

# 雲凝結核濃度敏感度對尼伯特颱風(2016)數值模擬影響之研究

吳昱德、汪建良

國防大學理工學院環境資訊與工程學系

## 摘要

本研究經由設定WRF (Weather Research and Forecasting, WRF)模式中WDM6 (WRF Double-Moment 6-Class, WDM6)參數法裡的雲凝結核 (Cloud Condensation Nuclei, CCN) 濃度選項，透過不同的濃度實驗(wdm6\_ctr、wdm6\_5、wdm6\_10、wdm6\_50，其中5、10和50分別代表CCN濃度增加為wdm6\_ctr的5倍、10倍和50倍)，比較尼伯特颱風(2016)行經西北太平洋面上之路徑、強度及對流結構變化情形。

各實驗組間路徑差異不大，但中心最低氣壓及最大回波值在實驗組wdm6\_5、wdm6\_10和wdm6\_50皆較wdm6\_ctr為強，其中wdm6\_50增強所需時間較長。在五種水象粒子混合比的比較上，雲水混合比隨著CCN濃度增加而增多，但雨水、雲冰、雪花及軟雹混合比在增加的表現上，wdm6\_5及wdm6\_10比wdm6\_50快速增加；潛熱釋放加熱率與運動場隨時間的增強中，亦有類似現象。

結果顯示適當增加CCN的濃度 (wdm6\_5及wdm6\_10) 會使颱風在強度上有所增強，wdm6\_50則是需要一段時間發展才會使其強度開始有所增強。

**關鍵字：**颱風數值模擬、雲凝結核濃度、微物理參數法、潛熱釋放。

## 1. 前言

臺灣地區位於副熱帶季風地區加上地形複雜，往往因不同天氣系統引起災害性天氣如颱風、豪大雨、寒潮及乾旱等，其中以夏季颱風侵襲影響最為劇烈，常對臺灣地區人民生命財產及安全造成重大影響，由統計短延時強降雨事件十大天氣類型中發現，一年當中以熱帶氣旋所引起的事件占比例最高。本研究所探討之尼伯特颱風（編號201601）為當年第一個侵臺的颱風，接近過程中迅速發展成為強颱，並對臺灣地區造成嚴重災損，其颱風生成至侵襲過程的路徑、強度及結構變化皆值得深

入研析探討。

有效掌握颱風路徑、強度及結構將可提昇降水預報的準確度，過往研究大多針對不同雲微物理參數法進行敏感度實驗來去探討，本研究希望透過雲微物理參數法中所增加的雲凝結核 (Cloud Condensation Nuclei, CCN) 濃度選項，來設計不同濃度的敏感性實驗，藉此探討水象粒子相位變化、對流結構及潛熱釋放對於颱風在侵襲臺灣前，位於海面上的路徑、強度及對流結構的影響。

## 2. 參考文獻

大氣中的水是以三態存在，藉由相位

轉變過程從水氣凝結成水滴，其過程大多是以透過異質成核(Heterogeneous Nucleation)作用為主，需有氣溶膠粒子作為凝結的核心，並在特定過飽和環境下才能使雲凝結核活化成為雲滴，Hudson (1992)提出對於雲凝結核(CCN)相關概念；從Kaufman and Fraser (1997)觀測結果可發現CCN濃度可能會對天氣系統產生影響，成為可以深入探討的議題，然而數值模擬研究過往著重不同雲物理參數法間比較，後來則試著將CCN濃度納入雲微物理參數法中，如Storer *et al.* (2010)使用RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)模式針對不同氣溶膠濃度及CAPE環境條件下的對流風暴模擬。

颱風與雲凝結核相關研究最早為Willoughby *et al.* (1985)在1962至1983年間進行的STORMFURY計劃，藉由改變CCN濃度以達到減弱熱帶氣旋為目的。Zhang *et al.* (2007)透過撒哈拉沙漠中的沙塵作為雲凝結核對理想熱帶氣旋產生的影響。Zhang *et al.* (2009)更進一步將作為CCN的撒哈拉沙塵添加在颱風外圍環流，透過其活化過程促使雲滴生長，調整雨帶發展使其產生冷池作用，阻礙水氣往颱風眼牆區域輸送，進而間接影響其發展。Khain *et al.* (2010)針對卡翠納颶風分別模擬其海洋型及大陸型氣溶膠濃度，探討不同氣膠濃度對眼牆、雨帶結構及強度的影響。Liang *et al.* (2013)同樣設定兩組不同的CCN濃度來對莫拉克(Morakot)颱風進行數值模擬，結果顯示水氣凝結造成潛熱釋放有利於對流發展。Yang *et al.* (2015)使用WRF模式中Thompson Aerosol-aware雲微物理方案，結

果顯示濃度增加將使颱風強度減弱，不同濃度的水象粒子分布及相位變化轉換存在較大差異，進而導致了不同強度的潛熱釋放及動力過程，使得強度上產生不同的影響。Zhao *et al.* (2016)使用WRF的Morrison方案，結果顯示濃度增加同時雲滴濃度也增加，未落下的雲滴粒子上升形成更多的冰相粒子，凝固過程釋放潛熱激發雲系對流發展並產生劇烈的放電現象。

### 3. 資料來源與分析方法

#### 3.1 資料來源

本研究所使用的WRF (Weather Research and Forecast model, WRF)模式版本為V3.9版，初始場使用美國國家環境與預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)之全球預報系統(Global Forecast System, GFS)的最後分析資料(FNL)，網格解析度為 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ，時間為2016年7月6日0000 UTC至7月9日0000 UTC，共計72小時，每6個小時一筆，總共筆數為13筆，使用兩層巢狀網格(圖1)，解析度分別為外層(D01)15公里、內層(D02)為3公里，時間步長為60s，垂直方向座標共51層，雲微物理參數法為WDM6 Scheme，長波輻射為RRTMG Scheme、短波輻射為Dudhia Scheme、積雲參數法為Kain-Fritsch Scheme，及邊界層參數法為YSU Scheme。

本研究選用WDM6參數法為可預測水氣、雲水、雲冰、雪花、雨水及軟雹六種水象粒子，其中與WSM6參數法最大差異為所增加之雙矩陣(Double moment)過程，主要增加雲水、雨水及雲凝結核濃度預測，使其可以更合理描述雲水、雨水及雲凝結核濃度分布。

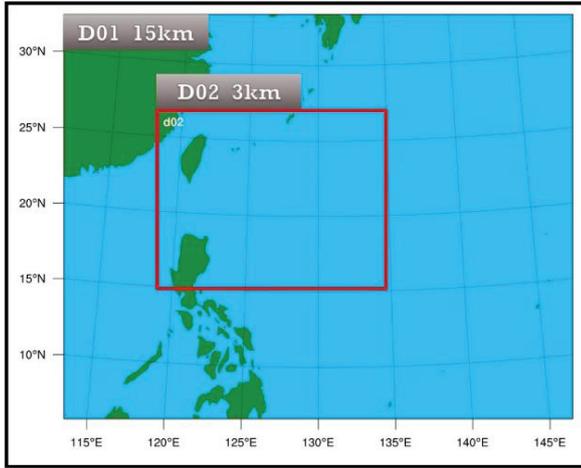


圖1 巢狀網格區域範圍

綜合過往觀測及模擬實驗結果，大致可以將CCN濃度定義為兩種，分別為海洋型濃度( $100 \text{ cm}^{-3}$ )及大陸型濃度( $1000 \text{ cm}^{-3}$ )，本研究中雖然主要探討時間以海面上為主，但希望進一步了解不同濃度對於颱風的影響而設計四組實驗，分別為使用預設濃度的控制組、5倍、10倍及50倍濃度，後續名稱分別以 wdm6\_ctr、wdm6\_5、wdm6\_10及wdm6\_50稱之（表1）。

表1 雲凝結核濃度設定

Experiment	Microphysics Scheme	CCN Concentration ( $\text{cm}^{-3}$ )
wdm6_ctr	WRF Double-Moment 6-class scheme (WDM6)	100
wdm6_5		500
wdm6_10		1000
wdm6_50		5000

### 3.2 分析方法

颱風發展理論中常透過Charney and Eliassen (1964)所提CISK (Conditional Instability of Second Kind)理論來說明，即假設一個已經存在的擾動環流，在低層形成積雲對流，水氣隨著對流上升凝結並釋放潛熱使擾動近中心增暖，空氣變輕後上升使得中心氣壓下降，這種不平衡導致由外往內的氣壓梯度增大，造成底層水氣向中心輻合，水氣輻合的增加又會使上升運動

增大，如此不斷的循環使得近中心氣壓不斷下降，風速也不斷增強，進而維持颱風的發展。

本次研究針對不同CCN濃度在洋面上所產生影響進行探討，透過求取各實驗組每小時之最低氣壓中心，以此向外延伸200公里，每10度繪製一個剖面，最後將其36個剖面取平均求得方位角平均圖來分析颱風內部結構變化情形，且所求得結果皆已扣除颱風時間內之移行速度。另外，為利於分析颱風眼牆至外圍層狀區結構變化，再將距中心20至60公里範圍定義為眼牆區，60至200公里定義為層狀區。

潛熱釋放加熱率則是透過水象粒子間每小時的變化量來進行探討，分別計算氣態轉變成液態的凝結潛熱釋放率及液態轉變成固態的凝固潛熱釋放率，最後將兩者加總來探討其對颱風內部結構所產生的影響。

## 4. 個案探討與模擬結果分析

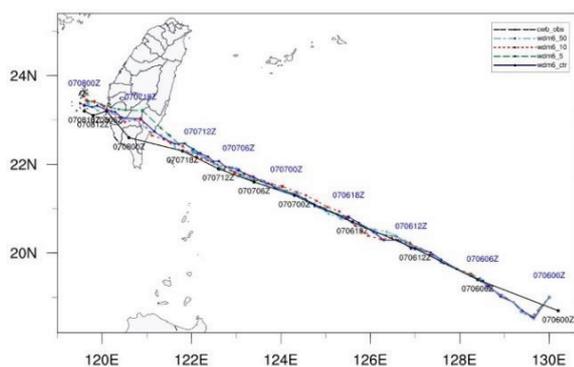
### 4.1 颱風概述

根據中央氣象局颱風資料庫警報資料及國家災害應變中心災害報告指出，尼伯特颱風為2016年編號第1號颱風，是氣象局自1958年有紀錄以來，第一個生成及直撲臺灣而來的強烈颱風，具有其獨特性，於2016年7月2日0000 UTC於關島南方洋面生成，持續朝西北西方向移動，7日0000 UTC暴風圈逐漸接近臺灣東南部洋面，7日1200 UTC暴風圈逐漸進入臺灣東南部陸地，颱風中心於7日2150 UTC從臺東縣太麻里鄉登陸，8日0630 UTC由臺南市將軍區離開進入臺灣海峽，並於9日0500 UTC由金門東北

方進入大陸福建地區。

## 4.2 路徑及強度

首先，從路徑圖來分析，選取D02範圍來分析四組實驗路徑和CWB實際路徑相比較（圖2），模式開始模擬時位置與實際同一時間路徑相比有較為偏西北方，模擬開始後的前6小時皆位於CWB路徑之南側，各實驗組與實際路徑大致相同，唯有在2016年7月6日1200 UTC至1800 UTC各實驗組間開始些微差異，其中wdm6\_10（紅色虛線）有較為明顯偏西的分量出現，後續此實驗組與其他組別相比其路徑較為偏北。



更多時間來讓颱風繼續發展。為進一步判讀其發展過程差異性，後續將深入探討 2016 年 7 月 6 日 1200 UTC 至 1500 UTC 此時段颱風強度及結構變化情形。

### 4.3 模擬雷達回波

透過前一小節在路徑及強度分析，可以得知路徑在各實驗組間差異不大，但前一小節所提之時段在強度上則有較為劇烈變化，後續透過模擬雷達回波、潛熱釋放加熱率及運動場變化情形，來瞭解整個模擬過程各實驗組間之差異性。

從 2016 年 7 月 6 日 1200 UTC 時的模擬水平回波圖分析 (圖 4 a 至 d) 可以發現各實驗組所模擬的颱風經過一段時間發展後，都開始有明顯的環流中心，主要強度達 50 dBZ 以上回波值都分布於颱風南面，為瞭解颱風垂直結構發展，接著透過颱風南面方位角平均圖 (圖 4 e 至 h) 分析，可以看到 wdm6\_ctr 在 30 dBZ 以上的回波分布於近中心 20 至 70 公里，發展高度達 11 公里，40 dBZ 以上的強回波值集中在高度 6 公里以下，距颱風中心 20 至 60 公里處。當 CCN 濃度增加時，各實驗組間產生不同的變化，其 wdm6\_10 在 30 dBZ 以上的回波發展高度達 12 公里，但在強度上有明顯較 wdm6\_ctr 增加，以近中心 20 至 40 公里 50 dBZ 以上回波值最為明顯，整體厚度呈現較為狹長狀。

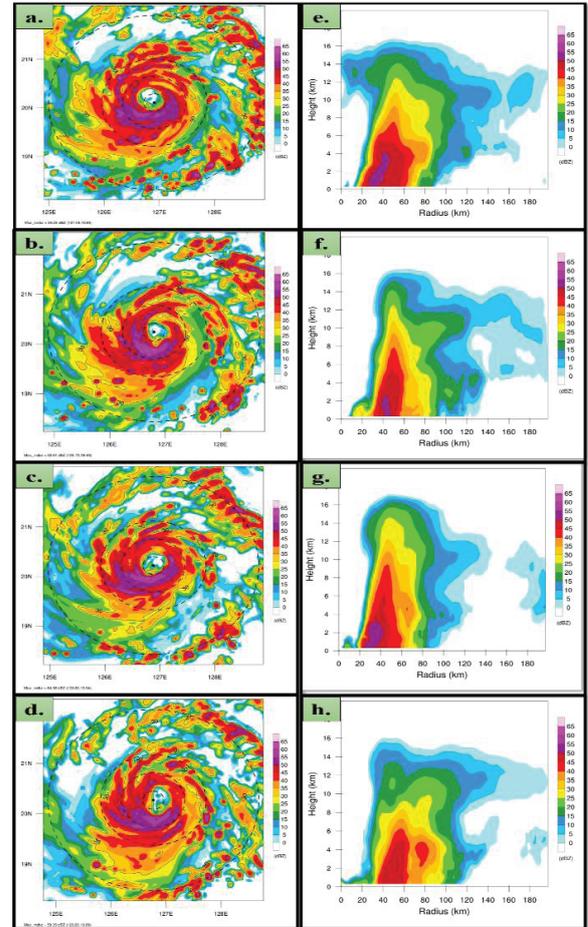


圖 4 模擬回波圖，a. 為 wdm6\_ctr、b. wdm6\_5、c. wdm6\_10、d. wdm6\_50，色階代表最大回波值，單位為 dBZ，選取時間為 2016 年 7 月 6 日 1200 UTC；e~h 同 a~d 實驗組別，為颱風南面半圓方位角平均圖，Y 軸為高度，X 軸為半徑距離。

### 4.4 水象粒子

接著，為進一步了解近中心水象粒子變化情形，透過分析眼牆區 (20 至 60 公里) 在前一章節所提時段的變化情形，可看到雲水混合比 (圖 5 a) 在 3 公里以下是 wdm6\_50 最多，3 公里以上則是 wdm6\_10 增加最明顯，其過冷水含量也較多。雨水混合比 (圖 5 b) 主要分布在 6 公里以下，以 wdm6\_10 含量最多，wdm6\_50 含量最少，顯示並非隨著 CCN 濃度的變化呈現出線性的變化，但可以看到在 wdm6\_10 在高度 3 至

6公里雲水含量較多，相對也有轉化成較多的雨水含量。

雲冰及雪花混合比（圖5 c及d）也是 wdm6\_10呈現最多，經分析後發現wdm6\_5和wdm6\_10呈現CCN濃度增加其含量有增加的現象，但是在wdm6\_50部分則都呈現最少。軟雹混合比（圖5 e）則是wdm6\_10最多，wdm6\_5較wdm6\_ctr少，顯示出增加CCN達到一定數量時，軟雹才會增多，但是超過一定數量則會減少，其中以wdm6\_50最少。

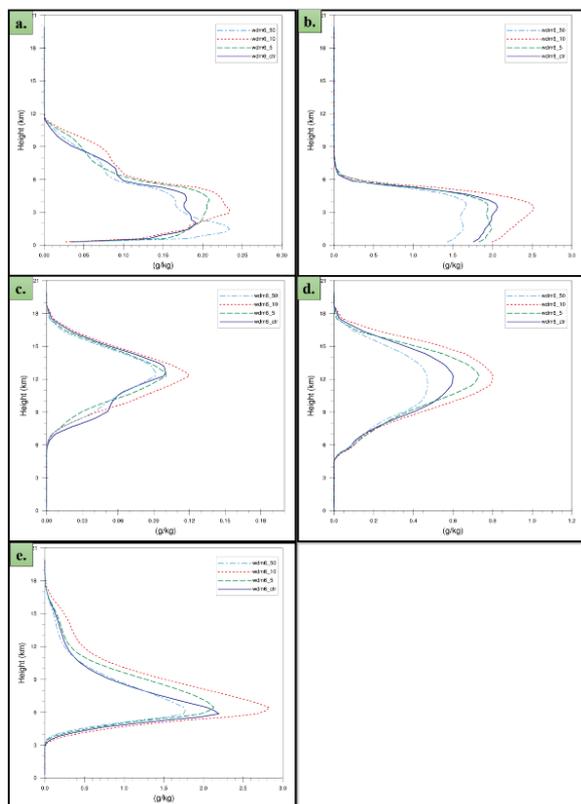


圖5 颱風南面半圓眼牆區(20~60km)垂直水象粒子濃度變化圖，a.為雲水、b.雨水、c.雲冰、d.雪花、e.軟雹之混合比，單位為 $g\ kg^{-1}$ ，時間為2016年7月6日1200 UTC至1500 UTC平均。

#### 4.5 潛熱釋放

水的相位變化產生時會有潛熱釋放，從前一小節可知道不同CCN濃度其所產生

的水象粒子含量皆不相同，所造成的潛熱釋放多寡亦有所不同，本小節中主要探討同時段在每小時間的潛熱釋放率對颱風造成的影響（圖6）。

可看到主要分布位於近中心20至60公里，高度6公里以下位置，除wdm6\_ctr（圖6 a）僅集中於眼牆區域外，其餘實驗組在外圍區域皆有潛熱的分布，其中以wdm6\_10（圖6 c）潛熱釋放最為明顯且最靠近颱風中心，對颱風整體的加熱效率也較佳，與位於眼牆區中雲水、雨水及雲冰粒子濃度（圖5 a至c）比對後亦可發現，此時段wdm6\_10的粒子濃度最多，顯示出在此期間有大量的水氣轉換成雲水粒子，相對的也造成大量的潛熱釋放。

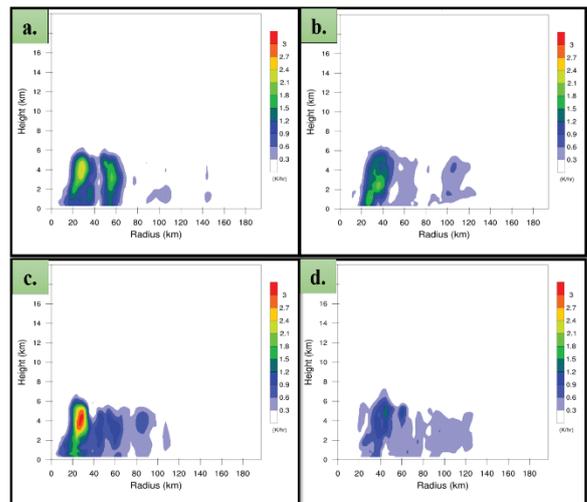


圖6 同圖4實驗組別，色階代表潛熱釋放率，單位為 $K\ hr^{-1}$ ，時間為2016年7月6日1200 UTC至1500 UTC平均。

#### 4.6 運動場結構

首先，可看到在同時段上升運動的分布，wdm6\_5及wdm6\_10（圖7 b及c）與wdm6\_ctr（圖7 a）相較之下，近中心20至60公里處有較明顯上升運動，眼牆內則有明顯下沉運動，其中以wdm6\_10最為劇烈。

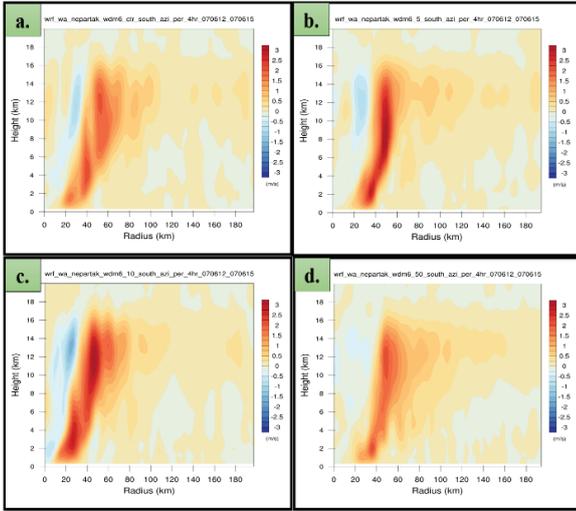


圖7 同圖4實驗組別，色階代表上升運動，單位為 $m s^{-1}$ ，時間為2016年7月6日 1200 UTC至1500 UTC平均。

配合前述同時段可看到在高度6公里以下同實驗組（圖6 c）有較為明顯潛熱釋放，另雲水、雨水及雲冰混合比相較也可看到該組別此時段呈現最多，顯示出從底層到高層都有明顯相位變化進而释放出更多潛熱，造成上升運動明顯增加。wdm6\_5也有類似情形，但相較wdm6\_10來的稍弱，超過50倍後則是有減弱的現象。

接著，可看到在該時段的切向風場分布，wdm6\_5及wdm6\_10（圖8 b及c） $30 ms^{-1}$ 以上風速有明顯較強且等值現較為密集，從角動量守恆觀點來看，相對風速上面會來的較大。再來從徑向風場（圖9）分析，其中箭頭表示徑向速度與垂直速度之合成風場，在同時段可以看到在眼牆區的wdm6\_5和wdm6\_10（圖9 b及c）實驗組中上升運動的風場也較強，另在13公里以上高度徑向出流則是wdm6\_10最為明顯，顯示該實驗組颱風整體環流結構較為完整，相對其在此時段的強度分析中也顯示其較強。

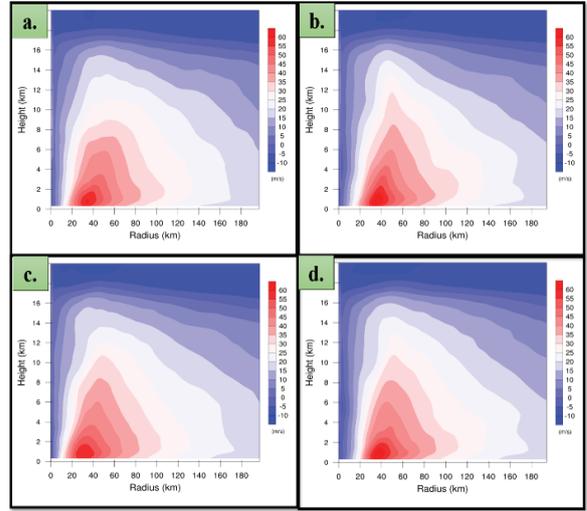


圖8 同圖4實驗組別，色階代表切向風，正值表示進入頁面(逆時針旋轉)，負值表示離開頁面(順時針旋轉)，單位為 $m s^{-1}$ ，時間為2016年7月6日 1200 UTC至 1500 UTC平均。

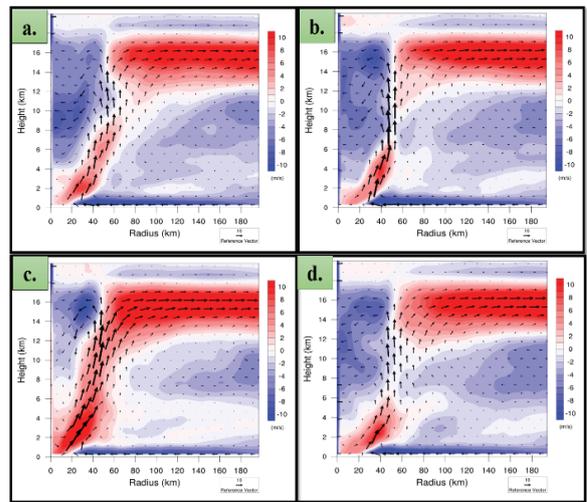


圖9 同圖4實驗組別，色階代表為徑向風，單位為 $m s^{-1}$ ，箭頭表示徑向速度與垂直速度之合成風場，惟垂直速度乘以10倍，單位為 $m s^{-1}$ ，時間為2016年7月6日 1200 UTC至1500 UTC平均。

最後，在徑向水氣通量分析中，其中色階為徑向風場和水氣混和比相乘所得之結果，正值代表水氣往颱風外圍流出，負值代表往颱風中心流入，透過該量場分析可以知道颱風內部水氣流動及變化情形。

可以看此分析中（圖 10）發現在近底

層大致都有水氣移入，隨著颱風環流在眼牆區上升後，達到一定高度後開始往外圍擴散，其中以 wdm6\_10 (圖 10 c) 表現上較為明顯，也顯示出颱風整體結構在此實驗組別較為完整。

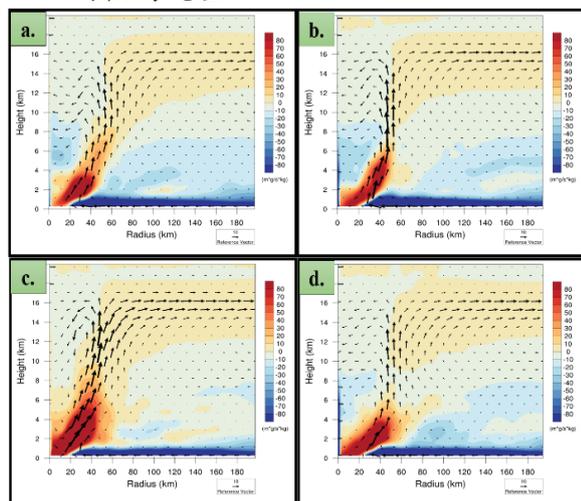


圖 10 同圖 4 實驗組別，色階代表為徑向水氣通量，單位為  $\text{m s}^{-1} \text{g kg}^{-1}$ ，箭頭表示徑向速度與垂直速度之合成風場，惟垂直速度乘以 10 倍，單位為  $\text{m s}^{-1}$ ，時間為 2016 年 7 月 6 日 1200 UTC 至 1500 UTC 平均。

## 5. 結論

本研究主要針對 WRF 模式中的 WDM6 參數法中雲凝結核濃度做敏感度實驗，分析颱風於海面上行進過程之路徑、強度及對流結構變化情形，並選取颱風於海面期間的時段來探討。

模擬路徑結果發現與實際觀測之路徑相比差異不大，另將各實驗組之模擬路徑相比差異亦不大。但在強度部份，中心最低氣壓隨著 CCN 濃度增加，在整體颱風強度上以 wdm6\_5 為最強，但過程中並非皆呈現線性增強的現象，最後可歸納出，隨 CCN 濃度增加越多，在強度上會有較為增強現象，但是超過一定數量後，反而有延緩增

強現象。

從颱風南面半圓方位角平均結果分析，可以從模擬回波分析中看到隨時間推移，增加 CCN 濃度使近中心回波強度有較為增強，眼牆外圍區域也開始出現回波分布，顯示出颱風整體對流徑向寬度有增加，但是超過一定數量的 wdm6\_50 近中心強度則有延緩增強的現象。水相變化中可看到隨著 CCN 濃度增加，可能導致過多雲凝結核被水氣吸附凝結成長形成粒徑較小的雲水粒子，並間接使雨水粒子生成時間較為拉長且粒徑變小。由於產生較多較小的粒子，隨著颱風環流結構有往外圍區域擴散的現象，其中以 wdm6\_50 最為明顯。冰相變化過程中可以看到初期隨著 CCN 濃度的增加，wdm6\_5 及 wdm6\_10 有較為明顯的冰相粒子分布，wdm6\_50 則是後期才有較明顯增加的現象。運動場結構方面則從上升運動、切向、徑向風場及徑向水氣通量分析，可以看到隨 CCN 濃度增加，在 wdm6\_5、wdm6\_10 都有隨時間推演有較為增強，

綜整後可歸納出，適度增加 CCN 濃度 (wdm6\_5 及 wdm6\_10)，可以使颱風在強度上有所增強，模擬結果更為貼近真實情況，相反的，過度增加 CCN 濃度 (wdm6\_50)，初期可看到有抑制其增強的情形發生，直到颱風發展一段時間後，其強度才會開始有所增強。在各實驗組水象粒子及運動場的變化結果可以參考前述所提出之 CISK 理論，假設當颱風內部因為 CCN 濃度設定的差異，產生不同程度的潛熱釋放，使得運動場結構產生變化，最後造成各實驗組在強度上面呈現出不同程度的變化情形。但實際上颱風在雲物理過程及整體對流結

構甚為複雜，仍需通盤考量其冷暖雲變化過程，強度的變化也並非只侷限在單一因素影響所致，後續仍需更多佐證才得以驗證。

## 6. 文獻回顧

- Charney, J. G., and Ellassen, A., "On the Growth of the Hurricane Depression," *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 21, pp. 68-75.
- Dudhia, J., "Numerical Study of Convection Observed During the Winter Monsoon Experiment Using a Mesoscale Two-Dimensional Model," *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 46, pp. 3077-3107, 1989.
- Hong, S.-Y., Yign, N., and Jimmy, D., "A New Vertical Diffusion Package with an Explicit Treatment of Entrainment Processes," *Monthly Weather Review*, Vol. 134, pp. 2318-2341, 2006.
- Iacono, M. J., Delamere, J. S., Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough, S. A., and Collins, W. D., "Radiative Forcing by Long-lived Greenhouse Gases: Calculations with the AER Radiative Transfer Models," *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, D12103, 2008.
- Kain, J. S., "The Kain-Fritsch Convective Parameterization: An Update," *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 43, pp. 170-181, 2004.
- Kaufman, Y. J., and Fraser, R. S., "The Effect of Smoke Particles on Clouds and Climate Forcing," *Science*, Vol. 277, No. 5332, pp. 1636-1639, 1997.
- Khain, A., Lynn, B., and Dudhia, J., "Aerosol Effects on Intensity of Landfalling Hurricanes as Seen From Simulations With the WRF Model with Spectral Bin Microphysics," *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 67, pp. 365-384, 2010.
- Liang, X.-J., Chen, B.-D., and Wang, X.-F., "A Numerical Study on Background Cloud Condensation Nuclei Effects on Precipitation's Microphysics of Typhoon Morakot," *Journal of the Tropical Meteorology*, Vol. 29, No. 5, pp. 833-840, 2013.
- Lim, K.-S. S., and Hong, S. Y., "Development of an Effective Double-Moment Cloud Microphysics Scheme with Prognostic Cloud Condensation Nuclei (CCN) for Weather and Climate Models," *Monthly Weather Review*, Vol. 138, pp. 1587-1612, 2010.
- Storer, R. L., Heever, S. C., and Stephens, G. L., "Modeling Aerosol Impacts on Convective Storms in Different Environments," *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 67, pp. 3904-3915, 2010.
- Willoughby, H. E., Jorgensen, D. P., Black, R. A., and Rosenthal, S. L., "Project STORMFURY: A Scientific Chronicle 1962-1983," *Bulletin American Meteorological Society*, Vol. 66, No. 5, pp. 505-514, 1985.

Yang, Y., Chen, B., Wang, B., Wang, X., Zhang, L., Wang, P., Xu, X., and Huang, W., “Numerical Study of Background Cloud Condensation Nuclei Effects on the Intensity of Idealized Tropical Cyclone,” *Plateau Meteorology*, Vol. 35, No. 5, pp. 1379-1390, 2015.

Zhang, H., McFarquhar, G. M., Cotton, W. R., and Deng, Y., “Direct and Indirect Impacts of Saharan Dust Acting as Cloud Condensation Nuclei on Tropical Cyclone Eyewall Development,” *Geophysical Research Letters*, Vol.36, L06802, 2009.

Zhao, P., Yin, Y., Xiao, H., and Kang, H., “Numerical Simulation of the Effects of Aerosol on the Intensity and Electrification of Tropical Cyclone,” *Journal of the Meteorological Sciences*, Vol. 36, No. 1, pp. 1-9, 2016.

Zhang, H., McFarquhar, G. M., Saleeby, S. M., and Cotton, W. R., “Impacts of Saharan Dust as CCN on The Evolution of an Idealized Tropical Cyclone,” *Geophysical Research Letters*, Vol. 34, L14812, 2007.

# Study on the Impact of the Cloud Condensation Nuclei Concentration Sensitivity on the Numerical Simulation of Typhoon Nepartak (2016)

Yu-De Wu and Jian-Liang Wang

Department of Environmental Information and Engineering, CCIT, National Defense University

## Abstract

This study focuses on the impacts of different settings of the Cloud Condensation Nuclei (referred as CCN) concentration in the WDM6 microphysics scheme of the WRF model on the simulation of Typhoon Nepartak (2016). Through the comparison among experiments with different concentrations of CCN (wdm6\_ctr, wdm6\_5, wdm6\_10 and wdm6\_50, where 5, 10 and 50 represent that CCN concentrations are respectively 5 to 50 times of the value used in wdm6\_ctr), it is aimed to get more understandings of the impacts when the typhoon passes through the Northwest Pacific Ocean including its track, intensity, and convection distribution.

According to the results, the simulated tracks in four runs are quite similar. However, the intensity and the maximum radar reflectivity are more intense in the runs of wdm6\_5, wdm6\_10, and wdm6\_50 compared to the control run (wdm6\_ctr). Moreover, the run of wdm6\_50 needs more time to reach the similar intensity. And, the comparison of mixing ratios of five water species shows that the cloud-droplet mixing ratios increase as CCN concentration is increased. The mixing ratios of rain, cloud ice, snow and graupel are enhanced more rapidly in the runs of wdm6\_5 and wdm6\_10, compared to that of wdm6\_50. The same situation happens both in the latent heat release rates and the kinematic fields.

In this simulated case, it is suggested that the appropriate increase of CCN concentration (the runs of wdm6\_5 and wdm6\_10) results in stronger typhoons. However, with 50-time increase of CCN concentration the development of the typhoon is slowed down as shown in the results of wdm6\_50.

**Keywords: Numerical Simulation of Typhoon, Cloud Condensation Nuclei Concentration, Microphysics Scheme, Latent Heat Release.**