

107年天氣分析研討會

# 台灣新一代劑量評估系統 對福島事件之驗證研究

單位：中央氣象局 科技中心

作者：曾慧婷 鄧仁星

# Outline



前言



系統介紹



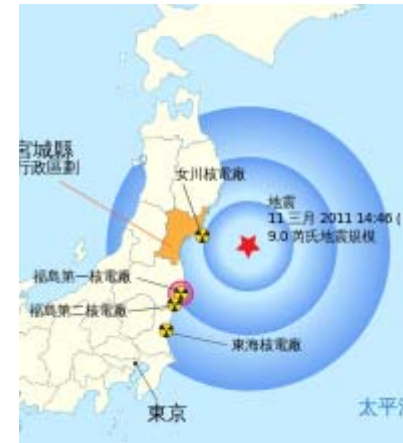
福島事件驗證



結論

# 前言

- 福島事件



地震和海嘯前  
(2009-11-15)

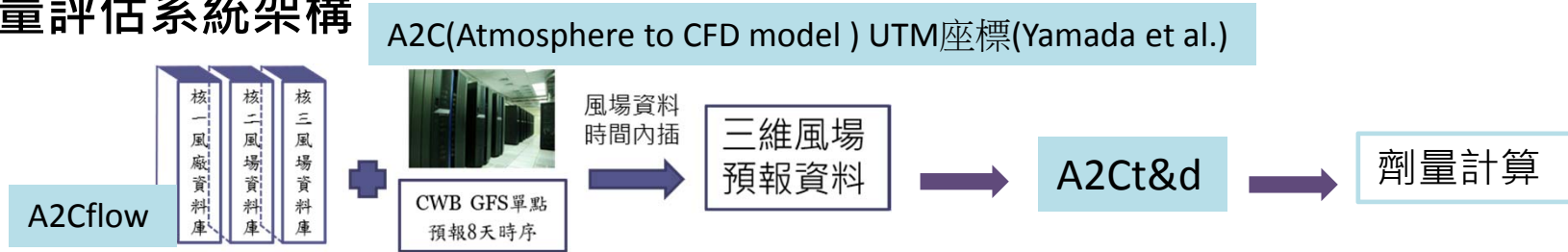


地震和海嘯後 (2011-3-18)

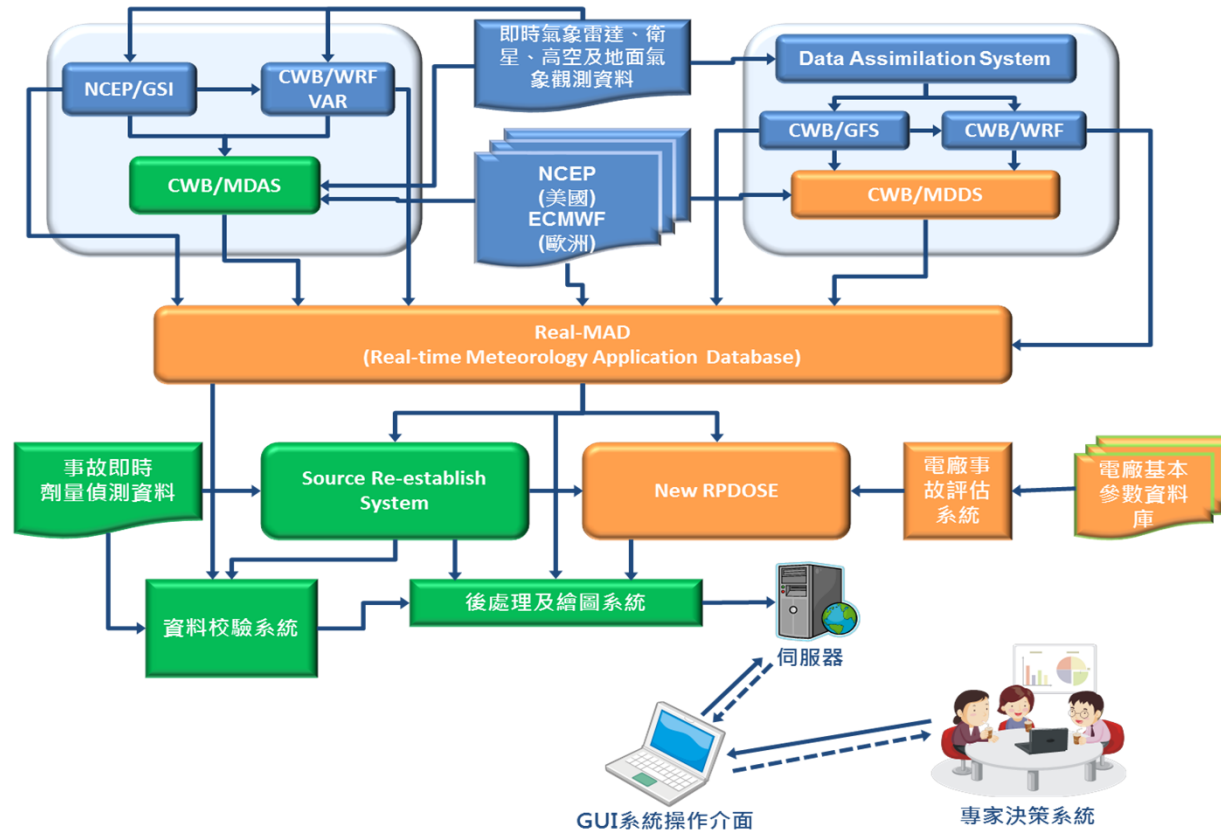


# 前言

## 原劑量評估系統架構



## 新一代劑量評估系統架構



# 前言

## 原劑量評估系統(大氣擴散模式)

101年度

1. NCEP+HYSPLIT半自動化流程建置
2. 原劑量評估系統之A2Ct&d模式引入  
Hysplit之長程傳輸概念及座標變更

102年度

1. 單一時序釋放源→多時序釋放源
  2. 乾溼沉降過程的引入
  3. 沉降量、劑量計算
  4. 多重巢狀網格的開發
- :

103、104年度

1. 模式的校驗調整(阻力法計算乾沉降速度)
2. 大陸福清電廠假想事故模擬

105年~

1. 整合境內外劑量評估系統
2. 系統作業化之結果統計分析
3. 系統驗證:福島事件

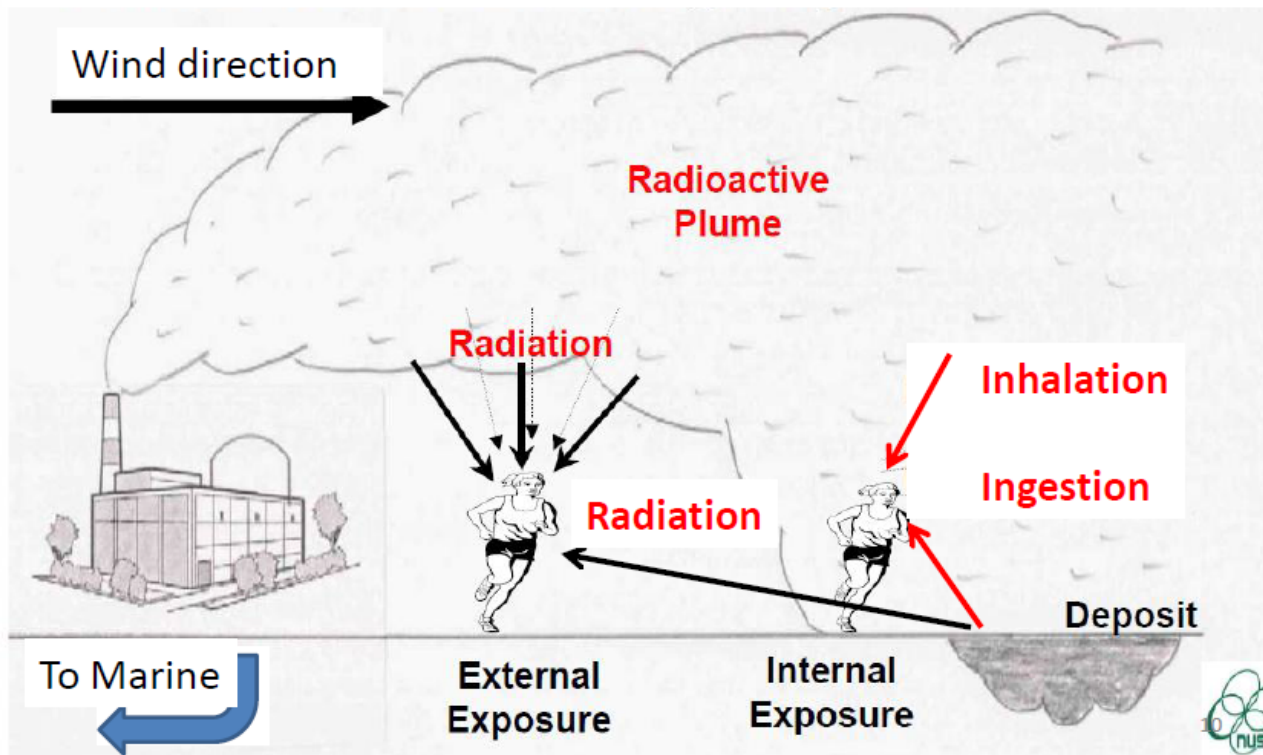
## 新一代劑量評估系統 (大氣擴散模式)

# 前言

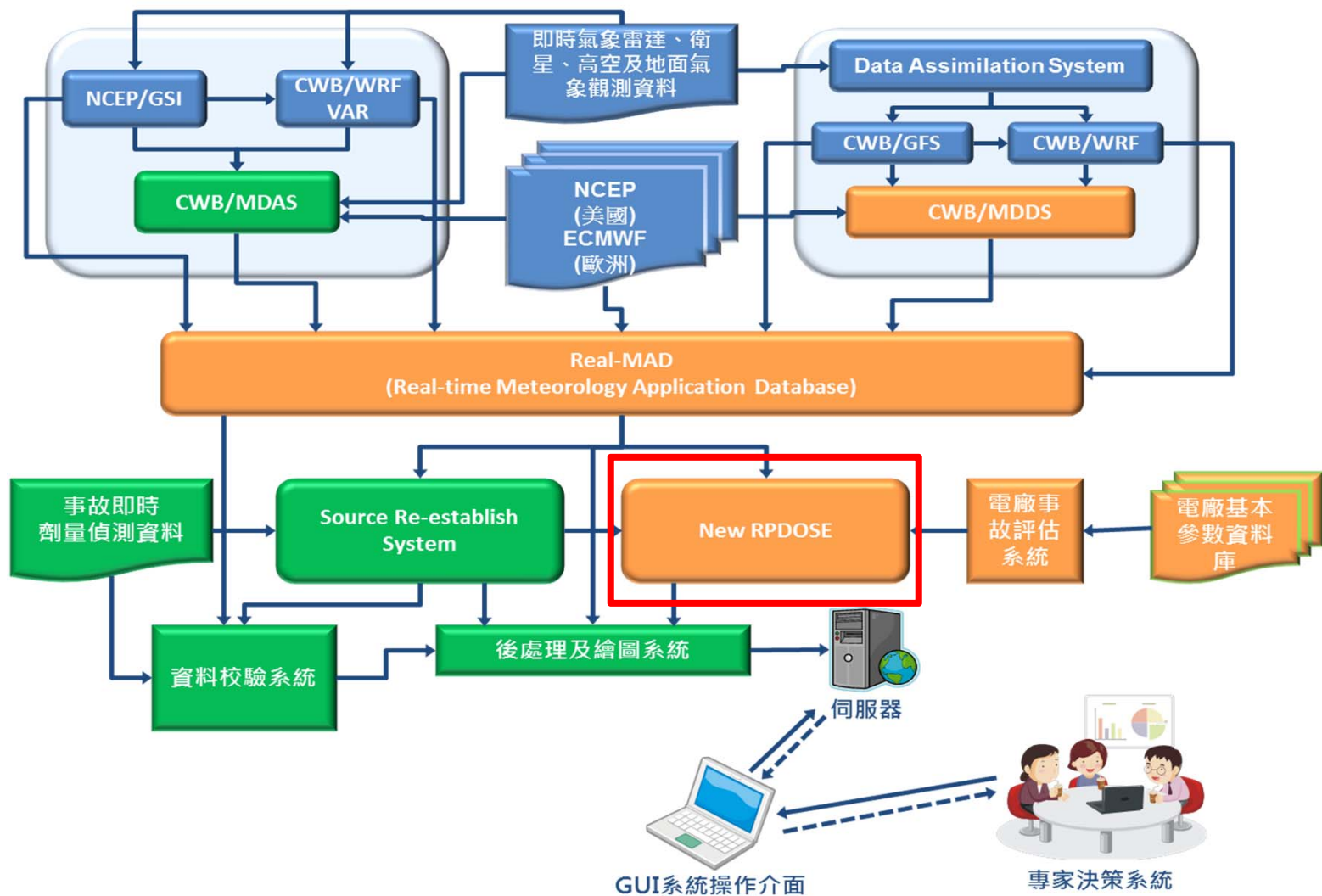
## 劑量影響途徑

From Chino, 2013

### Outline of Radiation doses



# 系統介紹



# 系統介紹

## New RPDose 簡介



### KDE

連續排放源，切割成有限的物質粒子，各粒子以某一間隔時間釋放出來。

### 蒙地卡羅法

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

### 乾、溼移除

\*Reference:

1. Hysplit Model (Hybird, NOAA Air Resources LAB)
2. AERMOD

### 高斯分布

利用高斯分布模擬每一個煙陣的濃度(沉降量、劑量率)，而空間中某一點的濃度，即為所有煙陣質點濃度的加總。

### 輸出

地表活度濃度及劑量率分布。



# 系統介紹

## Puff Model 簡介

乾沉降

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

並參考AERMOD模式，新增阻力法計算乾沉降速度

$$V_{dp} = \frac{1}{R_a + R_p + R_a R_p V_g} + V_g$$

空氣動力阻力 (Ra):

為物質藉由紊流的帶動從近地層下降至地面的過程，主要受到大氣穩定度的影響。

$$R_a = \frac{1}{ku_*} \left[ \ln \left( \frac{z_r}{z_0} \right) + \frac{5z_r}{L} \right] \quad , L < 0 \quad R_a = \frac{1}{ku_*} \left[ \frac{(\sqrt{1 - 16 \frac{z_r}{L}} - 1)(\sqrt{1 - 16 \frac{z_0}{L}} + 1)}{(\sqrt{1 - 16 \frac{z_r}{L}} + 1)(\sqrt{1 - 16 \frac{z_0}{L}} - 1)} \right]$$

邊界層輸送阻抗(Rp):

指的是在地表與大氣交界處，大氣運動幾乎停滯的邊界層，幾乎沒有垂直方向運動，此層的氣體分子僅能藉由氣體擴散運動來傳輸物質，主要受到空氣黏滯力與氣體本身的擴散係數影響。

$$R_p = \frac{1}{(Sc^{-2/3} + 10^{-3/st})(1 + 0.24w_*^2/u_*^2)u_*}$$

# 系統介紹

## Puff Model 簡介

濕沉降

雲內清除

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

雲下清除

$$\beta_{bel} = S_{bel} (1.0 - F_b)$$

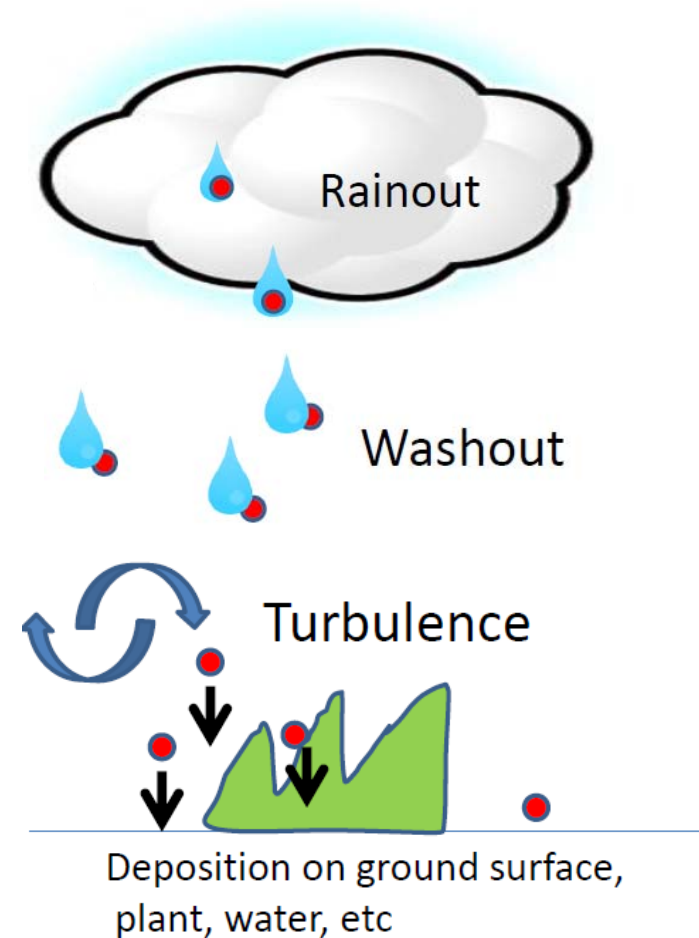
其中

$$V_{inc} = S_{inc} P$$

$S_{inc}$  及  $S_{bel}$  為雲內及雲下清除比率

污染層在雲頂以下的部份為  $F_t$ ,

而污染層在雲底以上的部份為  $F_b$



From Chino, 2013

# 福島事件驗證

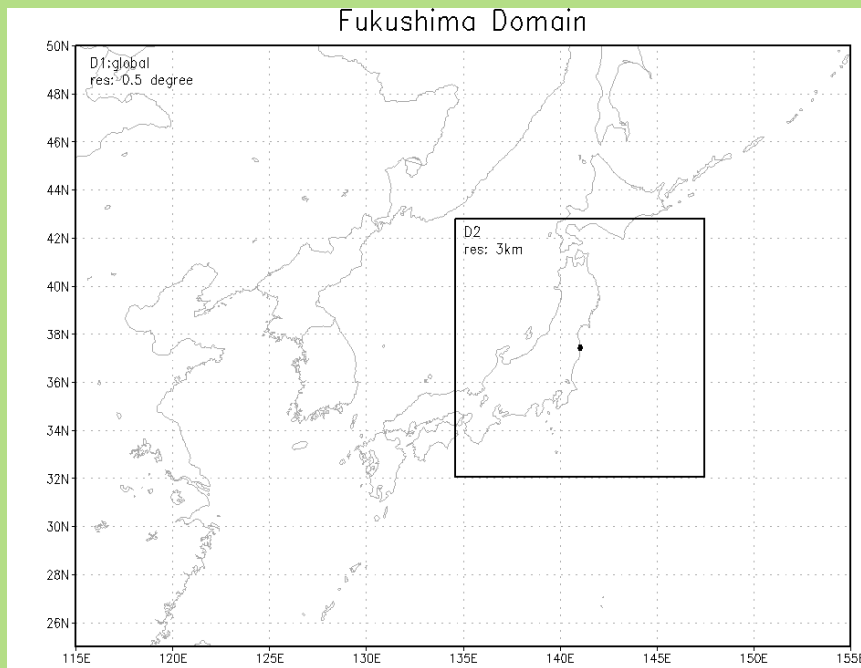
Simulation  
setting

## Meteorological Data :

Domain1 : NCEP GFS ANL 0.5° 720\*361

Domain2 : MDSS\_NCEP 3km 467\*467

Time res : 6 hours



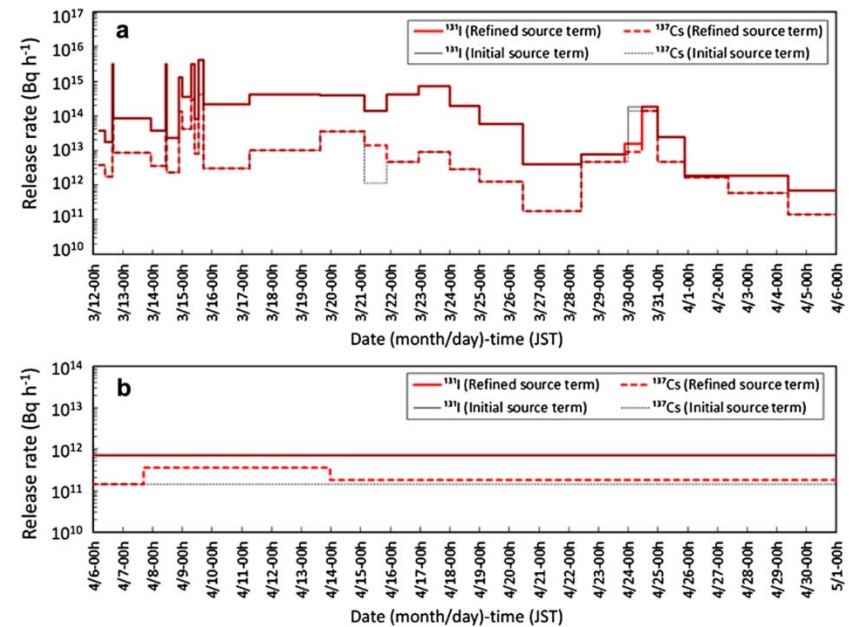
## New RPDose Setting :

Starting time : 2011.03.11 20UTC

Puff release frequency : 1/10min

Nuclide : Cs-137

Release Rate :



Terada et al. 2012

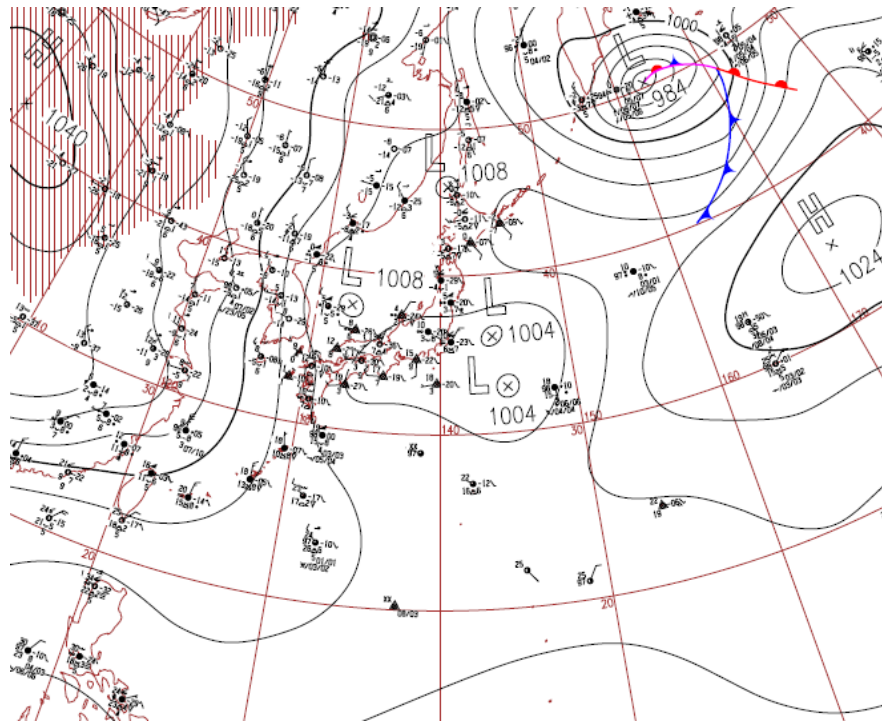
# 福島事件驗證

Results and discussion

3/15

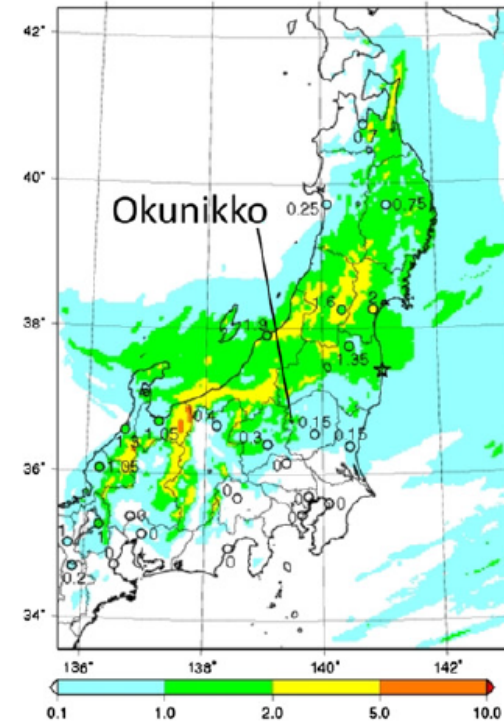
## 天氣狀態解析

2011.03.15 06 UTC 地面天氣圖



MM5

c 9 JST Mar. 15–9 JST Mar. 16



Terada et al. 2012

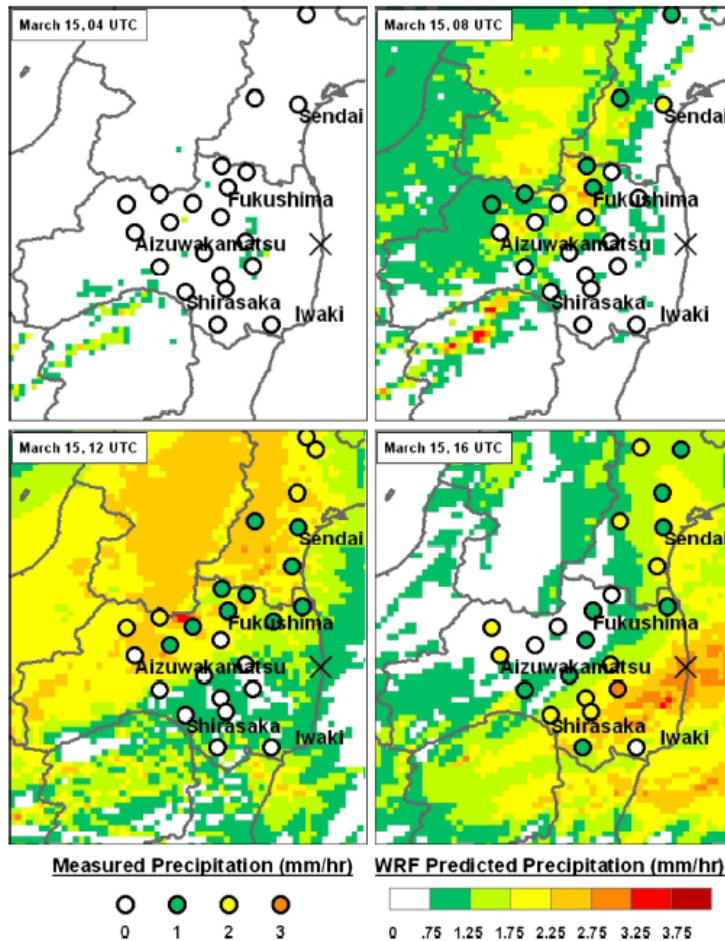
# 福島事件驗證

Results and discussion

3/15

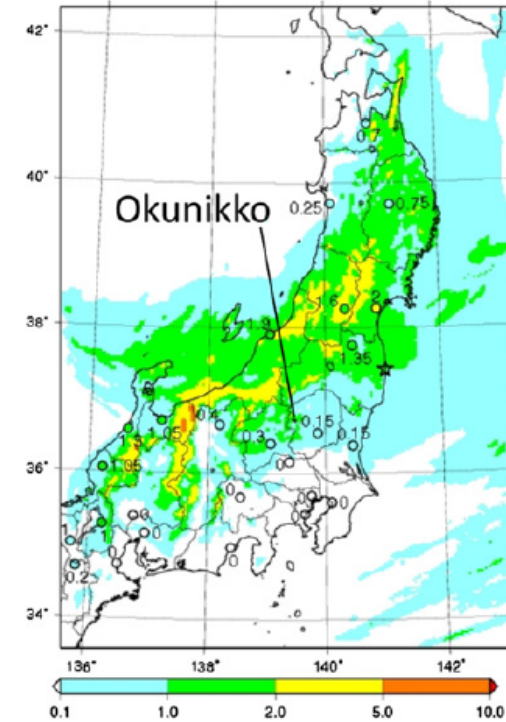
天氣狀態解析

WRF



MM5

c 9 JST Mar. 15–9 JST Mar. 16



Katata et al. 2012

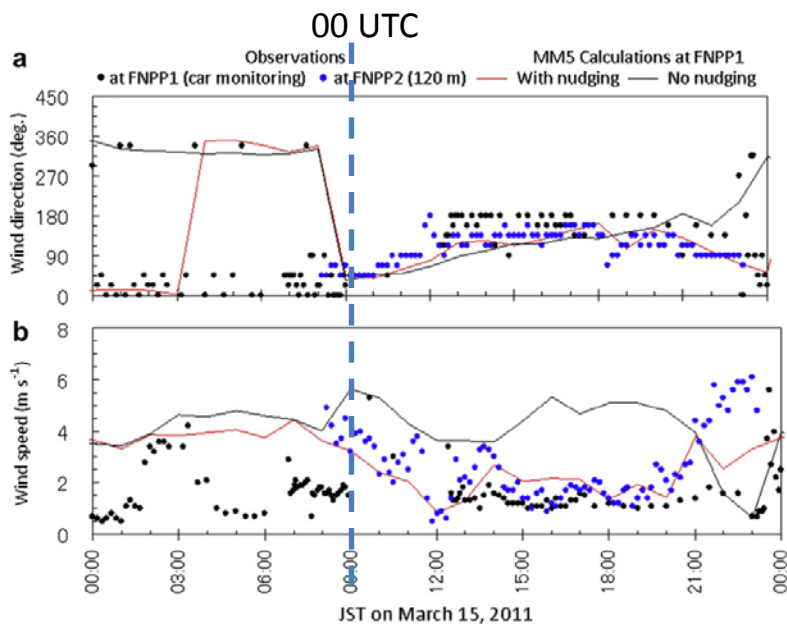
Terada et al. 2012

# 福島事件驗證

Results and discussion

3/15

## Wet Deposition Analysis

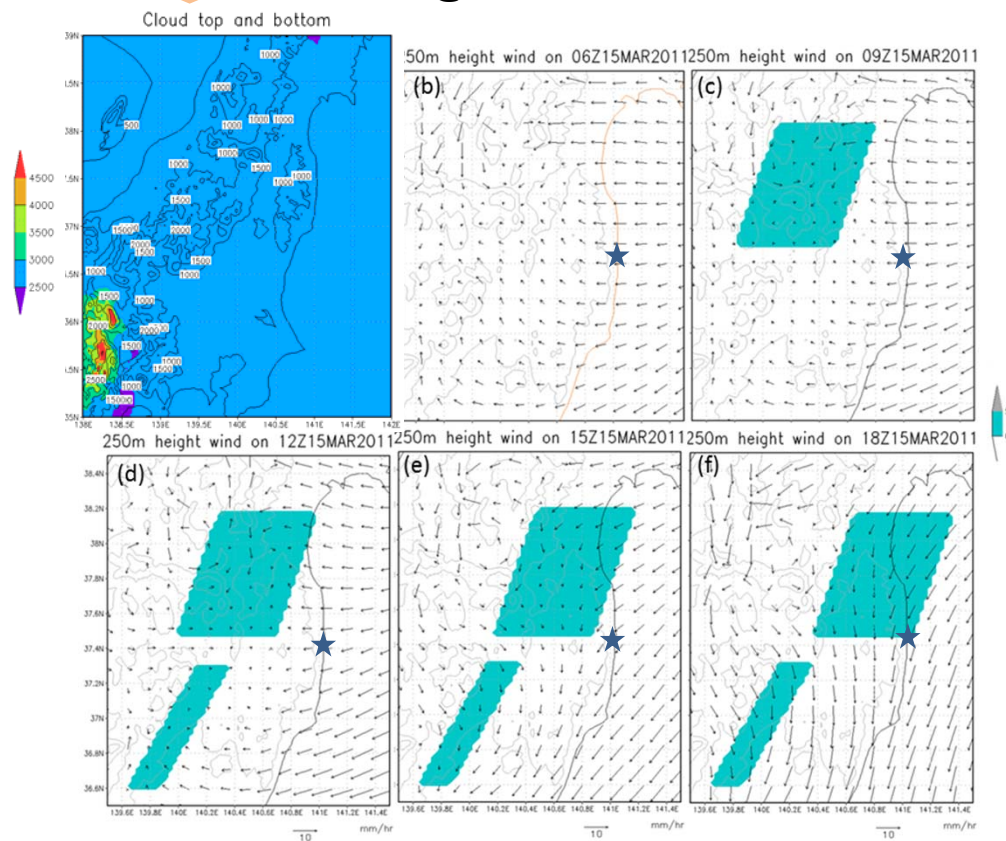


風向轉變:  
1UTC~9UTC

皆使用6UTC之風場  
(東風轉東南風)

雲頂、雲底  
@ New RPDose

假想降雨區域  
@ New RPDose



# 福島事件驗證

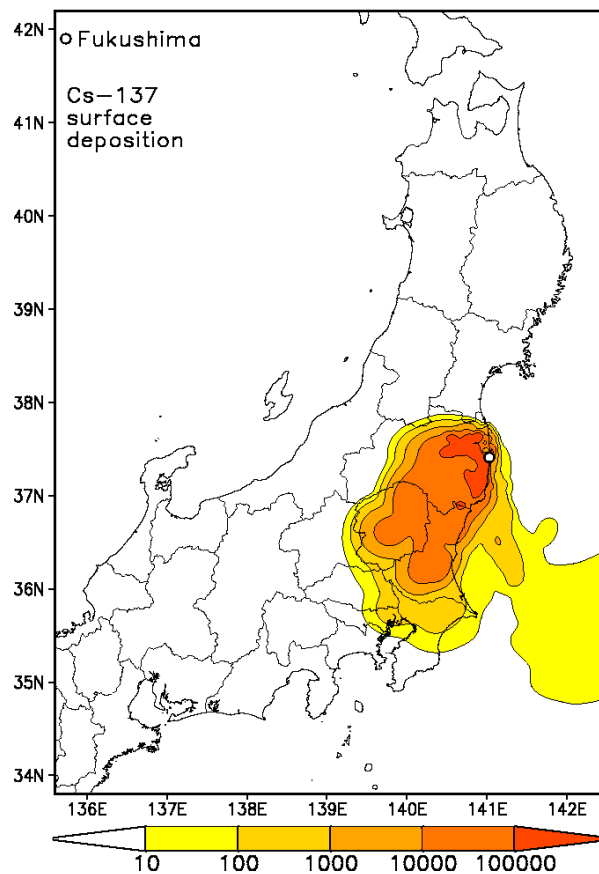
Results and discussion

3/15

## Wet Deposition Analysis

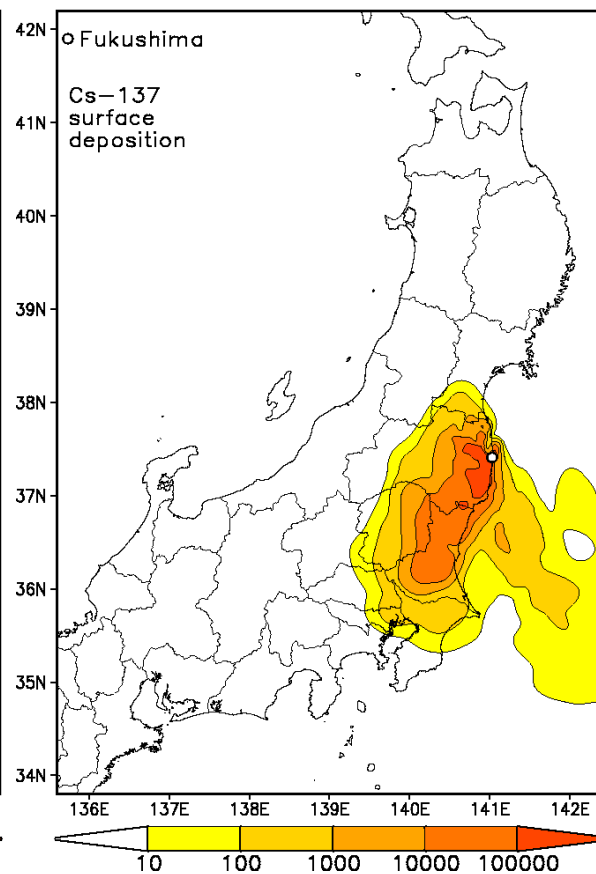
Wet+cwind

00Z15MAR2011



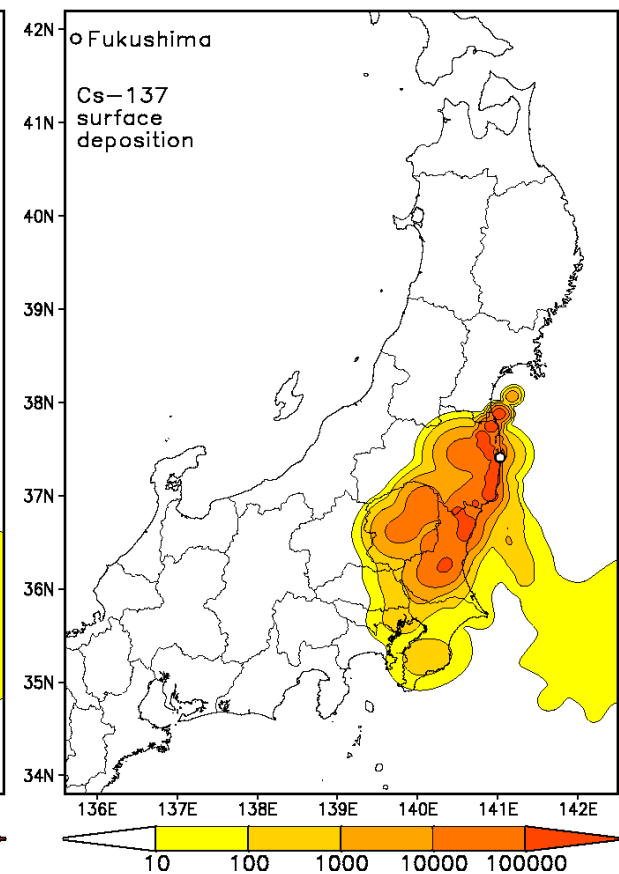
Dry+cwind

00Z15MAR2011



Wet+nwind

00Z15MAR2011



# 福島事件驗證

Results and discussion

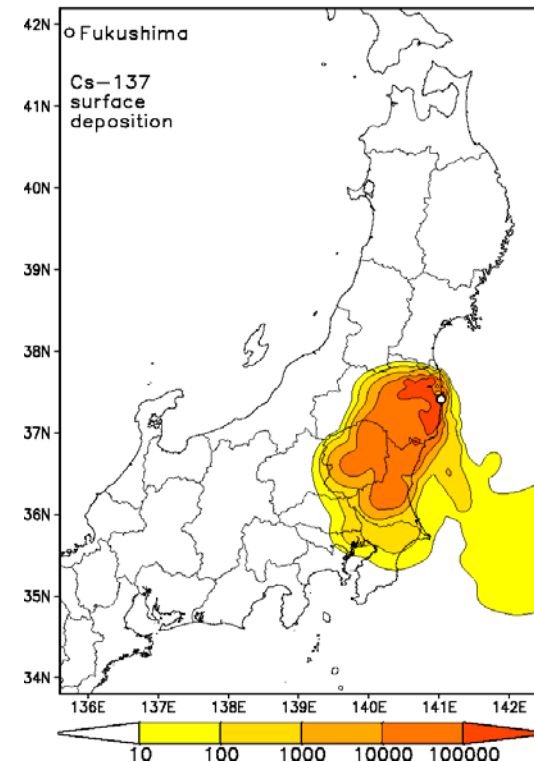
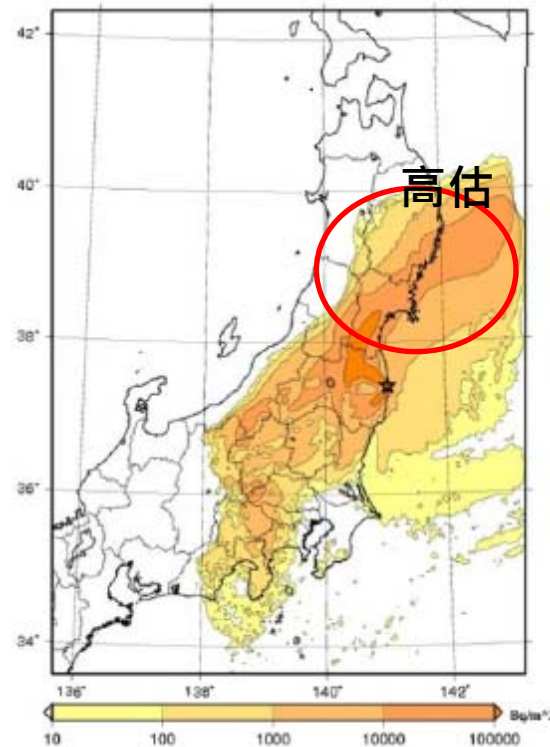
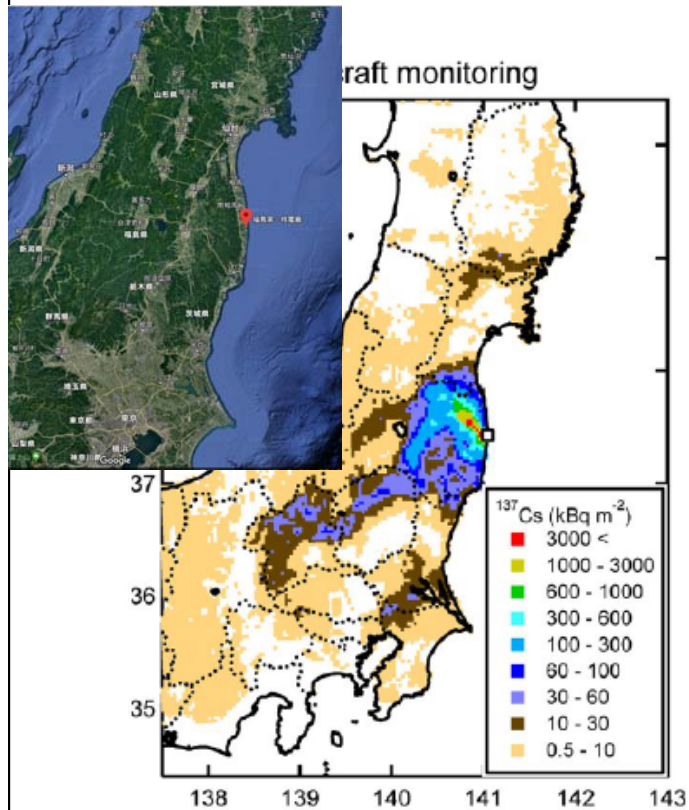
3/15

## Wet Deposition Analysis

5 JST March 12-0 JST April 20

永井:MM5+GREAN  
(WSPEEDI)  
Terada et al. 2012

00Z15MAR2011





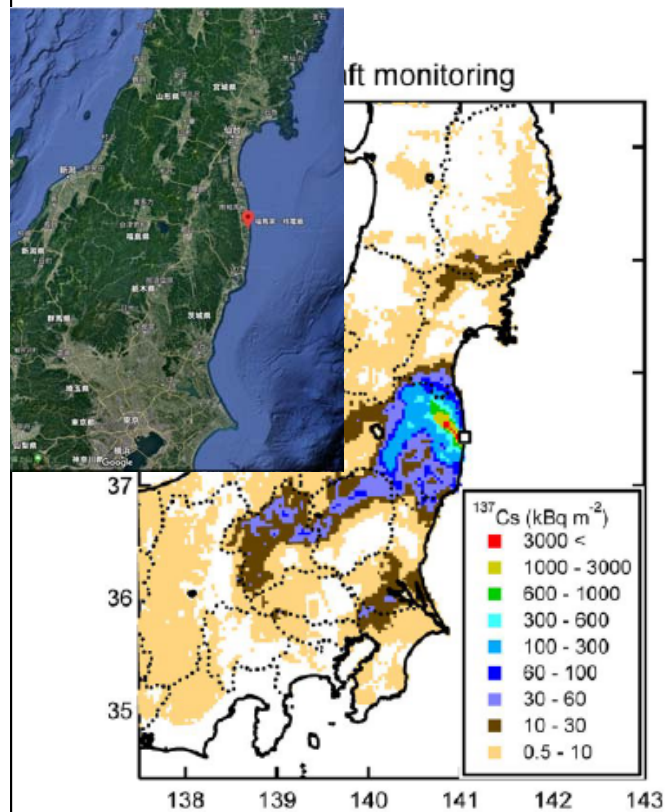
# 福島事件驗證

Results and discussion

3/15

## Wet Deposition Analysis

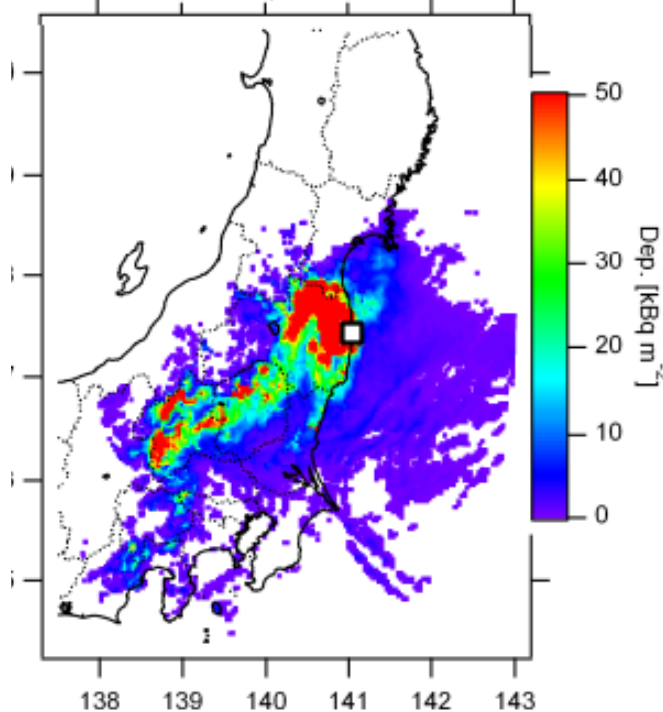
5 JST March 12-0 JST April 20



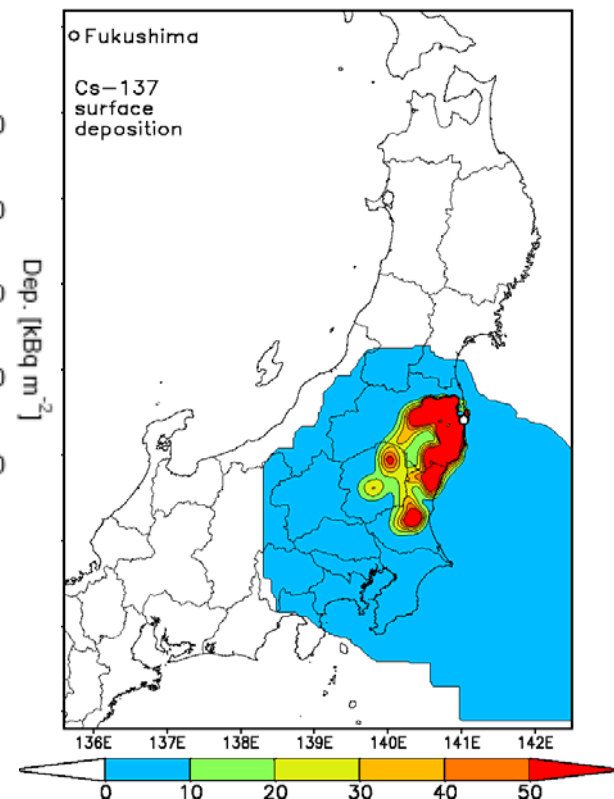
大原:WRF+CMAQ

Morino et al. 2013

Cs-137, Period 3



00Z15MAR2011



# 福島事件驗證

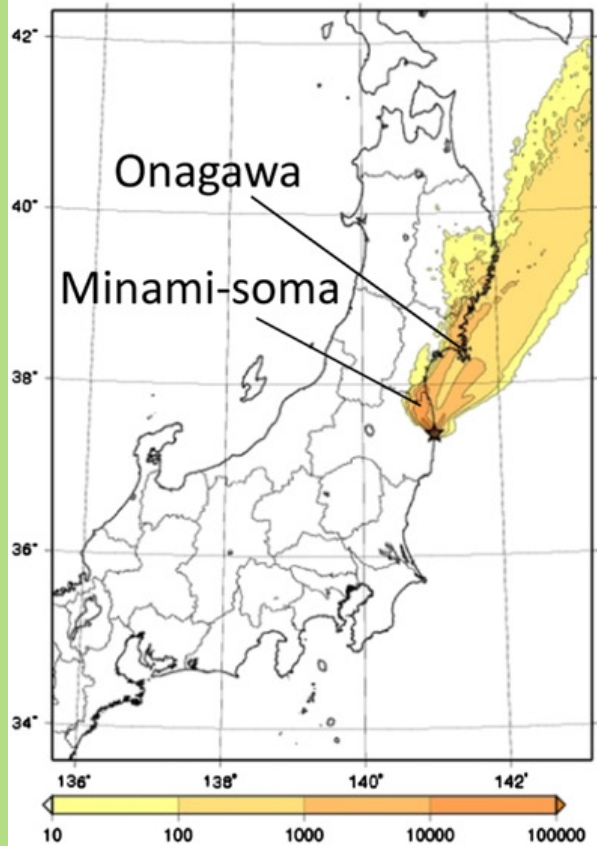
Results and discussion

3/12

## Dry Deposition Analysis

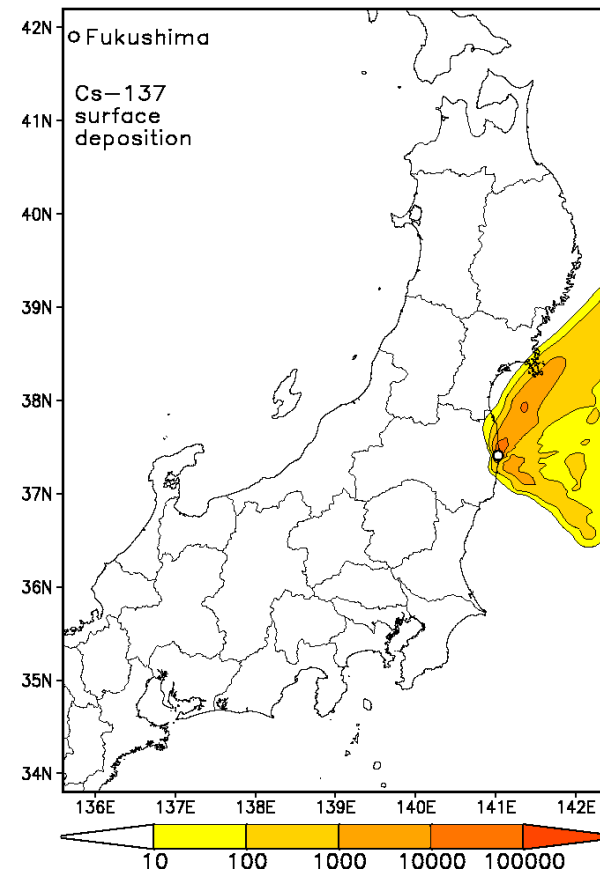
JAEA\_WSPEEDI

a 9 JST Mar. 12–9 JST Mar. 13



## New RPDose

00Z12MAR2011



# 福島事件驗證

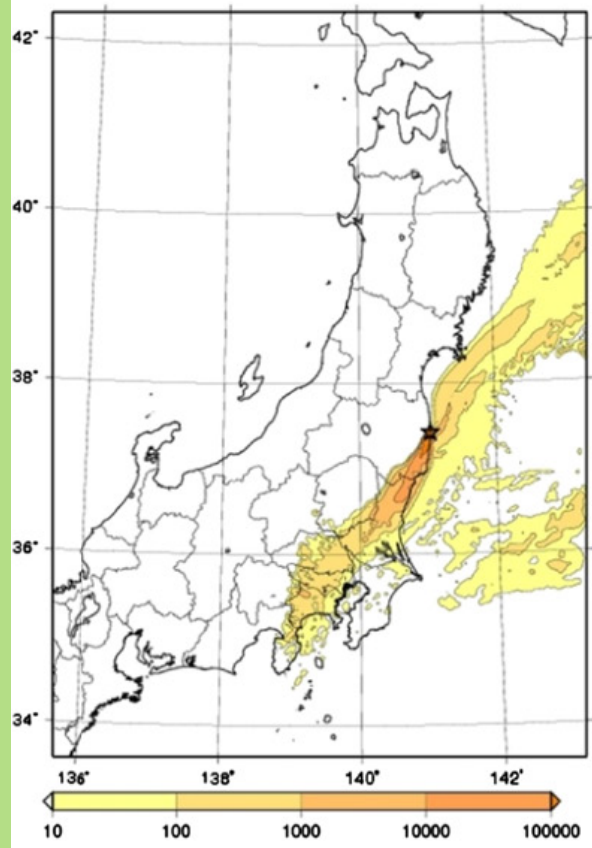
Results and discussion

3/14

## Dry Deposition Analysis

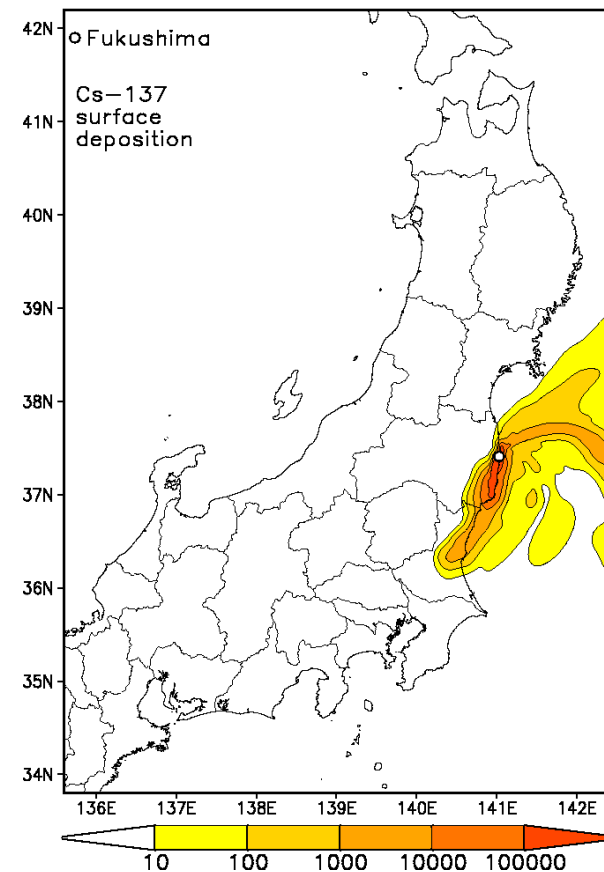
JAEA\_WSPEEDI

**b** 9 JST Mar. 14–9 JST Mar. 15



## New RPDose

00Z14MAR2011



# 福島事件驗證

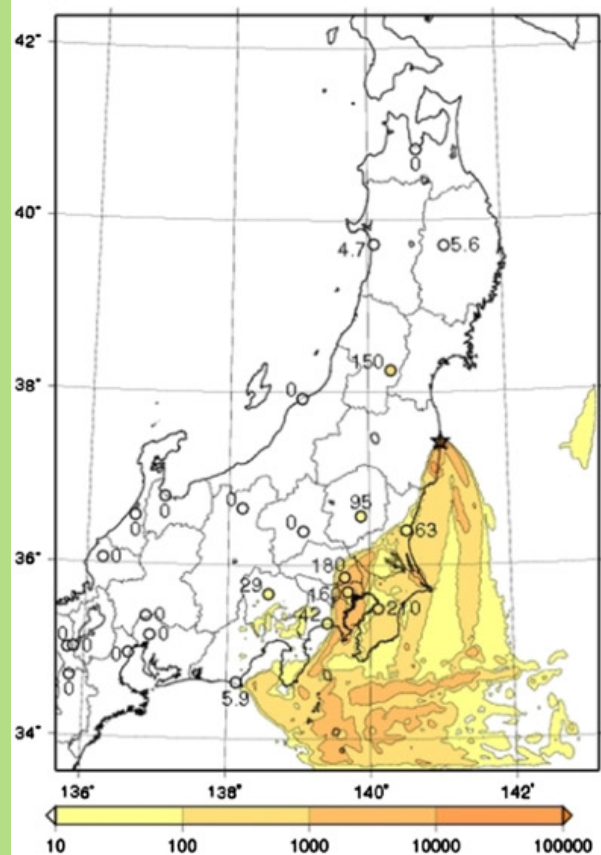
Results and discussion

3/23

## Dry Deposition Analysis

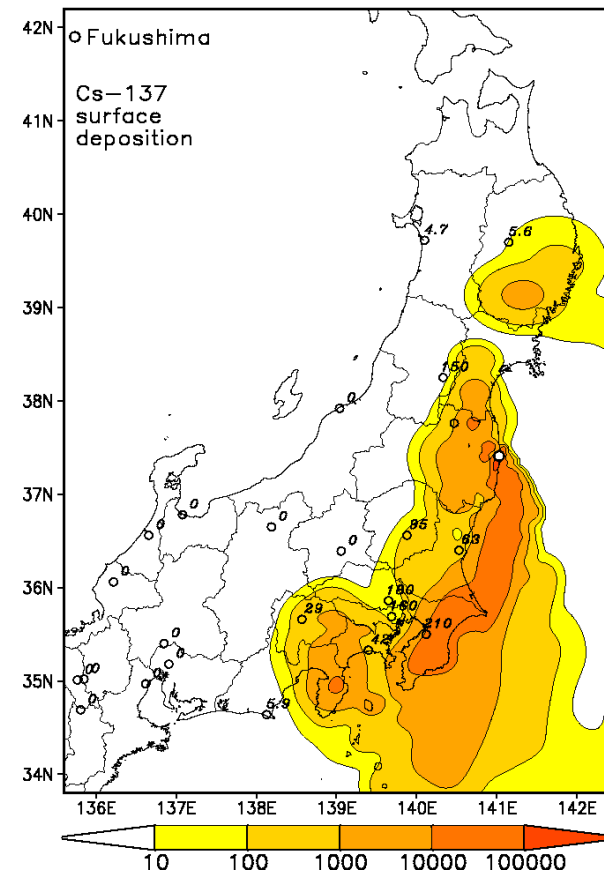
JAEA\_WSPEEDI

g 9 JST Mar. 23–9 JST Mar. 24



## New RPDose

00Z23MAR2011

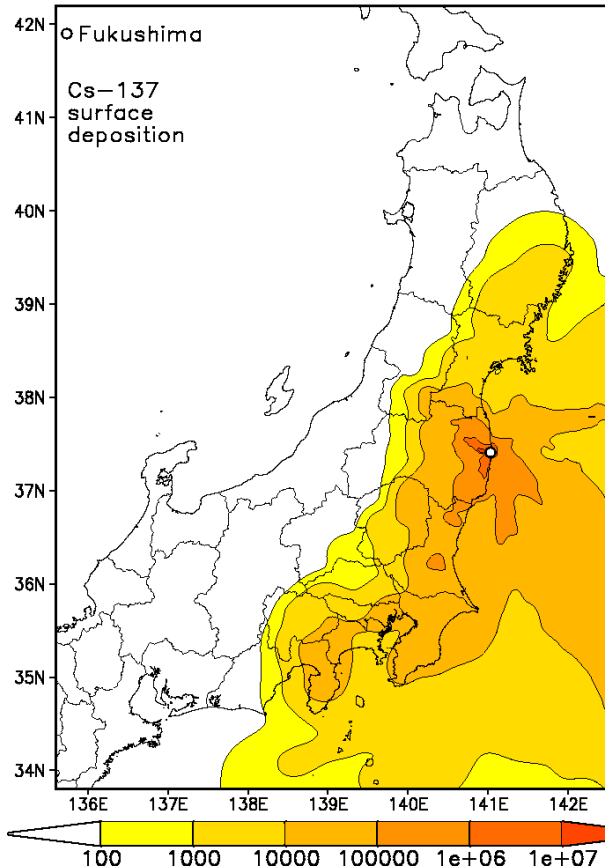


# 福島事件驗證

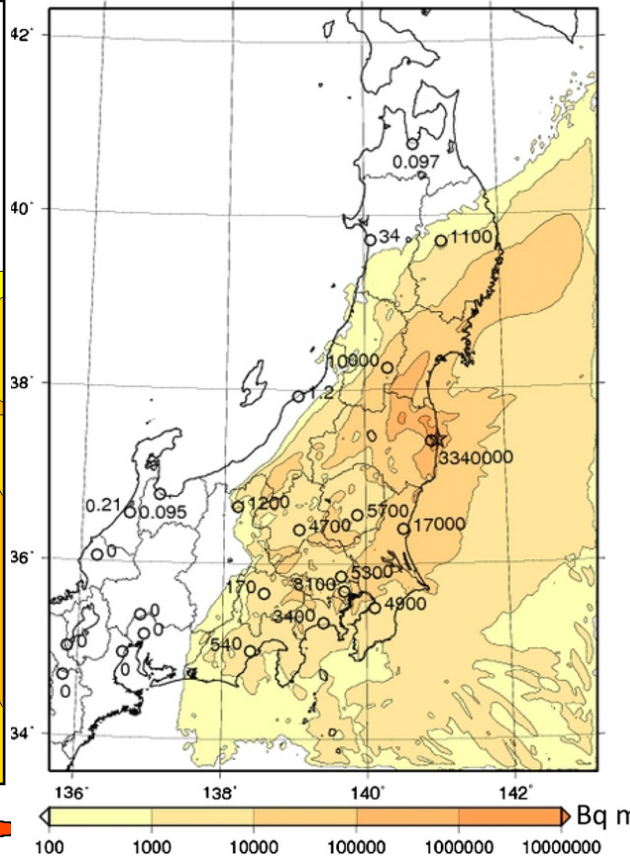
Results and discussion

## Accumulation of Deposition

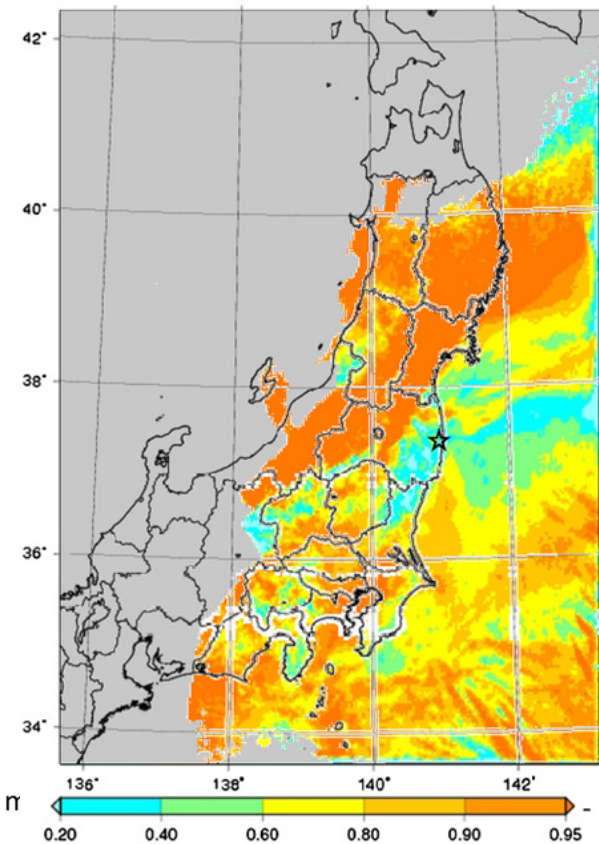
JST March 12–0 JST April 1



a 5 JST March 12–0 JST April 1



c Ratio of Wet/Total deposition



# 結論

Conclusion

## 系統更新

**即時性:**全球、區域作業化預報模式

**全球性:**經緯度座標

**可用性:**實際估算放射性物質移除量，

進而結合劑量計算。

## 系統應用

不論是境內、外發生事件時，可直接採用全球或區域預報資料，及透過MDDS之台灣地區高解析度資料，毋須額外啟動氣象預報模式，即可大大節省時間，且亦可應用在核彈試爆、火山、火災的污染趨勢的預估上，皆有其可參考價值。

## 福島事件驗證

1.在3/15日濕沉降的驗證當中，為了彌補時間解析度的不足，以及降雨資訊的缺乏，參考了觀測資料、其他模式降雨資料後，進行模式調整後，其模擬結果顯示在**福島地區的山谷地區**出現了**大量來自濕沉降的貢獻**，與實際觀測及JAEA系統的分布和量值都相當，足以見得本系統之濕沉降過程在良好的氣象條件配合下，會有不錯的表現。

2.在福島事件期間(~3月底)的模擬中，本系統主要仍是以乾沉降過程為主，因此與JAEA的差異主要來自於風向的不同，其沉降量的量級與觀測都有不錯的匹配。

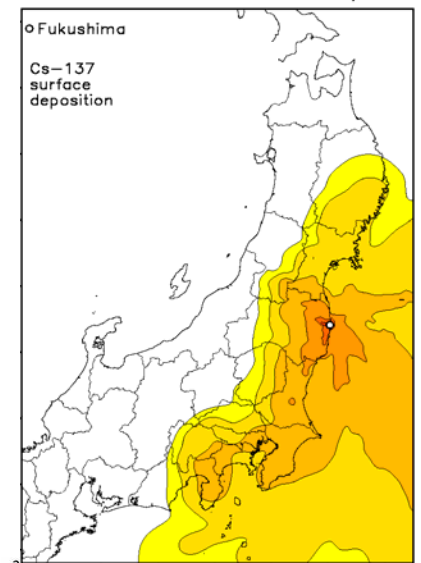
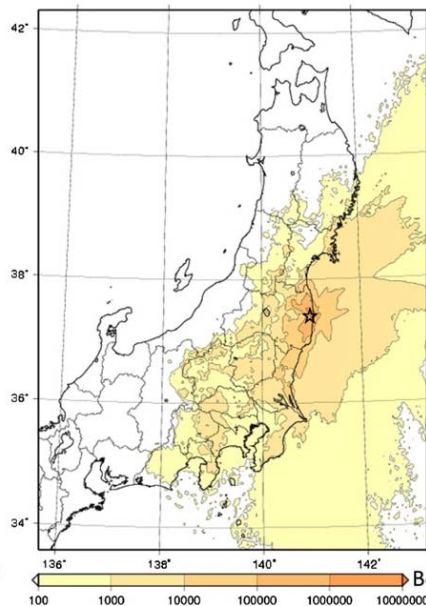
Thank You

# 福島事件驗證

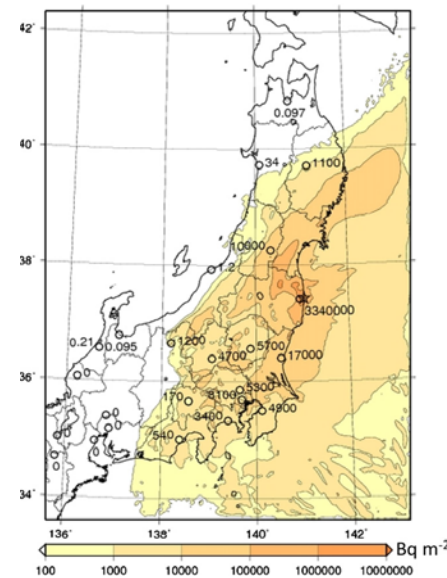
Results and discussion

## Accumulation of Deposition

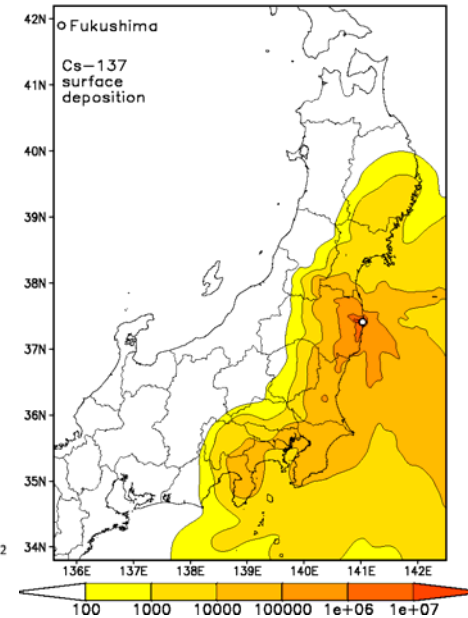
5 JST March 12–0 JST April 1



a 5 JST March 12–0 JST April 1



5 JST March 12–0 JST April 1





# 系統介紹

## 氣象資料介紹

- 全球、區域模式資料及透過MDDS之高解析度資料
- MDDS\_簡介:MDDS physical constraints

動量方程

$$\begin{aligned}
 1 \quad & R_d p_{00}^{-\kappa} (\bar{\theta}_v + \theta'_v) (\bar{p} + p')^{\kappa-1} m \left( \frac{\partial p'}{\partial x} + \frac{J_1}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) + \left( mu \frac{\partial u}{\partial x} + mv \frac{\partial u}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) - fv = 0 \\
 2 \quad & R_d p_{00}^{-\kappa} (\bar{\theta}_v + \theta'_v) (\bar{p} + p')^{\kappa-1} m \left( \frac{\partial p'}{\partial y} + \frac{J_2}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) + \left( mu \frac{\partial v}{\partial x} + mv \frac{\partial v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial v}{\partial \eta} \right) + fu = 0 \\
 3. \quad & \frac{R_d p_{00}^{-\kappa} \theta'_v p^{\kappa-1}}{J_3} \frac{\partial p'}{\partial \eta} + \left( mu \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial x} + mv \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_3 \dot{\eta}}{\partial \eta} \right) - \left( mu \frac{\partial J_1 mu}{\partial x} + mv \frac{\partial J_1 mu}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_1 mu}{\partial \eta} \right) - \\
 & \left( mu \frac{\partial J_2 mv}{\partial x} + mv \frac{\partial J_2 mv}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial J_2 mv}{\partial \eta} \right) - \frac{(\kappa-1)g}{\bar{p}} p' - \frac{g}{\bar{\theta}_v} \theta' = 0
 \end{aligned}$$

連續方程

$$\begin{aligned}
 4 \quad & (1-\kappa)p^{-1} \left( mu \frac{\partial p'}{\partial x} + mv \frac{\partial p'}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial p'}{\partial \eta} \right) - \frac{(1-\kappa)p^{-1}g}{R_d \bar{\theta}_v p_{00}^{-\kappa} \bar{p}^{\kappa-1}} (J_3 \dot{\eta} - J_1 mu - J_2 mv) \\
 & + \left( m \frac{\partial u}{\partial x} + m \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \dot{\eta}}{\partial \eta} - \frac{mu}{J_3} \frac{\partial J_1}{\partial \eta} - \frac{mv}{J_3} \frac{\partial J_2}{\partial \eta} + \frac{\dot{\eta}}{J_3} \frac{\partial J_3}{\partial \eta} - u \frac{\partial m}{\partial x} - v \frac{\partial m}{\partial y} \right) = 0
 \end{aligned}$$

熱力方程

$$5 \quad mu \frac{\partial \theta'_v}{\partial x} + mv \frac{\partial \theta'_v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial \theta'_v}{\partial \eta} + \frac{1}{J_3} (J_3 \dot{\eta} - J_1 mu - J_2 mv) \frac{\partial \bar{\theta}_v}{\partial \eta} = 0$$

水汽方程

$$6. \quad mu \frac{\partial q'_v}{\partial x} + mv \frac{\partial q'_v}{\partial y} + \dot{\eta} \frac{\partial q'_v}{\partial \eta} + \frac{1}{J_3} (J_3 \dot{\eta} - J_1 mu - J_2 mv) \frac{\partial \bar{q}_v}{\partial \eta} = 0$$

# 系統介紹

- MDDS\_簡介:邊界層

方法

Ref: Hong and Pan(1996)&Hong and Noh(2006)

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

C : u, v,  $\theta$ , q,  $K_c$  為紊流擴散係數,  $\gamma_c$  為 Toren and Mahrt(1986)提出 Nonlocal-K 近似所增加的垂直梯度修正項

粒子阻力

Ref: AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model)

$$V_{dp} = \frac{1}{R_a + R_p + R_a R_p V_g} + V_g$$

