完成之輸出檔案，自動下載致本機端案例目錄中，下載完成後會跳出下載完成之提示視窗，圖 3-14。若只是重新下載伺服器中相同 A2Ct&d 輸入設定，且確認已經運跑完成的輸出檔案，則於圖 3-11 點選「否」的按鍵，如此圖 3-10 視窗下方中間 Retrieve 的按鍵將會轉變為可點選的狀態，點選後即會下載檔案。

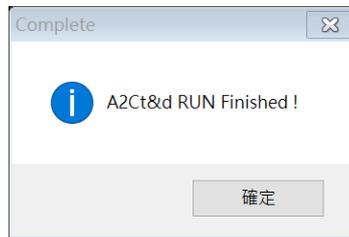


圖 3-13 A2Ct&d 運跑完成提示視窗

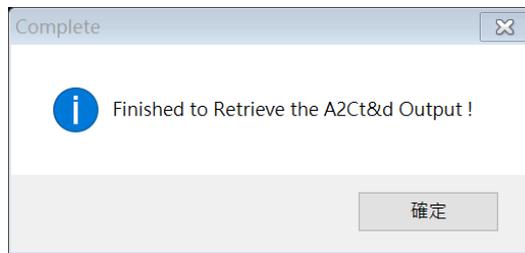


圖 3-14 檔案下載完成提示視窗

3.4 外釋射源項輸入與劑量計算

完成大氣擴散模擬運跑之輸出檔案下載後，點選圖 3-10 下方最右邊 Exit 按鍵，系統會自動帶出外釋射源項之參數輸入視窗，如圖 3-15。圖 3-16 為圖 3-15 左邊操作介面，系統會自動將之前運跑完成之 A2Ct&d 外釋起始時間與外釋持續時間帶入，點選 Edit Plume 按鍵，左邊介面即會轉變成可勾選與輸入的狀態，勾選所有外釋放射性核種，並於其後的欄位輸入各核種本次外釋以 Bq 為單位之總外釋量，如圖

3-17。最後點選下方 Set Plume 的按鍵，即完成外射源項的輸入。

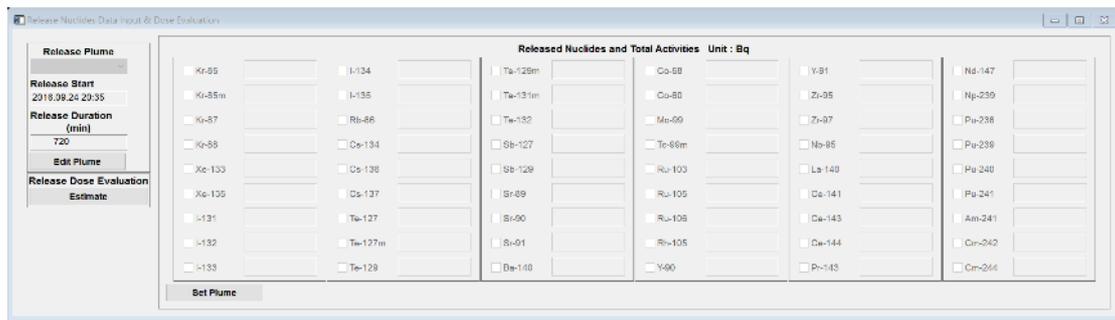


圖 3-15 外釋射源項參數輸入視窗

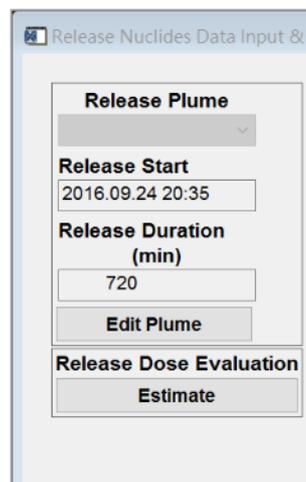


圖 3-16 外釋參數輸入視窗左邊操作介面

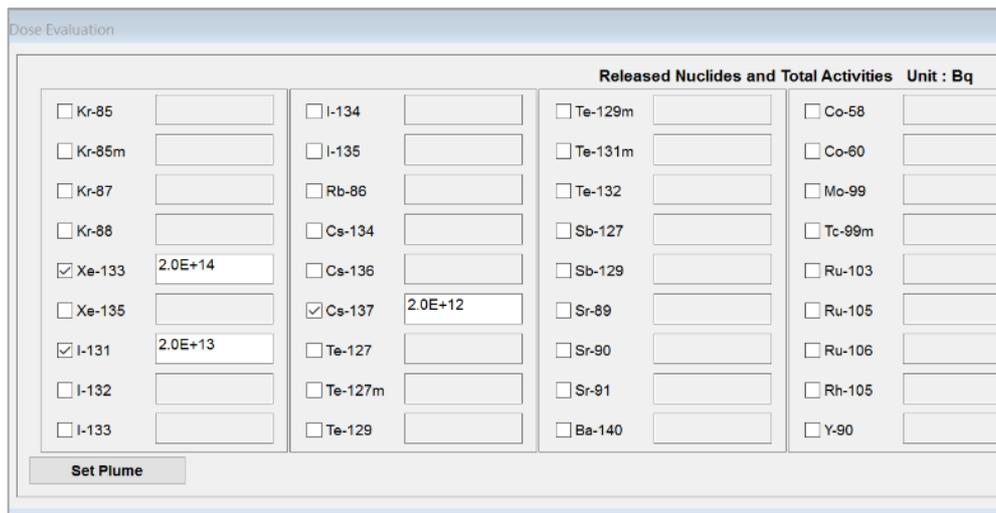


圖 3-17 外釋核種勾選與輸入外釋量

外釋射源項設定完成後，點選圖 3-16 下方之 Estimate 按鍵，程式即會執行劑量計算作業。系統會出現執行進度顯示視窗，如圖 3-18，

計算完成後會跳出完成的提示視窗，如圖 3-19。若為多次計畫性/非計畫排放，或連續排放但外釋率變動，則均視為不同之外釋條件，需重複 3.3 節 A2Ct&d 擴散模擬計算與 3.4 節外釋射源項輸入後，再重新計算網格劑量。

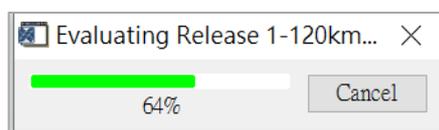


圖 3-18 劑量計算執行進度顯示

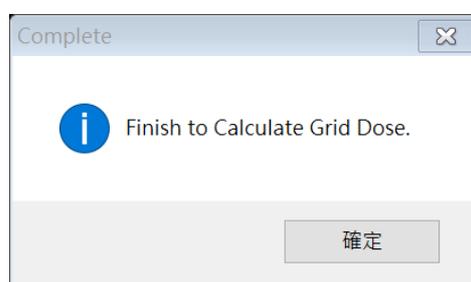


圖 3-19 網格劑量計算完成提示視窗

4. 模擬評估結果顯示與輸出

完成劑量計算後，則透過 Display、PAG (Protective Action Guide) 及 Options 功能表，將網格劑量視覺化顯示或轉換成以村里為單位之民眾防護行動建議，並經參數調整，依需求獲得客製化之輸出成果。

4.1 資料載入與圖像化顯示

視覺化顯示網格劑量計算結果之首要步驟為點選 Display 功能表下之 Load Display Data，如圖 4-1。完成載入後，下方 Dose Rate、Accumulated Dose，及 Avertable Dose 選項將轉變成可點選狀態。

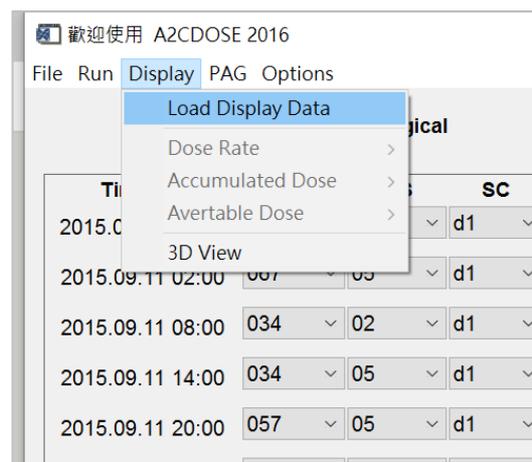


圖 4-1 資料載入

其中 Dose Rate (劑量率)選單下共有 Effective Dose Rate (有效劑量率)、Groundshine Dose Rate (地表輻射劑量率)，及 Thyroid Dose Rate (甲狀腺劑量率)等三項劑量率顯示選項，如圖 4-2。

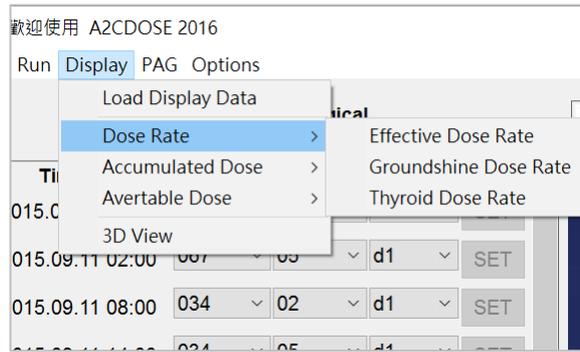


圖 4-2 劑量率顯示選項

Accumulated Dose (累積劑量)選單下共有 Accumulated Effective Dose (累積有效劑量)、Accumulated Groundshine Dose (累積地表輻射劑量)、Ground Deposition Concentration (地表沉降濃度)，及 Thyroid Committed Equivalent Dose (甲狀腺約定等價劑量)等 4 項累積劑量顯示選項，如圖 4-3。

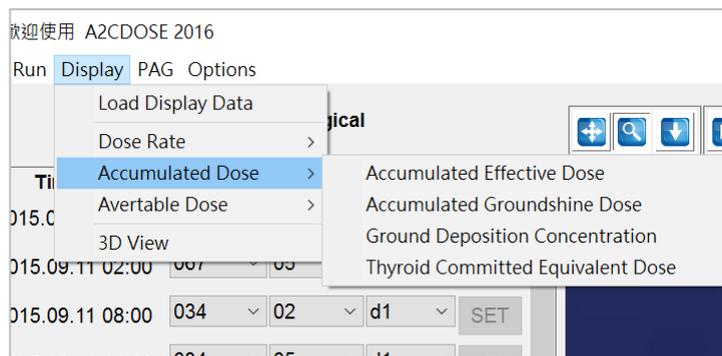


圖 4-3 累積劑量顯示選項

Avertable Dose (可減免劑量)選單下公有 2 Days Avertable Effective Dose (2 天可減免劑量)、7 Days Avertable Effective Dose (7 天可減免劑量)，及 Avertable Thyroid Committed Equivalent Dose (甲狀腺可減免劑量)等 3 項可減免劑量顯示選項，如圖 4-4。

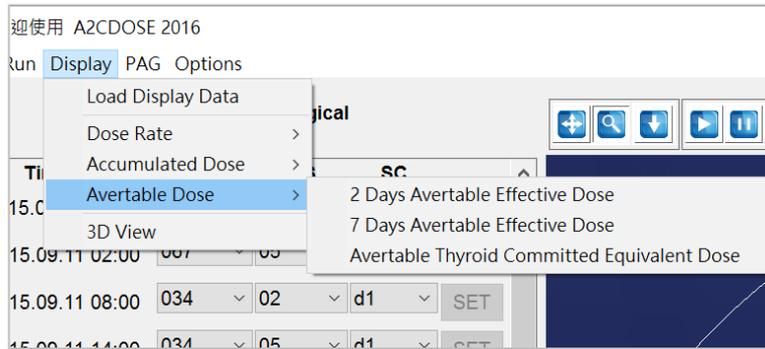


圖 4-4 可減免劑量顯示選項

使用者可以選定顯示的劑量項目，選取後會出現提示視窗，即可點選上方圖示操作按鈕進行動態撥放劑量變化趨勢。劑量顯示操作可以為連續動態自動輪播每個時間間隔之等值線變化，也可以為使用者利用時間進度拉條拉動至有興趣之時間點顯示。

於完成資料載入與選取顯示項目後，系統右邊之資訊說明欄位，如圖 4-5，會顯示目前評估案例的 Site (電廠名稱)，Release Condition (外釋條件)，Main Nuclides (主要核種外釋總量)，Time (時間)，Dose Type (顯示項目)，及 Contour Levels (等值線圖例)等。

其中 Main Nuclides 為 Xe-133，I-131、I132、Cs-134，及 Cs-137 等 5 種放射性核種，系統會將於 3.4 設定外釋射源項所有輸入核種之貢獻納入劑量計算，只是非上述之核種不會於資訊欄位顯示而已。

Time 之欄位會依選取項目為劑量率或累積/可減免劑量分別顯示為時間點或時間區間。Contour Levels 為說明不同等值線顏色所代表之數值。

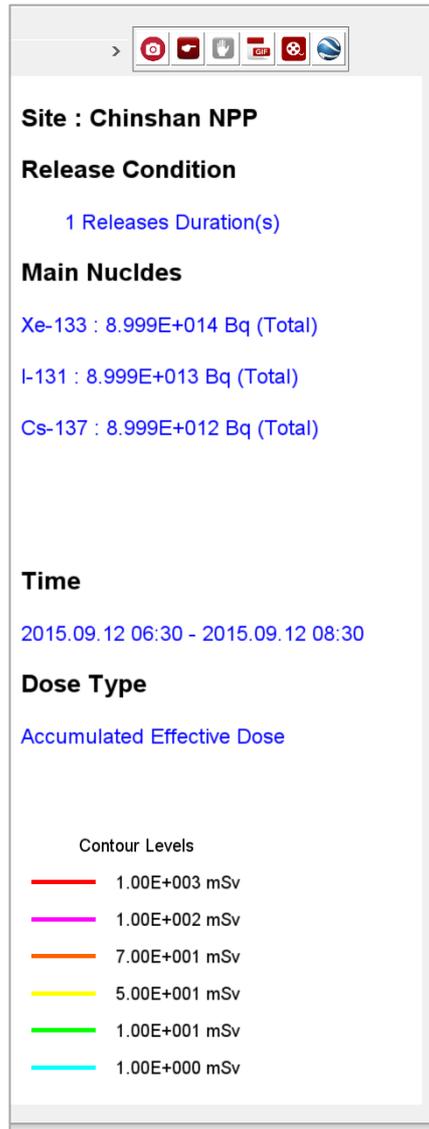


圖 4-5 資訊說明欄位

圖 4-6 為劑量動/靜態顯示操作工具列。工具列最左邊撥放圖示為 Start Play，點選後即開始依設定時間間隔，依序於中間圖台自動顯示等值線變化；往右邊暫停圖示為 Pause，點選後將暫停動態撥放，同時左邊拉條將變成可拉動的狀態，此時使用者可手動控制時間拉條，於圖台顯示有興趣之特定時間點之劑量值。不論自動或手動控制顯示時間，圖 4-5 中 Time 之資料欄位會同步顯示目前圖台中等值線的評估時間。

工具列載往右邊停止清除的圖示為 Clear，點選後會清除圖台中顯示的所有等值線資料，讓使用者重新由 Display 選單中選取其他的劑量展示項目。



圖 4-6 劑量動/靜態顯示操作工具列

4.2 民眾防護行動建議

下拉選單 PAG 功能表，為將網格化劑量資料轉換為村里劑量之功能。共有 Analyzing Scope (分析範圍)，Analyze (執行分析)，Recall Analyzed Data (載入已分析資料)，Tabulate Display (列表顯示)，Map Display (地圖顯示)，及 Export Result to Text (輸出至文字檔)等功能，如圖 4-7 所示。

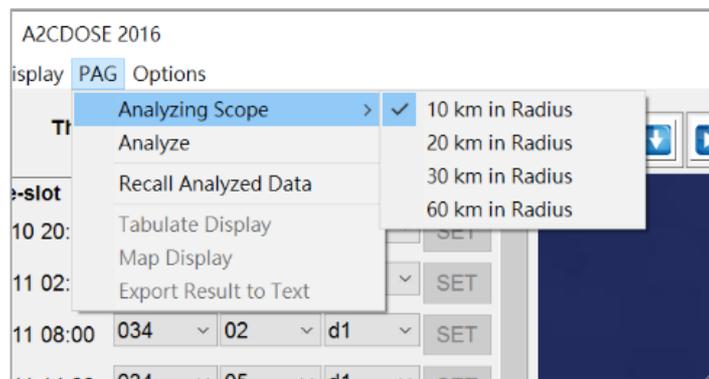


圖 4-7 PAG 功能表選單項目

使用者可依評估範圍需求選取村里劑量分析範圍，為節省分析時間，系統預設範圍為電廠半徑 10 公里範圍，可充分涵蓋緊急應變計畫區域。完成分析後，Tabulate Display、Map Display，及 Export Result to Text 等功能將轉為可點選執行的狀態。

圖 4-8 為列表式民眾防護行動分析結果，最左邊欄位為村里名稱，之後依序為掩蔽採行時間，掩蔽可減免劑量(mSv)，疏散採行時間，

疏散可減免劑量(mSv)，服用碘片採行時間，及甲狀腺可減免劑量(mSv)等資訊，排列係依照劑量值由高至低的方式。若未達民眾防護行動的干預基準，則採行時間欄位將顯示 NA，且劑量值為顯示最大可減免劑量數值。

Proposed Protective Action	Sheltering Action Time	Sheltering Avertable Dose(mSv)	Evacuation Action Time	Evacuation Avertable Dose(mSv)	Iodine Prophylaxis Action Time	Thyroid Avertable Dose(mSv)
新北市石門區乾華里	2015.09.12 06:30	1.509E+001	NA	Maximum 1.563E+001	2015.09.12 07:30	1.059E+002
新北市石門區尖寮里	NA	Maximum 4.385E+000	NA	Maximum 4.524E+000	NA	Maximum 4.098E+001
新北市石門區石門里	NA	Maximum 7.387E-001	NA	Maximum 7.661E-001	NA	Maximum 6.882E+000
新北市石門區茂林里	NA	Maximum 5.669E-001	NA	Maximum 5.852E-001	NA	Maximum 5.300E+000
新北市石門區山溪里	NA	Maximum 3.349E-001	NA	Maximum 3.472E-001	NA	Maximum 3.120E+000
新北市石門區老梅里	NA	Maximum 1.602E-001	NA	Maximum 1.667E-001	NA	Maximum 1.489E+000
新北市三芝區龍山里	NA	Maximum 9.547E-002	NA	Maximum 9.896E-002	NA	Maximum 8.902E-001
新北市金山區盤和里	NA	Maximum 7.785E-002	NA	Maximum 8.109E-002	NA	Maximum 7.234E-001
臺北市北投區湖田里	NA	Maximum 7.628E-002	NA	Maximum 7.933E-002	NA	Maximum 6.978E-001
新北市三芝區橫山里	NA	Maximum 3.358E-002	NA	Maximum 3.491E-002	NA	Maximum 3.123E-001
新北市金山區橫湖里	NA	Maximum 2.661E-002	NA	Maximum 2.770E-002	NA	Maximum 2.473E-001
新北市三芝區埔坪里	NA	Maximum 1.088E-002	NA	Maximum 1.134E-002	NA	Maximum 1.011E-001
新北市石門區草里里	NA	Maximum 7.265E-003	NA	Maximum 7.550E-003	NA	Maximum 6.759E-002
新北市三芝區茂長里	NA	Maximum 7.028E-003	NA	Maximum 7.328E-003	NA	Maximum 6.531E-002
新北市三芝區人賢里	NA	Maximum 6.497E-003	NA	Maximum 6.774E-003	NA	Maximum 6.040E-002
新北市金山區三界里	NA	Maximum 4.930E-003	NA	Maximum 5.137E-003	NA	Maximum 4.578E-002
新北市三芝區福德里	NA	Maximum 4.658E-003	NA	Maximum 4.854E-003	NA	Maximum 4.335E-002
新北市石門區富基里	NA	Maximum 3.601E-003	NA	Maximum 3.747E-003	NA	Maximum 3.347E-002
新北市金山區西湖里	NA	Maximum 3.266E-003	NA	Maximum 3.403E-003	NA	Maximum 3.032E-002
新北市三芝區板里	NA	Maximum 3.038E-003	NA	Maximum 3.167E-003	NA	Maximum 2.827E-002
新北市金山區六股里	NA	Maximum 1.455E-003	NA	Maximum 1.517E-003	NA	Maximum 1.352E-002
新北市石門區樟寮里	NA	Maximum 1.421E-003	NA	Maximum 1.481E-003	NA	Maximum 1.320E-002
新北市萬里區樟潭里	NA	Maximum 6.519E-004	NA	Maximum 6.794E-004	NA	Maximum 6.053E-003
新北市金山區五湖里	NA	Maximum 2.525E-004	NA	Maximum 2.631E-004	NA	Maximum 2.346E-003
新北市三芝區新庄里	NA	Maximum 2.247E-004	NA	Maximum 2.335E-004	NA	Maximum 2.091E-003
新北市三芝區埔頭里	NA	Maximum 2.184E-004	NA	Maximum 2.277E-004	NA	Maximum 2.030E-003
新北市三芝區古庄里	NA	Maximum 1.878E-004	NA	Maximum 1.958E-004	NA	Maximum 1.746E-003
新北市金山區六興里	NA	Maximum 1.038E-004	NA	Maximum 1.082E-004	NA	Maximum 9.643E-004
新北市萬里區六興里	NA	Maximum 8.179E-005	NA	Maximum 8.520E-005	NA	Maximum 7.589E-004
新北市金山區清泉里	NA	Maximum 6.883E-005	NA	Maximum 7.165E-005	NA	Maximum 6.398E-004
新北市金山區萬壽里	NA	Maximum 5.847E-005	NA	Maximum 6.092E-005	NA	Maximum 5.431E-004

圖 4-8 列表式民眾防護行動分析結果

圖 4-9 為以地圖方式顯示民眾防護行動分析結果，於圖台中利用不同的顏色標示不同村里須採行之民眾防護行動。右方資訊欄位下方為不同顏色所代表的民眾防護行動需求說明。地圖顯示與列表顯示可同時讓使用者了解不同民眾防護行動採行村里的確切地理位置，也可了解達到干預基準的程度。

若已執行過村里劑量分析且輸出成文字檔案，則可利用 Recall Analyzed Data 載入民眾防護行動分析結果，之後可直接點選列表或地圖顯示。

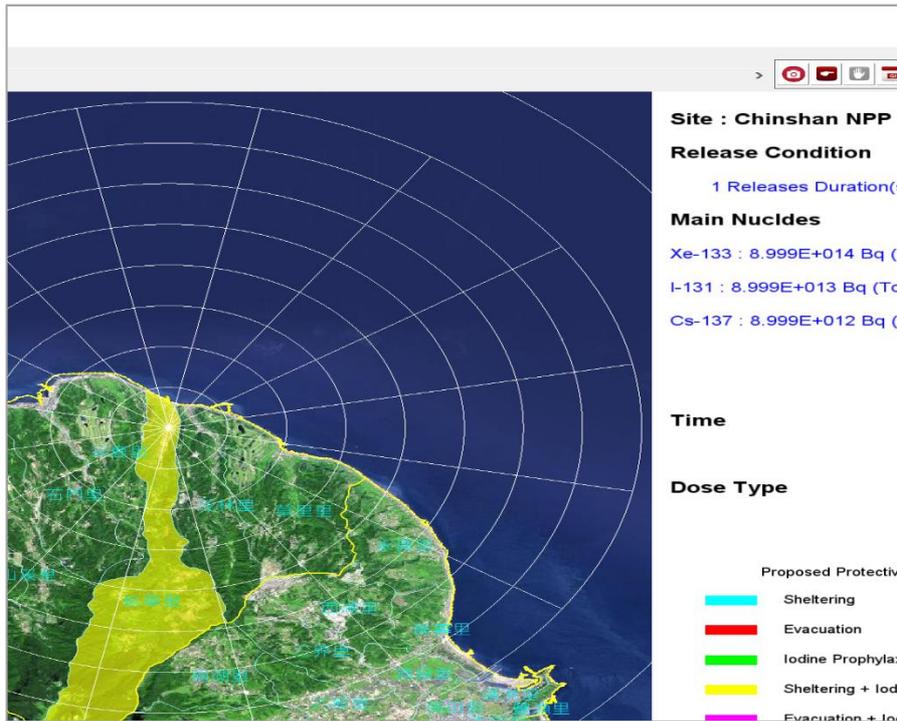


圖 4-9 地圖式民眾防護行動分析結果

4.3 圖台操作功能

圖台操作為提供使用者具有與衛星影像與行政區域標示平台的互動能力，在二維圖台上共具有平移、縮放與回復等功能，如圖 4-10 左側工具列，而另外於三維圖台上增加旋轉以及長寬與高度比例調整的功能，如圖 4-10 右側工具列。



圖 4-10 二維(左)與三維(右)圖台互動操作工具列

圖 4-11 為縮放功能示意圖，使用者點選圖 4-10 工具列中放大鏡圖示後，可用滑鼠於圖台上拉動，圖台即會產生放大或縮小的效果。系統會依照目前圖台地圖顯示之比例尺，自動顯示行政區界線及名稱，當顯示範圍較大時，僅會顯示縣市名稱，隨著放大比例增加，會依序出現鄉鎮名稱，及村里名稱。

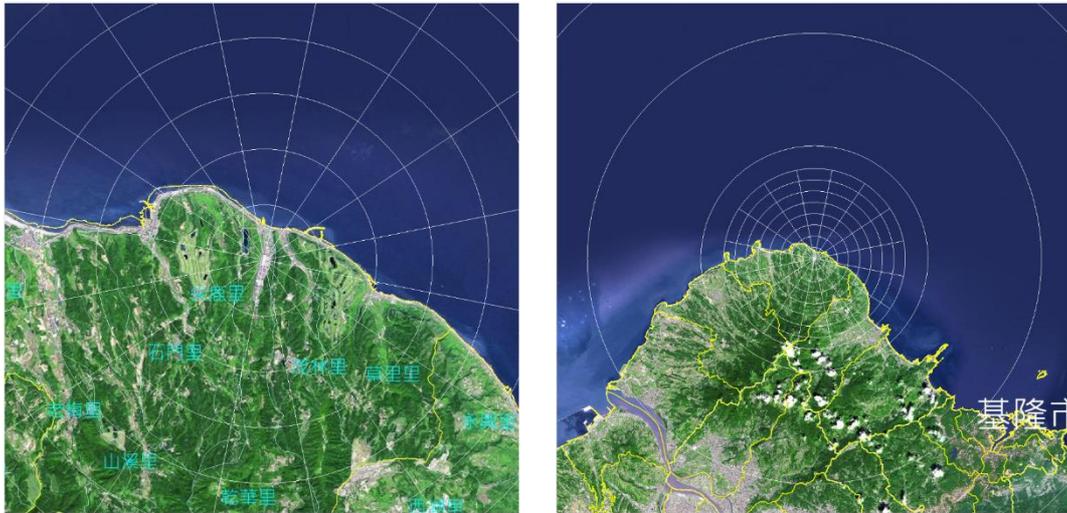


圖 4-11 縮放功能示意

圖 4-12 為平移功能示意，使用者點選圖 4-10 中上下左右雙箭頭圖示後，用滑鼠於圖台上拖動，即會產生平移的效果。可在同比例尺下，上下左右平移至不同的區域觀看地圖影像。點選圖 4-10 向下箭頭的圖示，圖台會回復至以核電廠半徑 60 公里範圍的預設顯示。

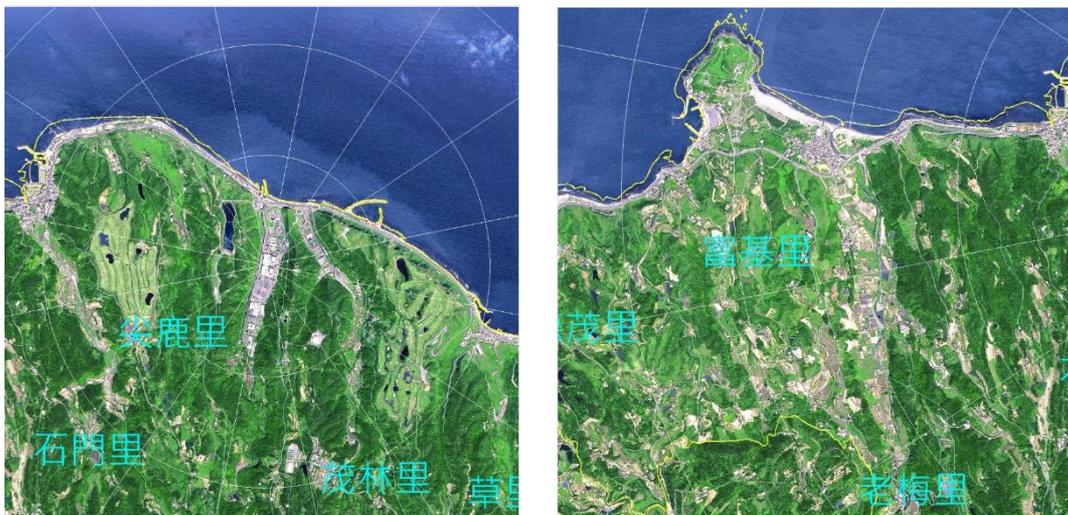


圖 4-12 平移功能示意

圖 4-13 為點選 Display 功能表中 3D View 所出現之三維顯示視窗，三維顯示視窗具有旋轉之圖台操作功能，圖 4-13 可以明顯看出圖台上大屯火山系與台北盆地之地形變化，利用三維旋轉功能，主要提供使用者觀察放射性物質擴散時受地形影響之效應。使用者依照

4.1 節所介紹之方法設定自動或手動撥放等值線變化，二維與三維圖台將同步顯示該時序之結果。

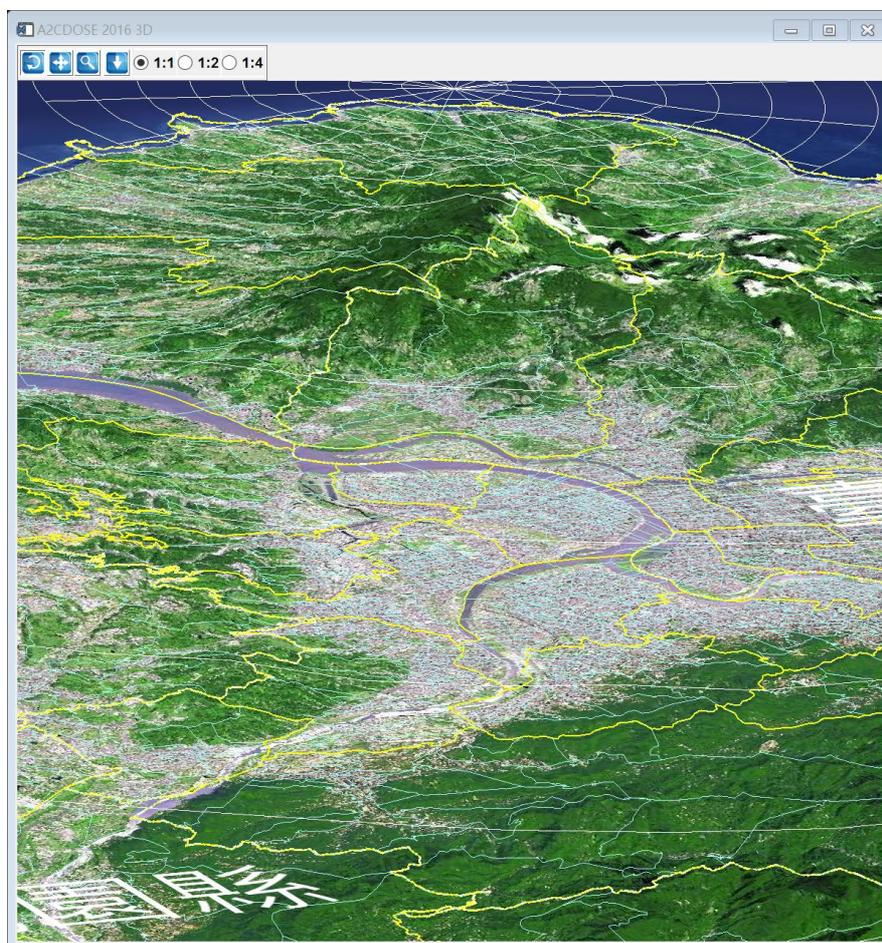


圖 4-13 三維顯示旋轉功能

4.4 顯示參數設定

劑量評估系統視覺化顯示劑量之圖台除預設顯示設定外，亦提供使用者自訂所需的顯示效果。顯示參數設定在 Options 功能表下，共有 Contour Type (等值線類型)，Contour Time Interval (等值線顯示時間間隔)，Display Wind Field (顯示風場風標)，Display Puff Trajectory (顯示煙陣軌跡)，Contour Level (等值線數值)，及 Export Image Type (輸出圖像類別)等功能，如圖 4-14 所示。

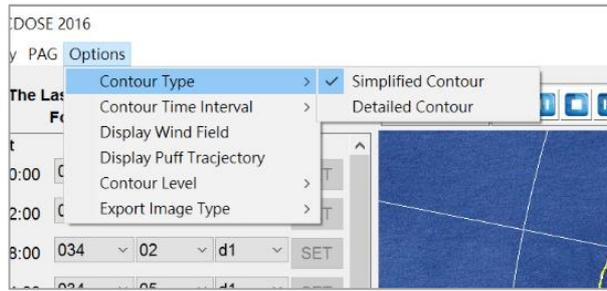


圖 4-14 顯示設定功能選單

Contour Type 具 Simplified Contour 與 Detailed Contour 兩個選項，Simplified Contour 為共顯示 6 個等值線區間，如圖 4-15 之上圖，Detailed Contour 則可顯示達 31 個等值線色階，如圖 4-15 之下圖。其中 Simplified Contour 具有等值線區間的預設值，而使用者也可以由 Contour Level 功能表中點選 User Defined，自行設定等值線值區間，如圖 4-16。Detailed Contour 則不提供使用者設定等值線區間的功能。系統資訊顯示欄位下方，會顯示等值線的說明圖例。

Contour Time Interval 為提供使用者設定劑量顯示之時間間隔，預設值為 60 分鐘，對於排放或外釋時間短的案例，可以縮短顯示的時間間隔至 10 分鐘，以能使於短時間中觀察劑量之變化情況。

點選 Display Wind Field 與 Display Puff Trajectory 為提供於顯示等值線時，開啟或關閉風場與模擬之煙陣軌跡的顯示狀態，如圖 4-17，風場與煙陣軌跡可以單獨設定顯示與否，此功能可以協助使用者了解放射性物質受風向風速或地形的影響，所造成最終劑量變化的結果。在二維和三維的顯示圖台中，風場與煙陣軌跡顯示設定為同步開啟或關閉，其中煙陣軌跡為三維空間的位置分布，於三維圖台透過地圖旋轉之功能，可更清楚看出擴散過程因地形造成的效應。

Export Image Type 參數設定為提供使用者於圖像檔案輸出時，可選擇採用二維或三維的圖台顯示結果。

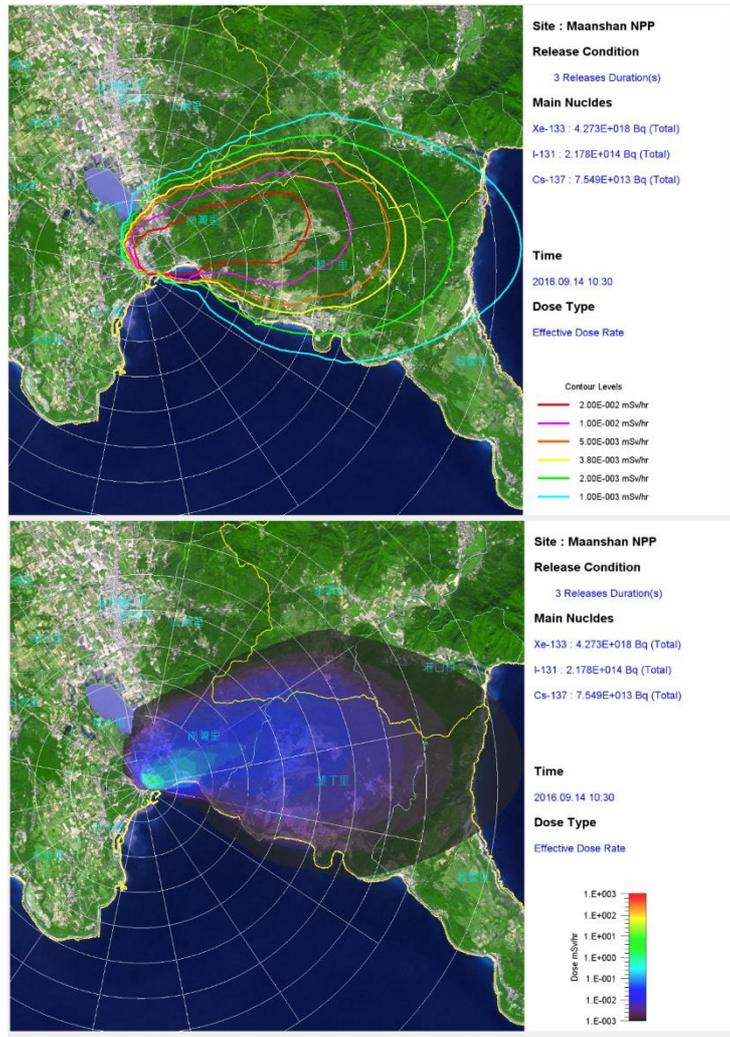


圖 4-15 Contour Type 顯示功能切換

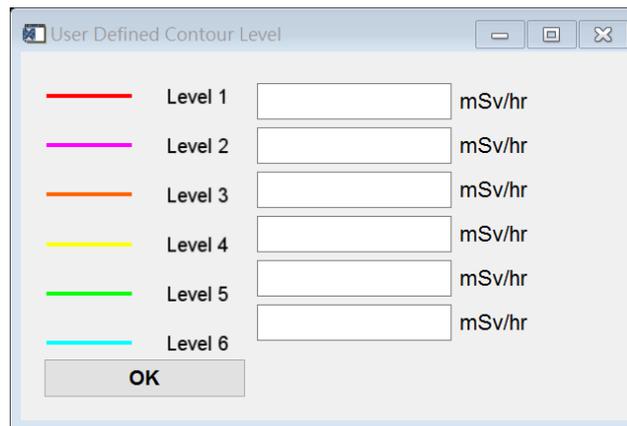


圖 4-16 使用者自訂等值線區間功能視窗

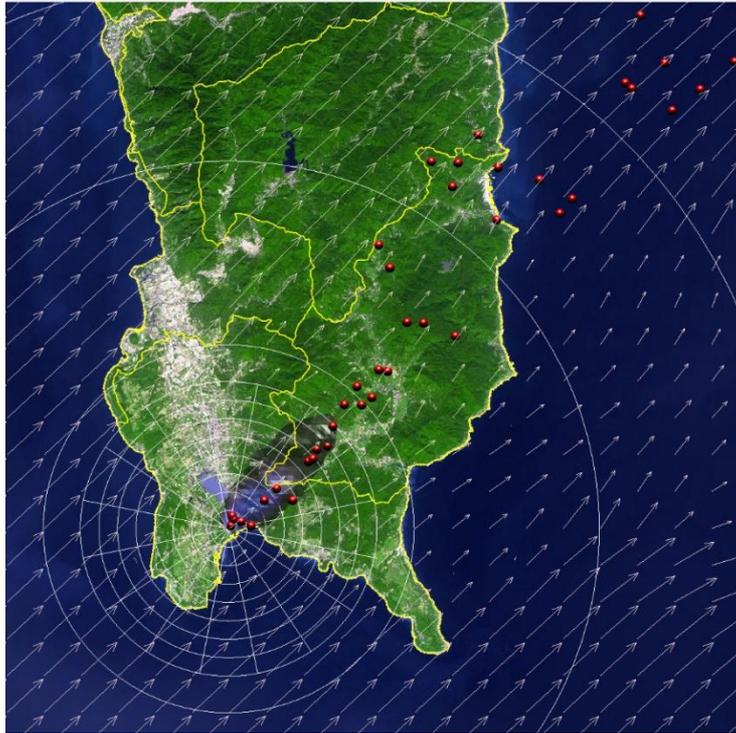


圖 4-17 同步顯示風場風標圖與煙陣軌跡圖

4.5 圖像輸出功能

劑量評估系統具備有劑量顯示圖台，而對於其他應變單位則提供圖/影像輸出的功能，以作為橫向聯繫的溝通素材。圖/影像輸出功能工具列位於系統視窗介面之右上角，如圖 4-18。



圖 4-18 圖/影像輸出功能工具列

最左邊之照相機圖示為輸出單一時序之 jpeg 格式圖像，輸出之圖像包含二/三維圖台顯示與資訊說明欄位，如圖 4-15 之結果。

工具列其次手指形狀之圖示為開啟自動輸出圖像之控制按鍵，按下後依照 4.1 節中操作連續播放劑量隨時間變化時，系統將自動輸出連續時序的 jpeg 圖像檔案，或採暫停輪播後，以拉動時間拉條的方式變換時間顯示點，亦同樣會輸出各時序的圖像檔案，即按下連續

輸出圖像按鍵後，只要改變劑量顯示時間，系統即會自動輸出圖像檔案。其右邊手掌形狀之圖示為停止連續輸出圖像之控制按鍵，按下後系統將停止自動輸出。

工具列右邊第三與第二為 GIF 與電影播放的圖示，分別可以將多張 jpeg 圖像檔案輸出成動態圖像的 GIF 檔案，以及 mpeg4 格式的影像檔案。點選多個檔案建議先點選最後一個檔案，再按住 Shift 鍵點第一個檔案，即可快速依照檔名順序完成選取所有檔案，如圖 4-19，完成選取後按下方開啟按鍵，會出現輸入輸出 GIF 或 mp4 檔名的對話視窗，由使用者自行輸入檔案名稱後，點選存檔即會輸出 GIF 動態圖像檔或 mp4 影像檔。

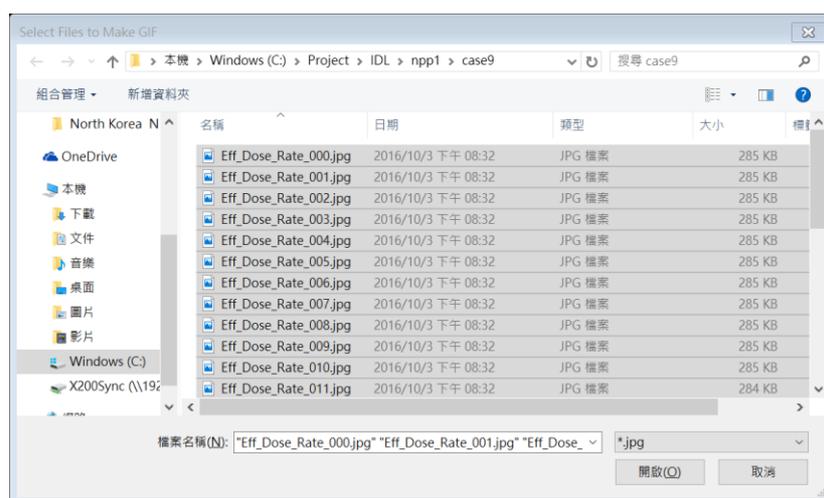


圖 4-19 GIF/影像輸出多重圖檔選取

工具列最右邊 Google Earth 圖示的按鍵為輸出 Google Earth 的檔案格式，輸出檔案為使用者自行命名的.kml 檔案，同時還會輸出 colorbar.kml 與 colorbar.png 的圖標。輸出結果如圖 4-20 所示。

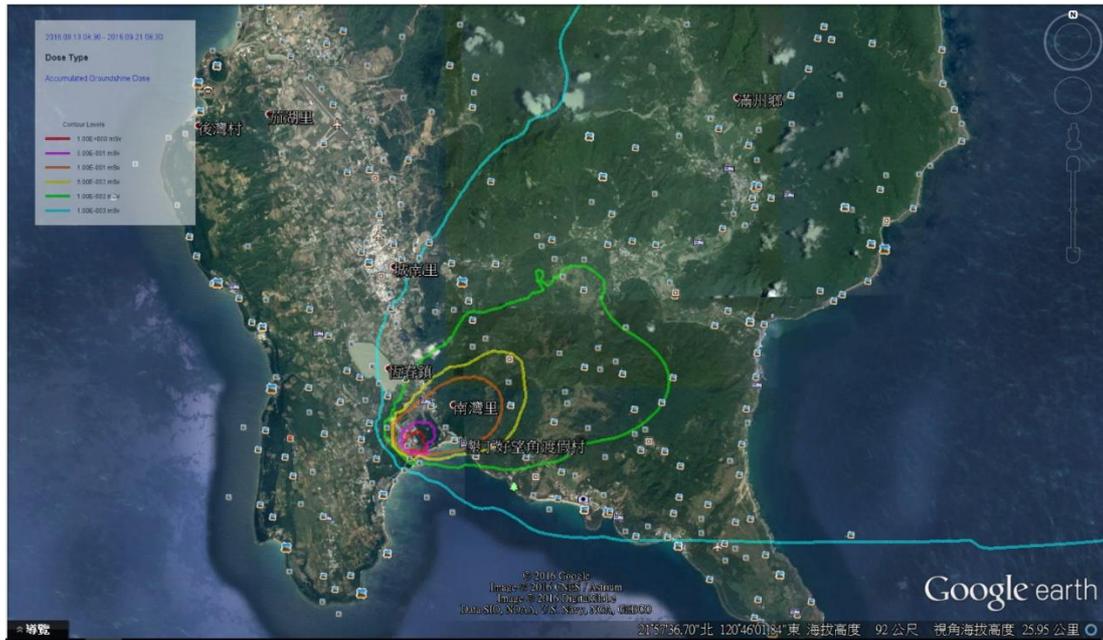


圖 4-20 Google Earth 檔案輸出與顯示結果

5. 總結

劑量評估系統於介面規劃上，係採用直覺化，由左至右循序的操作流程設計，並以功能互鎖的方式，讓具前後執行順序之功能，於未執行前一程序，後續的功能按鍵將無法點選執行，對於無法利用功能互鎖的程序，則以彈跳視窗引導或提示使用者操作順序。以期縮短使用者上手時間，與誤操作之機率。

本系統將持續參照使用者的回饋意見與功能需求，進行系統的錯誤修正與功能開發，使劑量評估系統在核子事故緊急應變工具中發揮關鍵的決策輔助能力。

附件五

新一代核子事故劑量評估系統
標準作業程序書
V1.0

改版歷程

版次	發行/修訂日期	發行/修訂說明	發行/修訂單位	發行/修訂人員
1.0	105 年 9 月 30 日	初版發行	氣象局科技中心	曾慧婷

目錄

改版歷程.....	1
1. 目的.....	3
2. 簡介.....	3
2.1 適用範圍.....	3
2.2 適用對象.....	3
3. 名詞解釋.....	3
4. 新一代劑量評估系統	3
4.1 新一代劑量評估系統介紹.....	4
4.2 一般常態性作業.....	5
4.2.1 即時氣象應用資料庫.....	5
4.2.2 大氣擴散模式.....	8
4.2.3 作業之 shell script	9
4.2.4 資料存放路徑一覽.....	12

1. 目的

新一代劑量評估系統之作業程序內容及時程的標準流程，以利管理者有效管理及維運。

2. 簡介

2.1 適用範圍

科技中心建南辦公室執行新一代劑量評估系統相關人員

2.2 適用對象

新一代劑量評估系統負責人、管理人

3. 名詞解釋

新一代劑量評估系統:本系統是氣象局科技中心與原子能委員會核能研究所合作開發之系統，取代原劑量評估系統，一改原劑量評估系統採用資料庫形式的氣象資料，以當下氣象模式的模擬透過處理後取而代之，並將大氣擴散模式的模擬過程引入一些模組，使系統可以直接得到核安事故所需之資訊，

4. 新一代劑量評估系統

新一代劑量評估系統管理人員一般常態性的作業包括:

1. 每日檢查線上系統有無瑕疵或異常，確認無誤，必要時重新執行作業系統。

2. 對上游資料提供及下游使用人員提出系統出現異常等問題，系統管理人員即針對問題解決。

4.1 新一代劑量評估系統介紹

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。

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。

在 311 日本福島核電廠事故之後，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。

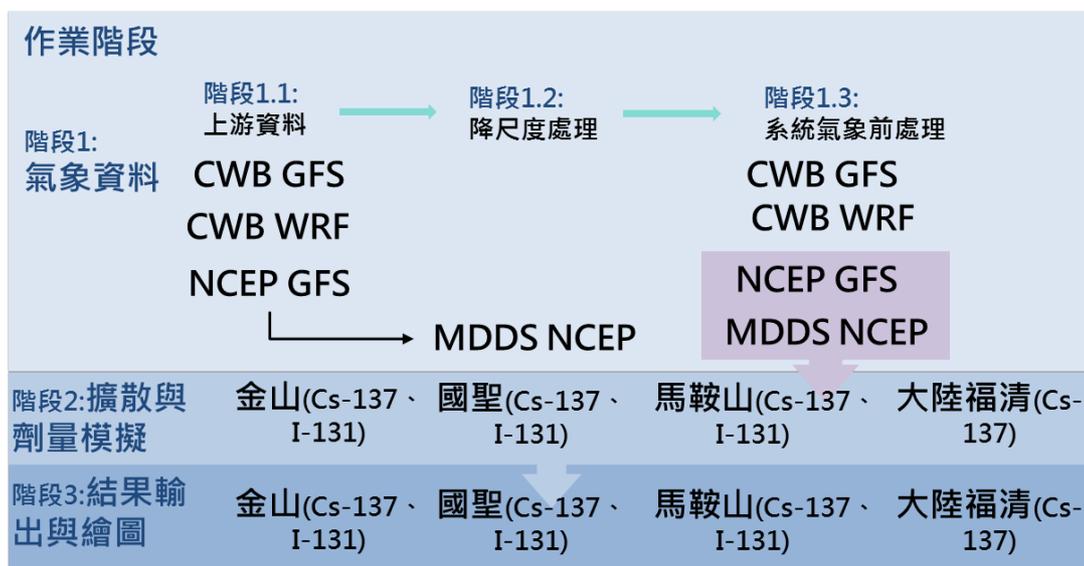
因此一改現行境內核子事故劑量評估系統以天氣類型法的氣象資料庫造成的氣象預報的方式，利用科技部「國際核災輻射塵影響評估技術研究」計畫中，中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 下之

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劑量評估系統。

新一代劑量評估系統目前例行的作業,每日進行核一、核二和核三廠假想事故的模擬,分別進行 I-131 核種和 Cs-137 核種相當於福島事故等級的模擬,以及大陸福清電廠 Cs-137 核種的模擬。

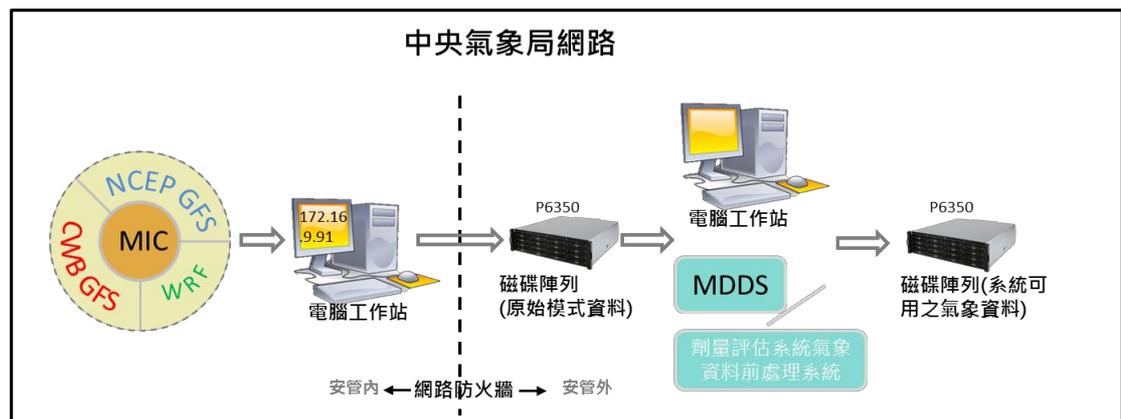
4.2 一般常態性作業

新一代劑量評估系統大致可以分為兩個部分的例行作業,一部分是即時氣象應用資料庫,一部分是大氣擴散模式,因應上游氣象模式資料時間,各自有不同的作業時間,以下一一說明各氣象資料及擴散模式的例行作業程序。



4.2.1 即時氣象應用資料庫

即時氣象應用資料庫的上游資料來源都是由氣象局資訊中心傳輸而來，分別有 NCEP GFS 資料、氣象局的全球預報系統(CWB GFS)和區域預報模式(WRF) ，如圖 4.2.1 最左邊所示，這些資料會由氣象局安內網路傳輸到氣象局安管內網路的個人電腦工作站，在傳輸到安管外網路的磁碟陣列，此磁碟陣列可於安管外的



電腦伺服器讀取，並經由安管外工作站中的降尺度系統或劑量評估系統之氣象資料前處理系統處理，最後系統使用之氣象場資料亦存放在磁碟陣列當中。

將資料從資訊中心傳輸到安管內的工作站(IP:172.16.9.91)，抓取資料。其各自的 shell script 分別:

1. NCEP GFS: `/home/cwb_trans/ncep_data_ftp.sh`
(12:20、18:50、00:50、06:50)啟動。
2. CWB GFSkm: `/P6350_B/ GMdata/util/getGM_00`
`/P6350_B/GMdata/util/getGM_06`
`/P6350_B/GMdata/util/ getGM_12`
`/P6350_B/ GMdata/util/getGM_18`
3. CWB WRF45km:
`/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/getWRF_00`
`/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/getWRF_06`
`/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_get WRF/getWRF_12`
`/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/ getWRF_18`

4. CWB WRF 15km

/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/getWRF_00

/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/getWRF_06

/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/getWRF_12

/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/getWRF_18

5. CWB WRF 05km

/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/getWRF_00

/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/getWRF_06

/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/getWRF_12

/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/getWRF_18

關於每個時段(00、06、12、18 UTC)MDDS 所產生的高解析度氣象場資料方面，因為每個時段都需要產生 33 個預報場 (F00~F192)，為求作業之即時化，MDDS 每個時段均會啟動三台機器在運算，分別是 61.56.13.82、61.56.13.84、61.56.13.85。三台機器均有一個 rmds 資料夾在處理資料，其啟動的 shell script 為路徑該 rmds 資料夾裡面的 **control_rmds.sh**，啟動的時間為每天 13:45 分啟動 00 UTC，19:45 分啟動 06 UTC，1:45 分啟動 12 UTC，7:45 分啟動 18 UTC 之計算。

接著傳輸過來的資料和經過降尺度系統(MDDS)之高解析度資料會經過劑量評估系統氣象前處理系統，分別進行處理，其 shell script 包含

1. NCEP GFS:

/data1/huiting/routine/meteo/NCEP_GFS/routine_NCEP_GFS.sh

2. CWB GFS:

/data1/huiting/routine/meteo/cwb_gfs_code/ routine_cwb_gfs .sh

3. CWB WRF45km:

/data1/huiting/routine/meteo/CWB_WRF_45km/routine_wrf_45km.sh

4. CWB WRF 15km

/data1/huiting/routine/meteo/CWB_WRF_15km/routine_wrf_15km.sh

5. CWB WRF 05km

/data1/huiting/routine/meteo/CWB_WRF_05km/routine_wrf_05km.sh

6. MDDS_NCEP

/data1/huiting/routine/meteo/MDDS_NCEP/routine_MDDS_NCEP.sh

4.2.2 大氣擴散模式

劑量評估系統於金山電廠、國聖電廠、馬鞍山電廠進行 Cs-137 和 I-131 核種的每日假想事故模擬，以及大陸福清電廠 Cs-137 核種的模擬。

所有電廠的各個核種的假想模擬於每日處理 00UTC 降尺度系統的氣象資料後，緊接著啟動，分別在 7 個資料夾有 7 個 shell script:

1. 金山電廠的 Cs-137:/data1/huiting/routine/projects/ChinShin-1/Cs-137/A2Ctnd_routine_Cs.sh
2. 金山電廠的 I-131:/data1/huiting/routine/projects/ChinShin-1/I-131/A2Ctnd_routine_I.sh
3. 國聖電廠的 Cs-137:/data1/huiting/routine/projects/Kuosheng-1/Cs-137/A2Ctnd_routine_Cs.sh
4. 國聖電廠的 I-131:/data1/huiting/routine/projects/Kuosheng-1/I-131/A2Ctnd_routine_I.sh
5. 馬鞍山電廠的 Cs-137:/data1/huiting/routine/projects/Maansham-1/ Cs-137/A2Ctnd_routine_Cs.sh
6. 馬鞍山電廠的 I-131:/data1/huiting/routine/projects/Maanshan-1/I-131/A2Ctnd_routine_I.sh

7. 福清電廠的 Cs-137:/data1/huiting/routine/projects/Fuqing-1/
Cs-137 A2Ctnd_routine_Cs.sh:q

4.2.3 作業之 shell script

所有作業用的 shellsript 大致分為 4 類:1.資料引入，2.

MDDS 資料處理，3.系統氣象資料前處理 4. 大氣擴散劑量模擬，5.

結果輸出及繪圖。分別有各自 shell script 的名稱、主要內容、路徑、

作業時間和創建的帳號。

1. 資料引入

機器位置:172.16.9.91

Shell script	內容	路徑	作業時間	帳號
ncep_data_ftp.sh	抓取ncep gfs資料	/home/cwb_trans/	12:20、18:50、 00:50、06:50	cwb_trans
getGM_00	抓取cwg gfs 00Z資料	/P6350_B/GMdata/util/	13:00	drowsy
getGM_06	抓取cwg gfs 06Z資料	/P6350_B/GMdata/util/	18:30、19:30	drowsy
getGM_12	抓取cwg gfs 12Z資料	/P6350_B/GMdata/util/	01:00	drowsy
getGM_18	抓取cwg gfs 18Z資料	/P6350_B/GMdata/util/	06:35、07:35	drowsy
getWRF_00	抓取wrf 45km 00Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/	13:25	drowsy
getWRF_06	抓取wrf 45km 06Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/	19:20	drowsy
getWRF_12	抓取wrf 45km 12Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/	01:20	drowsy
getWRF_18	抓取wrf 45km 18Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa01_getWRF/	07:20	drowsy
getWRF_00	抓取wrf 15km 00Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/	13:25	drowsy
getWRF_06	抓取wrf 15km 06Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/	19:20	drowsy
getWRF_12	抓取wrf 15km 12Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/	01:20	drowsy
getWRF_18	抓取wrf 15km 18Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa02_getWRF/	07:20	drowsy
getWRF_00	抓取wrf 05km 00Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/	13:25	drowsy
getWRF_06	抓取wrf 05km 06Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/	19:20	drowsy
getWRF_12	抓取wrf 05km 12Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/	01:20	drowsy
getWRF_18	抓取wrf 05km 18Z資料	/P6350_B/getDMS_WRF/wa03_getWRF/	07:20	drowsy

2.MDDS 資料處理

Shell script	內容	路徑	作業時間	帳號	機器位置
control_rmdds.sh	執行mdds動力降尺度系統	/home/ccw/rmdds/	13:45, 19:45 01:45, 07:45	ccw	61.56.13.82
control_rmdds.sh	執行mdds動力降尺度系統	/home/ccw/rmdds/	13:45, 19:45 01:45, 07:45	ccw	61.56.13.84
control_rmdds.sh	執行mdds動力降尺度系統	/home/ccw/rmdds/	13:45, 19:45 01:45, 07:45	ccw	61.56.13.85

3.系統氣象資料前處理

Shell script	內容	路徑	作業時間	帳號
routine_NCEP_GFS.sh	處理ncep gfs 資料	/data1/huiting/routine/ meteo/NCEP_GFS/	13:40、19:40、 01:40、07:40	huiting
routine_cwb_gfs.sh	處理cwb gfs 資料	/data1/huiting/routine/meteo/ cwb_gfs_code/	13:30、19:30、 01:30、07:30	huiting
routine_wrf_45km.sh	處理cwb wrf 45km 資料	/data1/huiting/routine/meteo/ CWB_WRF_45km/	13:40、19:40、 01:40、07:40	huiting
routine_wrf_15km.sh	處理cwb wrf 15km資料	/data1/huiting/routine/meteo/ CWB_WRF_15km/	13:40、19:40、 01:40、07:40	huiting
routine_wrf_05km.sh	處理cwb wrf 05km資料	/data1/huiting/routine/meteo/ CWB_WRF_05km/	13:40、19:40、 01:40、07:40	huiting
routine_MDDS_NCEP.sh	處理MDDS ncep gfs 資料	/data1/huiting /routine/meteo/MDDS_NCEP/	16:18、22:18、 04:18、10:18	huiting

4. 大氣擴散劑量模擬

機器位置:61.56.13.83

Shell script	內容	路徑	作業時間	帳號
A2Ctnd_routine_Cs.sh	金山電廠對核種Cs137的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ ChinShin-1/ Cs-137/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_I.sh	金山電廠對核種I131的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ ChinShin-1/ I-131/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_Cs.sh	國聖電廠對核種Cs137的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ Kuosheng-1/ Cs-137/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_I.sh	國聖電廠對核種I131的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ Kuosheng-1/ I-131/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_Cs.sh	馬鞍山電廠對核種Cs137的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ Maansham-1/ Cs-137/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_I.sh	馬鞍山電廠對核種I131的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ Maansham-1/ I-131/	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting
A2Ctnd_routine_Cs.sh	大陸福清電廠對核種Cs137的假想事故模擬	/data1/huiting/routine/projects/ Fuqing-1/ Cs-137	於MDDS資料處理完成後啟動	huiting

5. 結果輸出及繪圖

機器位置:61.56.13.83

Shell script	內容	路徑	作業時間	帳號
Plot_ray.sh	劑量評估系統結果繪圖	/data1/huiting/routine/rdout	18:52	huiting

4.2.4 資料存放路徑一覽

資料	路徑	內容	存放長度
NCEP GFS 原始資料	/P6350_A/NCEP/日期	共有預報384小時	1.5年
CWB GFS 原始資料	/P6350_A/NCEP/日期	共有預報384小時	1年
CWB WRF 原始資料	/P6350_A/NCEP/日期	共有預報96小時	1年
MDDS NCEP GFS 原始資料	/P6350_C/mdds/routine/tw/日期	共有預報192小時	30天
NCEP GFS 系統格式	/P6350_C/A2C_input/日期	共有預報384小時	15天
CWB GFS 系統格式	/P6350_C/A2C_input/日期	共有預報384小時	15天
CWB WRF 系統格式	/P6350_C/A2C_input/日期	共有預報96小時	15天
MDDS NCEP GFS 系統格式	/P6350_C/A2C_input/日期	共有預報192小時	15天
系統輸出資料for 介面 金山電廠 Cs-137	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/Rb-Cs	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 金山電廠 I-131	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/I	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 國聖電廠 Cs-137	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/Rb-Cs	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 國聖電廠 I-131	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/I	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 馬鞍山電廠 Cs-137	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/Rb-Cs	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 馬鞍山電廠 I-131	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/I	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出資料for 介面 福清電廠 Cs-137	/P6350_C/A2C_routine/日期 /Taiwan_ChinShan1/Rb-Cs	共有預報192小時 劑量結果	7天
系統輸出圖檔	/P6350_C/A2C_rPlot/日期	各電廠、核種模擬 結果，包含單張圖 及GIF動畫檔	15天

新一代核子事故劑量評估系統
緊急應變程序書
V1.0

版歷程

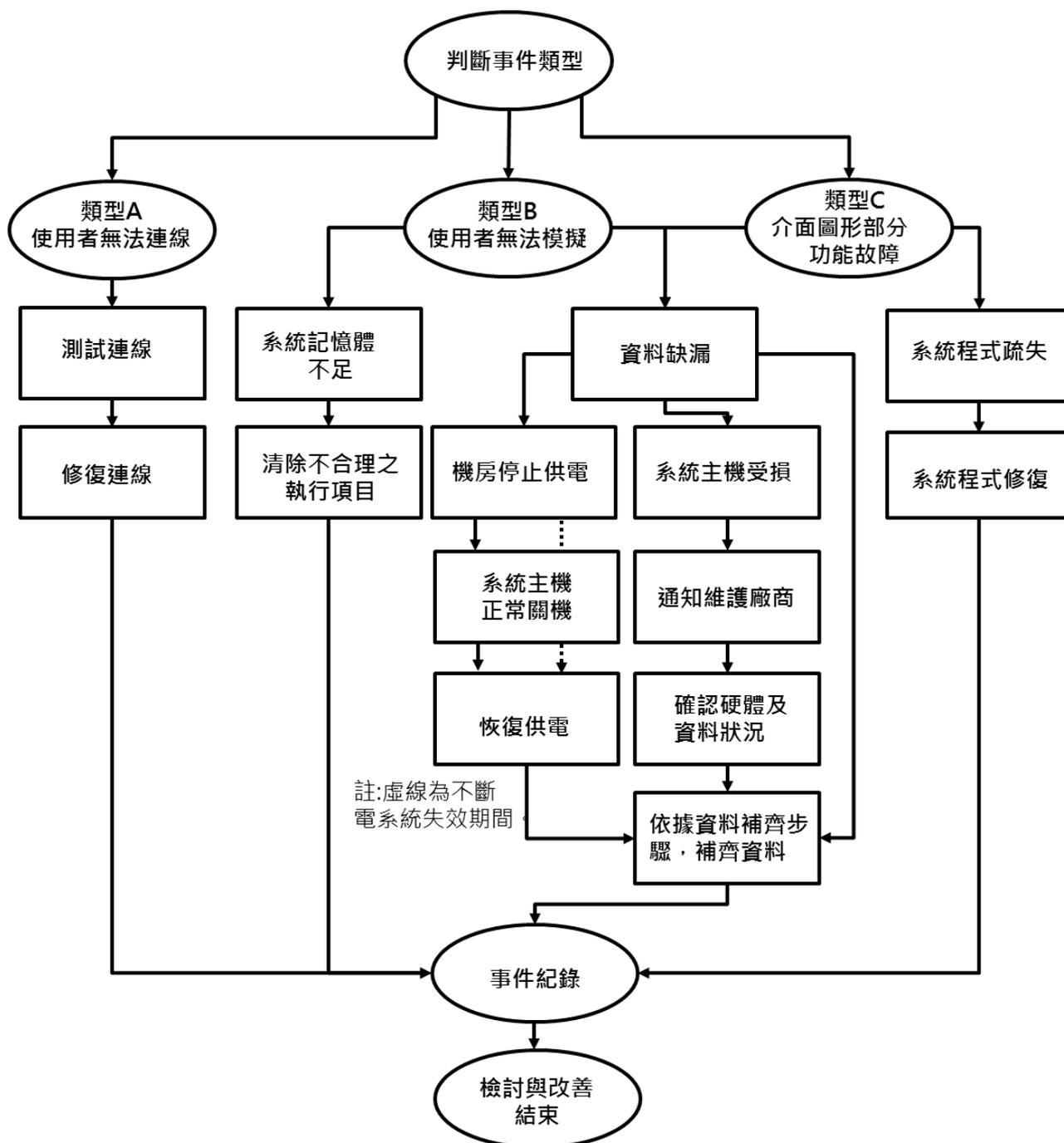
版次	發行/修訂日期	發行/修訂說明	發行/修訂單位	發行/修訂人員
1.0	105 年 11 月 30 日	初版發行	氣象局科技中心	曾慧婷

1. 目的：確保核心業務遭受不可抗力之災害或其它人員破壞時，能在最短時間內回復至最低營運水準(minimum level)，並視資源與時間回復至正常服務水準。
2. 簡介
 - 2.1 適用範圍：
 - 2.2 適用對象：本系統相關維護人員
 - 2.3 權責分工
如下述：
 - 2.3.1 召集人(指揮官)：
 - 2.3.1.1 啟動：當機房停止供電、主機遭受破壞等事件發生時，啟動緊急應變計畫。
 - 2.3.1.2 指揮：指揮各關鍵業務緊急應變工作的執行作業，並協調資源之調派使用。
 - 2.3.2 各單位資安人員：
 - 2.3.2.1 負責召集相關人員，建立、維護、更新修訂及執行緊急應變計畫及相關災害復原程序。
 - 2.3.2.3 於啟動緊急應變計畫時，協助召集人執行各項緊急應變工作。
 - 2.3.3 各關鍵業務流程負責人：
 - 2.3.3.1 負責發展、維護、更新修訂及執行緊急應變計畫及相關災害復原程序。
 - 2.3.3.2 配合進行緊急應變計畫之測試及演練。
 - 2.3.3.3 於啟動緊急應變計畫時，執行各項緊急應變工作。
3. 名詞解釋
 - 3.1 最低營運水準(minimum level)：

某項業務於異常營運狀況下，提供單位正常營運之作業功能、資料內容或服務項目達四分之一。
4. 預防期(平時準備)
 - 4.1 備份資料

核子事故劑量評估系統安內主副機均放置於中央氣象局衛星中心 2 樓機房，互為備援。

4.2 緊急應變作業程序架構流程圖



4.2.1 事件類型描述

類型 A: 當使用者無法連線到登入頁面時，所採取的處理行動，主要會先測試是否為系統主機的連線問題，接著進行修復，並接著確認系統是否正常。

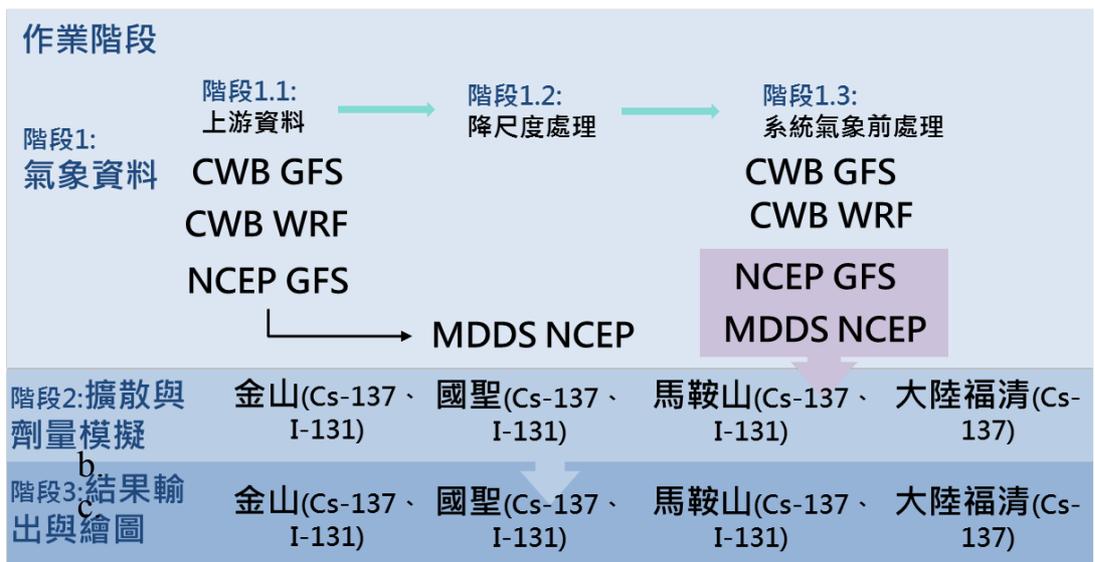
類型 B: 使用者無法模擬可能會有兩種情形，所選擇模擬的資料有問題，會進行資料的檢查，其資料缺漏的原因如流程圖所示，可能會有機房供電問題，或是系統主機受損的情況，經過排除恢復正常之後，皆會進行資料補齊的步驟，

資料補齊的步驟會在 4.2.2 節詳細說明。另外，當系統湧入大量的使用者，或者有些使用者一次執行過多的工作程序時，機器不堪負荷的情形下，系統管理者就有權限，可以適度地終止工作程序，以維護系統例行作業及使用者使用之權益。

類型 C: 介面系統上除了可以讓使用者模擬一些事件的結果，另外很重要的一部分是呈現模擬結果的部分，當圖形呈現或產品下載有問題時，可能是模擬本身有問題，因此需做資料缺漏的檢查，如果模擬結果正常，則可能是系統程式的疏失，此時相關人員要進行程式的除錯及修補。

4.2.2 資料補齊步驟

- a. 參照標準作業程序書 4.2 章節，一般常態性作業中系統的作業階段圖，如下圖，由階段 3→階段 2→階段 1，依序檢查，資料或者圖檔是否輸出正常。



- b. **階段 3** 資料或圖檔缺失，可以參考標準作業程序書(後簡稱 SOP)中 4.2.4 章節:資料存放路徑一覽，其中”系統輸出圖檔”這列的資料位置，確認其所需之繪圖檔案是否齊全，若不齊全可能要繼續往階段 2 進行檢查，若齊全可參照 SOP 4.2.3 章節:作業之 shell script，第五點:結果輸出及繪圖中，提到的 shell script:Plot_ray.sh，修改期執行日期至所需補齊之日期，再重新執行即可。
- c. **階段 2** 大氣擴散及劑量模式異常，先參照 SOP4.2.3 章節中的第 4 點，檢查各個電廠、各個核種進行假想事故模擬的路徑中，所需的各個模式設定檔是否齊全、正確，補齊或修改之後，可重新啟動各個 shell script，重新進行模擬，並且模擬結束後，繼續執行**階段 3**。若是氣象資料出現問題則開始

檢查階段 1。

- d. **階段 1** 檢查其所用之氣象資料是否正常，由於每日例行核電廠的假想事故模擬，所使用的是 NCEP GFS 資料及 MDDS NCEP 台灣地區的高解析度資料，因此假想事故模擬異常時，可先參照 SOP 4.2.4 節：資料存放一覽中，NCEP GFS 系統格式與 MDDS NCEP GFS 系統格式所指之存放路徑，資料是否齊全，若不齊可先執行**階段 1.3**之 shell script，參照 SOP 4.2.3 節中的第 3 點，判斷是否是資料問題，若不是則檢查此階段所用之程式，其程式位置在其表格中的路徑位置上一層。接著檢查**階段 1.2**之 shell script(SOP 4.2.3 之第 2 點)與其資料存放位置(SOP 4.2.4 之 MDDS NCEP GFS 原始資料存放路徑)。接著檢查**階段 1.1**，資料是否延遲傳入或者資料並未傳入，可參照 SOP 4.2.3 之第一點及 SOP 4.2.4 表格中前三項原始資料之路徑，若資料存在，則試著繼續執行階段 1.2，若無問題則繼續往下執行，若資料不存在，則須向上游檢查。

4.3 蒐集及建立緊急應變計畫

核子事故劑量評估系統，平時已建立各種緊急應變方案，資料備分、緊急應變計畫小組名單、聯絡方式等相關資訊以備緊急事故發生時使用。

4.4 平時作業說明

中心機房管理人員負責監控機器，系統負責人亦準備 SOP 為參考文件，做緊急應變處置。

5. 處理期(事故發生之緊急應變)

5.1 事故分析與判斷

當系統發生事件時，導致無法正常作業，系統管理人員負責一線處理，若無法排除狀況則通知系統負責人做二線處置，仍無法排除操作人員立即收集影響範圍與各關鍵業務預計修復時間供單位主管人研判分析，系統管理人員接獲通知即檢查是否因網路、軟體或上游資料問題造成。

5.2 執行通報

相關資訊收集完畢即循通報流程至系統負責人

重大/緊急事故連絡人員

科技中心	姓名	電話	備註
主任	陳嘉榮	2349-1235	
科長	黃麗玫	2349-1090	
資安召集人員	王惠民	2349-1327	
機房管理人員	黃文豪	2349-1327	
資料庫負責人	鄧仁星	2700-4048	
資料庫管理人	曾慧婷	2700-4068	
資料庫管理人	邱慶睿	2700-4068	

5.3 啟動緊急應變

召集人依系統管理人員提供之資訊選定緊急應變計畫，並宣佈啟動，系統管理人員則負責連絡及集合緊急應變小組。

5.4 事故應變處理

緊急應變小組依緊急應變計畫，啟動備援系統作業，同時建立緊急聯絡通訊中心，資料庫管理人員亦負責緊急應變通報事宜，並隨時注意備援系統的運作狀況回報指揮中心，以確保其能得到最即時正確之第一手訊息，並依指揮中心指示進行相關必要之工作。系統人員亦應通報相關上下游單位告知處理情況，作為各單位緊急處置之參考判斷依據，期能防止影響範圍擴散。

5.4.1 確認事故之根本原因與紀錄蒐集

系統人員依緊急應變計畫執行時亦隨時蒐集各種相關記錄，以做為研判事故根因之依據。

5.4.2 事故處理與回復

系統人員依緊急應變計畫一步一步執行處理步驟，同時留下相關執行記錄與時間以作為日後佐證之用。並隨時將處理情形回報指揮官。

5.4.3 查核表確認

系統人員依緊急應變計畫執行時，皆依各自準備之查檢表逐項比對並留下各步驟之執行記錄作為處理及回復項目檢視之用。

6. 恢復期(事故後作為)

事故排除後操作人員立即通報指揮官解除緊急應變計畫，並由緊急應變小組進行事故後之檢討與相關事宜

6.1 事故檢討及改善

事故解除後緊急應變小組會召開檢討會議針對該事故處理期間事前、事中、事後各階段所執行之事宜進行檢視與檢討，並進一

步提出相關改善建議記錄於本次事故報告中，供下次事故再度發生時參考。

6.2 證據保存

系統執行相關緊急應變計畫亦同時保留各種相關執行記錄與時間，做為緊急應變計畫之附件與日後證據的保存之用。

6.3 彙整蒐集事故資料及運用

相關執行應變計畫期間所留下之事故資料，透過記錄分析研判發生之原因，並由緊急應變小組之系統進一步研擬對策，且將預防對策加入中心知識庫以避免下一次再度發生。

7. 相關文件及表單

7.1 新一代核子事故劑量評估系統標準作業程序書 V1.0