

新一代核子事故劑量評估系統  
之  
外釋射源項回推功能建置

報告人：邱慶睿

中央氣象局科技研究中心

# 前言

## 一. 近代嚴重的核電廠事故

- 1986年車諾比事件
- 2011年3月11日的日本福島核電廠事故

## 二. 核災影響程度及範圍

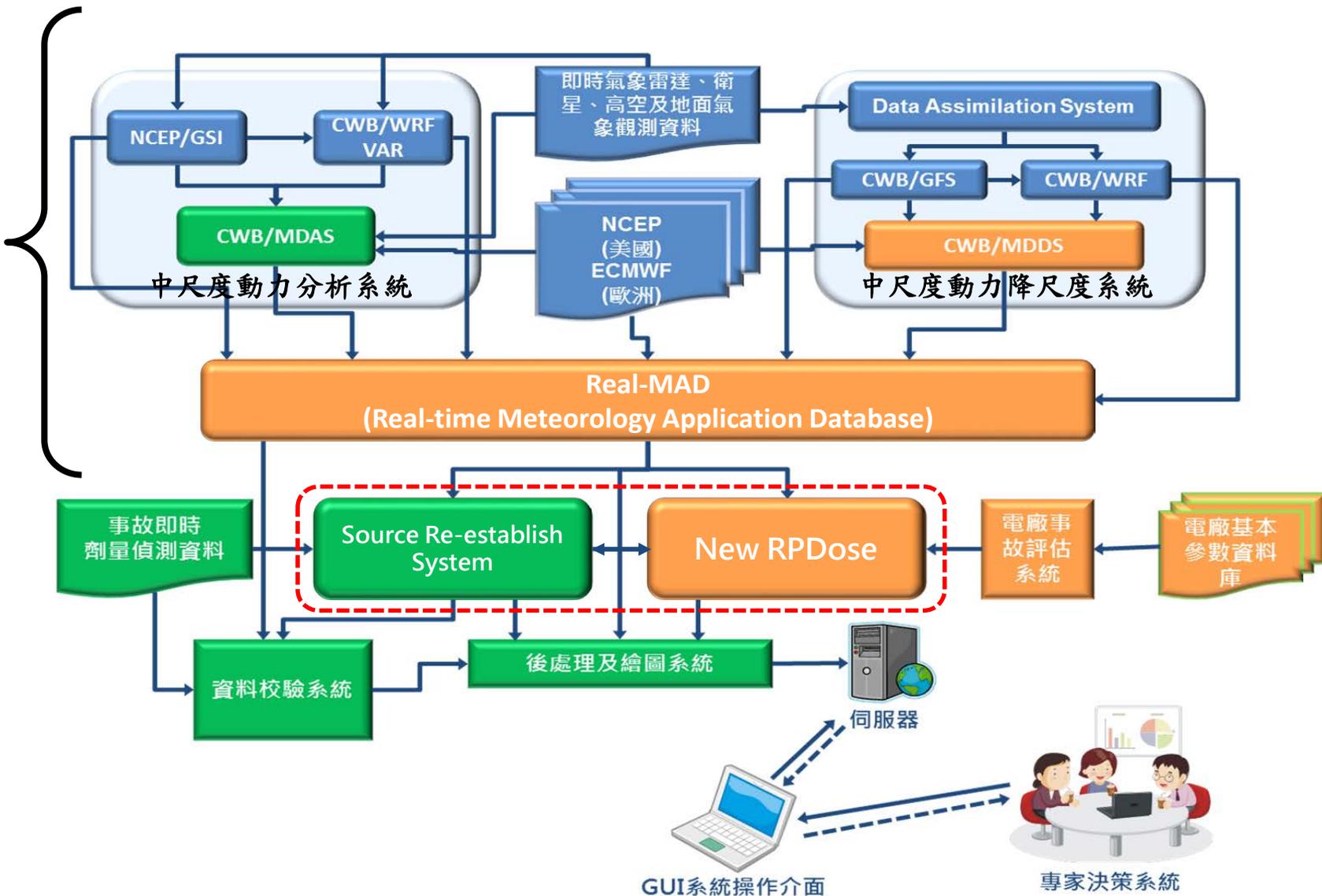
- 物理性災害
- 放射性物質外釋

# 大綱

- 一. 新一代核子事故劑量評估系統
- 二. 外釋射源項回推功能建置
- 三. 福島事件案例測試

# 一. 新一代核子事故劑量評估系統

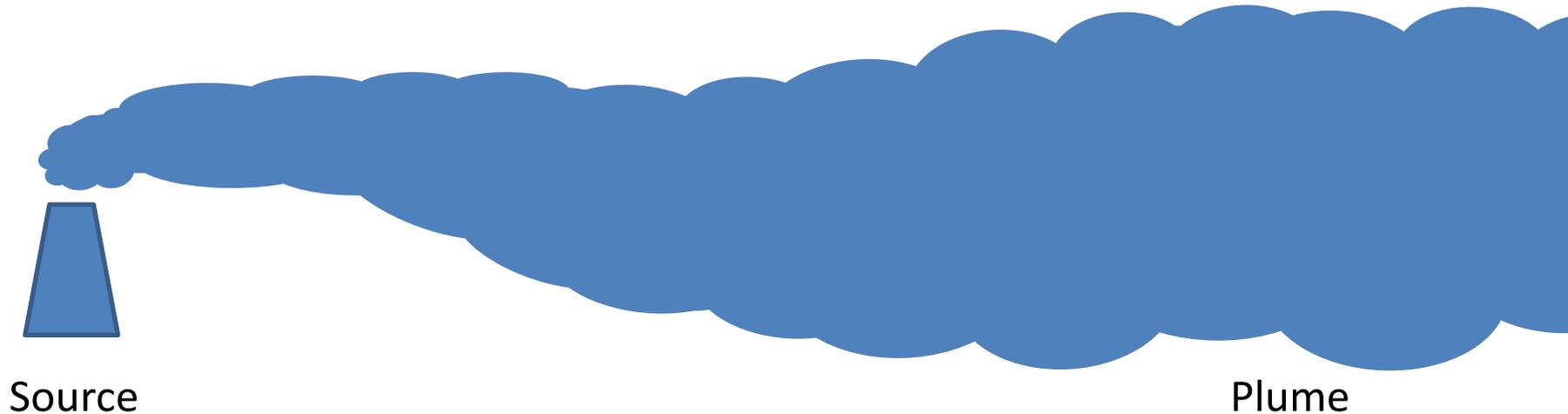
即時氣象應用資料庫



# 一. 新一代核子事故劑量評估系統

## ■ New RPDose

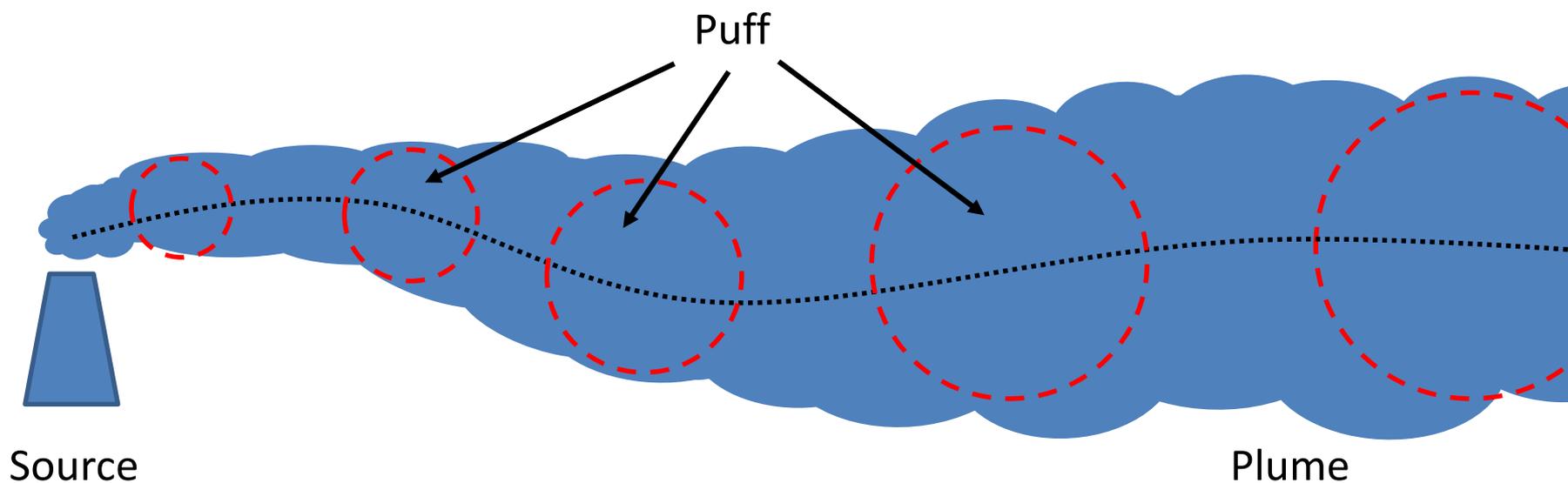
Random Puff Transport and Diffusion + Dose



# 一. 新一代核子事故劑量評估系統

## ■ New RPDose

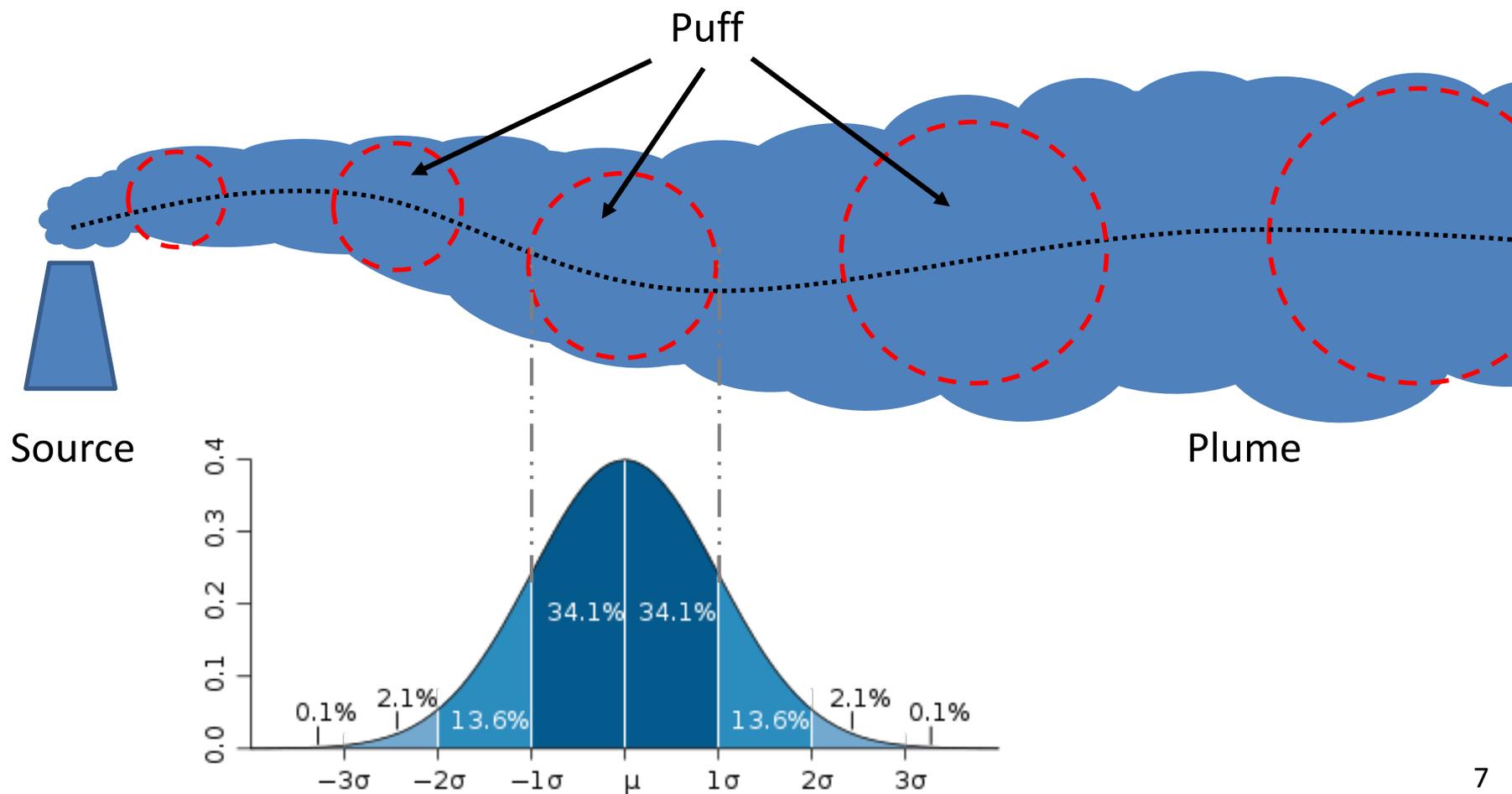
Random Puff Transport and Diffusion + Dose



# 一. 新一代核子事故劑量評估系統

## ■ New RPDose

Random Puff Transport and Diffusion + Dose



# 一. 新一代核子事故劑量評估系統

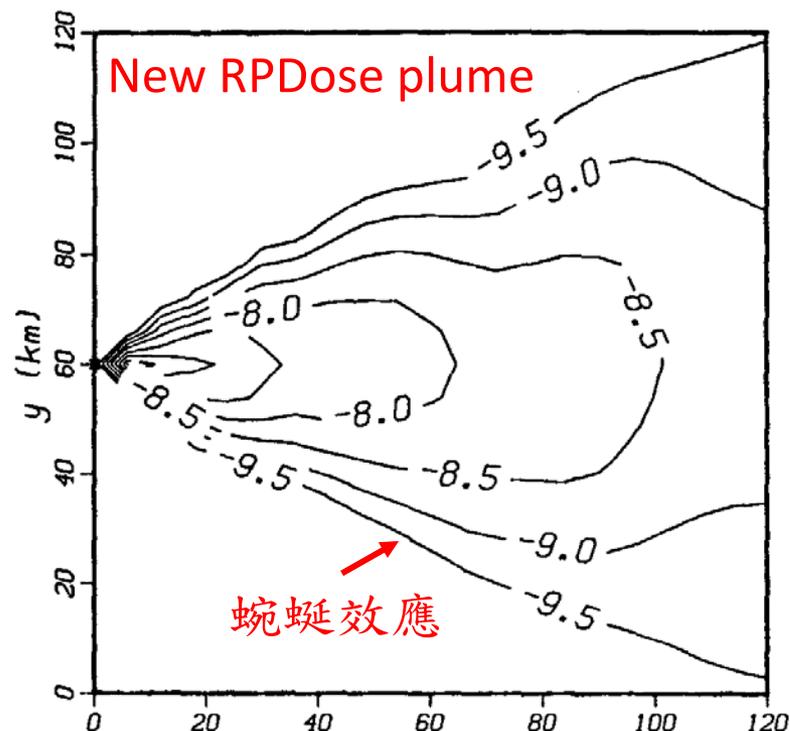
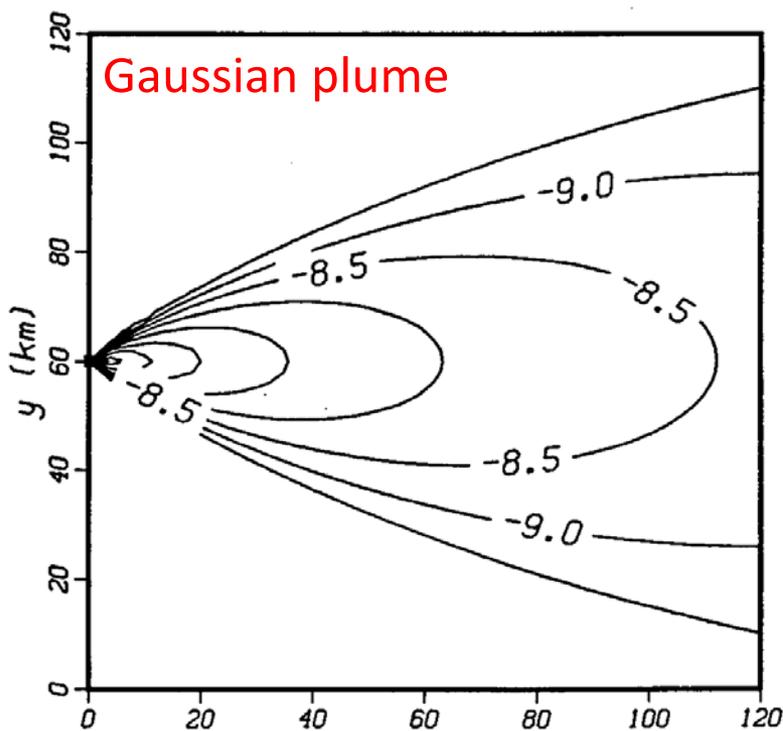
## ■ New RPDose

Random Puff Transport and Diffusion + Dose

煙陣移動：

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

$$\text{其中 } U_{pi} = U_i + u_i$$

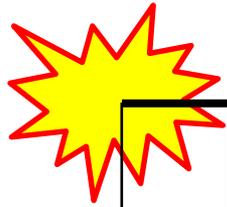


(T. Yamada and S. Bunker, 1987)

# 二. 外釋射源項回推功能建置

即時劑量偵測資料

時間進程



核子事故發生

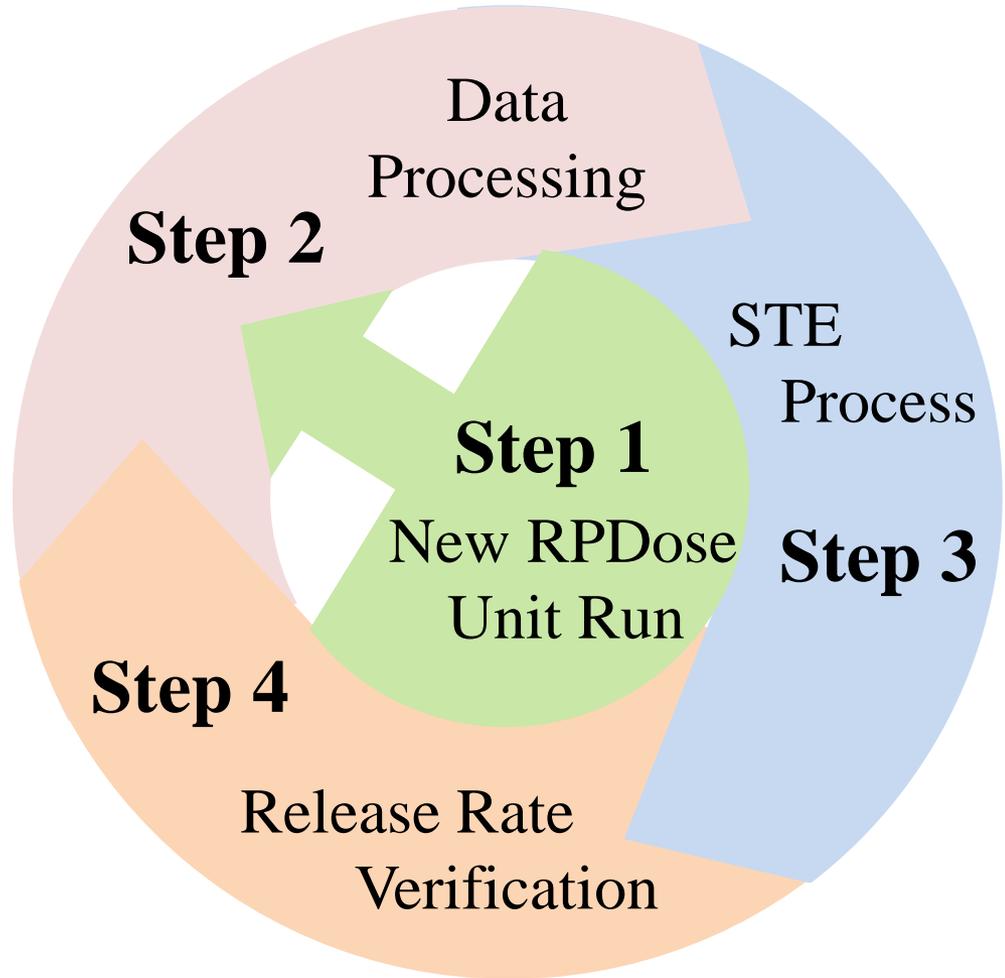
事故地點經緯度

初步的事件歷程

精細的事件歷程

更新即時劑量偵測資料

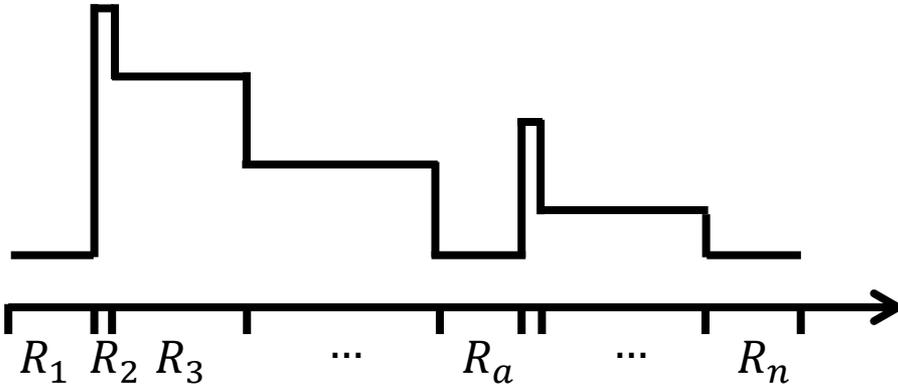
釋放率分段設計



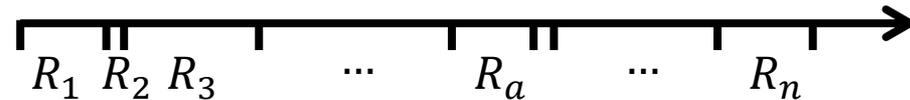
## 二. 外釋射源項回推功能建置

### Step3. STE Process

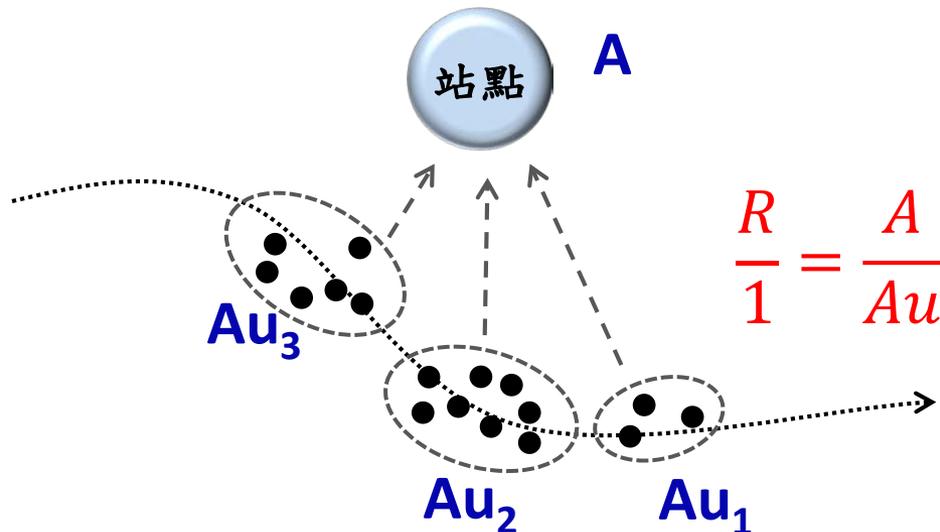
待求釋放率：



釋放率分段設計：



劑量偵測資料：



New RPDose  
Unit Run:

# 三. 福島事件案例測試

## ■ 輸入資料與模式設定

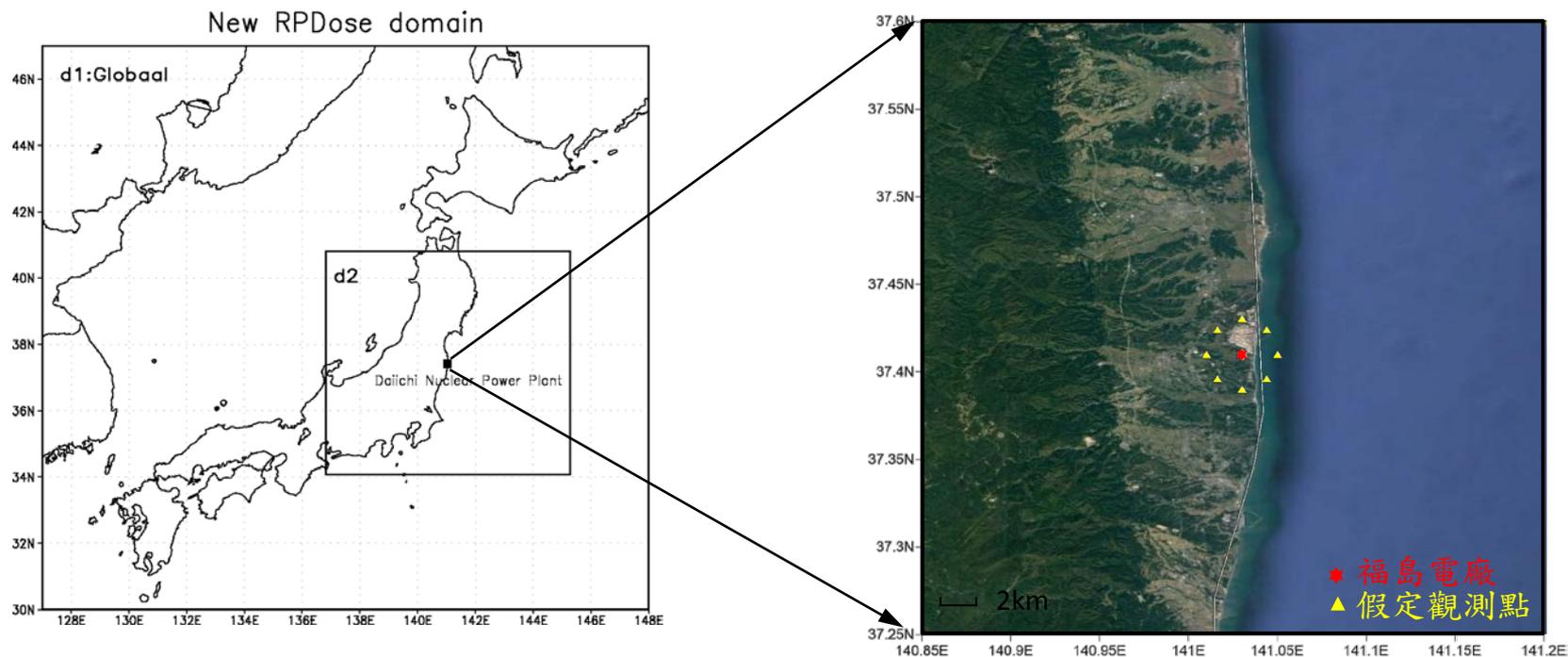
### ➤ 氣象場

Domain1 : NCEP GFS ANL 0.5°資料

Domain2 : NCEP GFS ANL 0.5°資料 → MDDS三維連續變分降尺度



1km解析度的氣象場資料



# 三. 福島事件案例測試

## ■ 輸入資料與模式設定

### ➤ New RPDose **Unit Run**

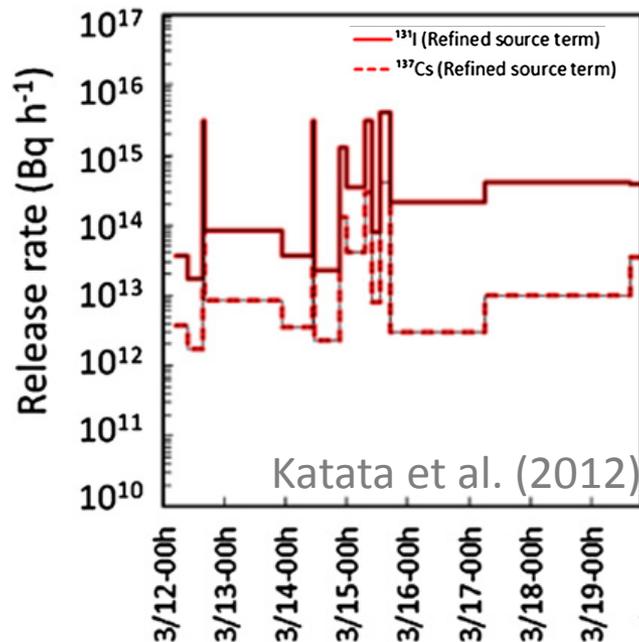
核種：Cs-137

釋放率：1Bq/sec

開始時間：2011/3/11 20:00

模擬總時：192 hours (8天)

### ➤ 使用模擬中的所有資訊

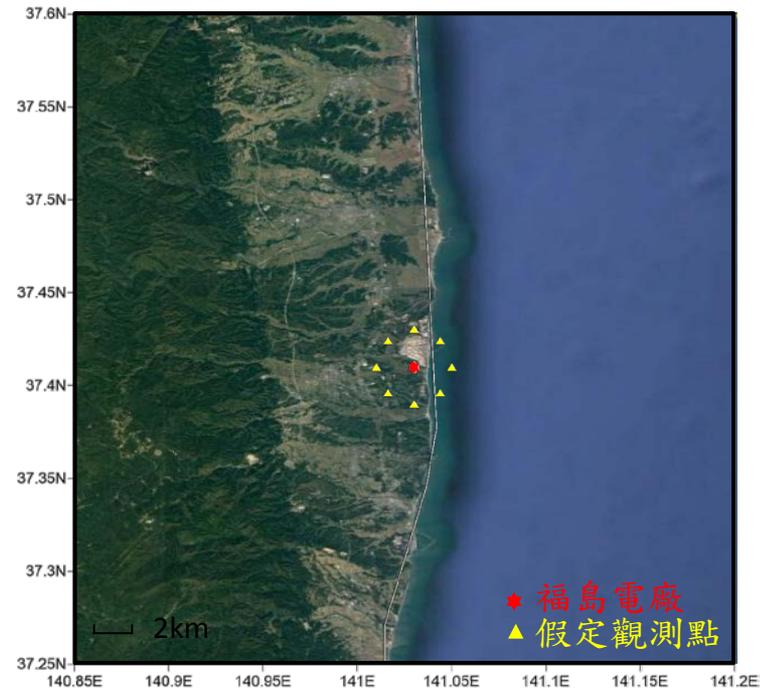


### ➤ New RPDose **AObs Run** (替代觀測資料)

釋放率：Katata et al. (2012)

觀測點：福島電廠向外八個方位2km處

### ➤ 僅使用觀測點的模擬結果



# 三. 福島事件案例測試

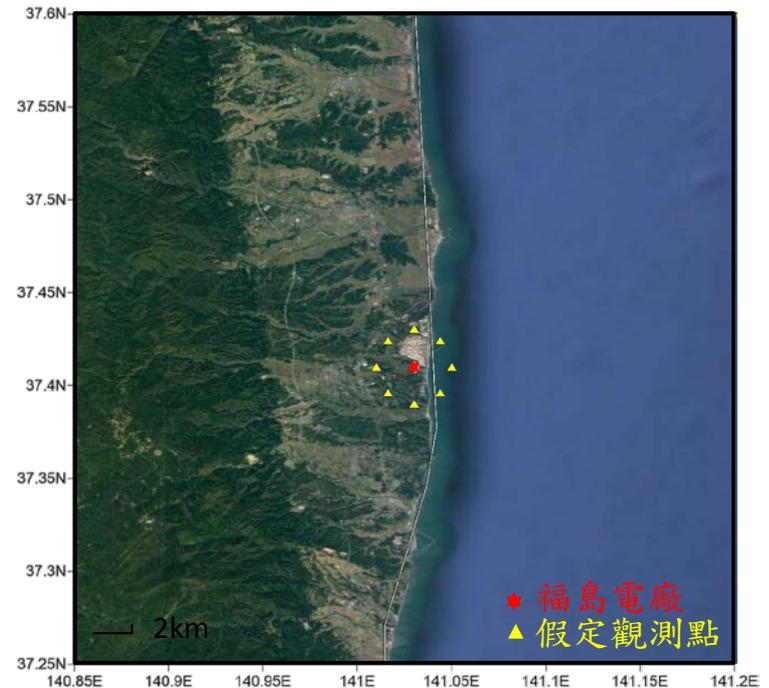
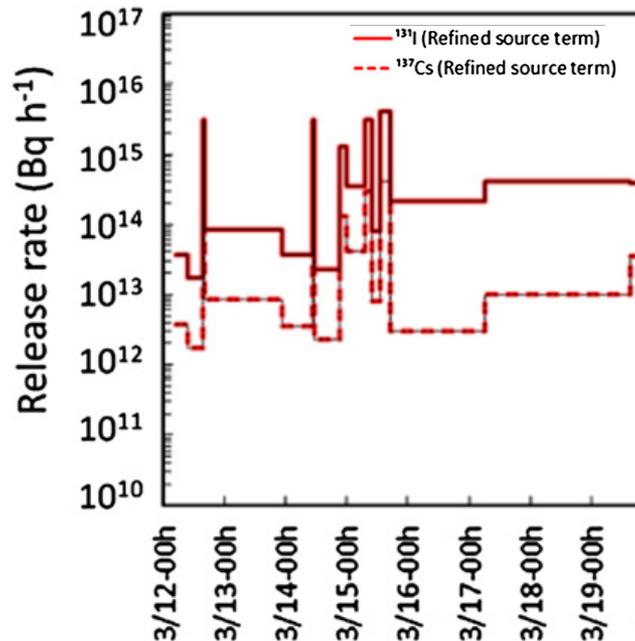
## ■ 輸入資料與模式設定

### ➤ Ideal case:

- 15個釋放率分段(JAEA)、8個假想觀測點
- 模擬資料：Unit Run (相同的蜿蜒效應)
- 替代觀測資料：AObs Run

### ➤ General case:

- 模擬資料：Unit Run (Random的蜿蜒效應)
- 替代觀測資料：AObs Run

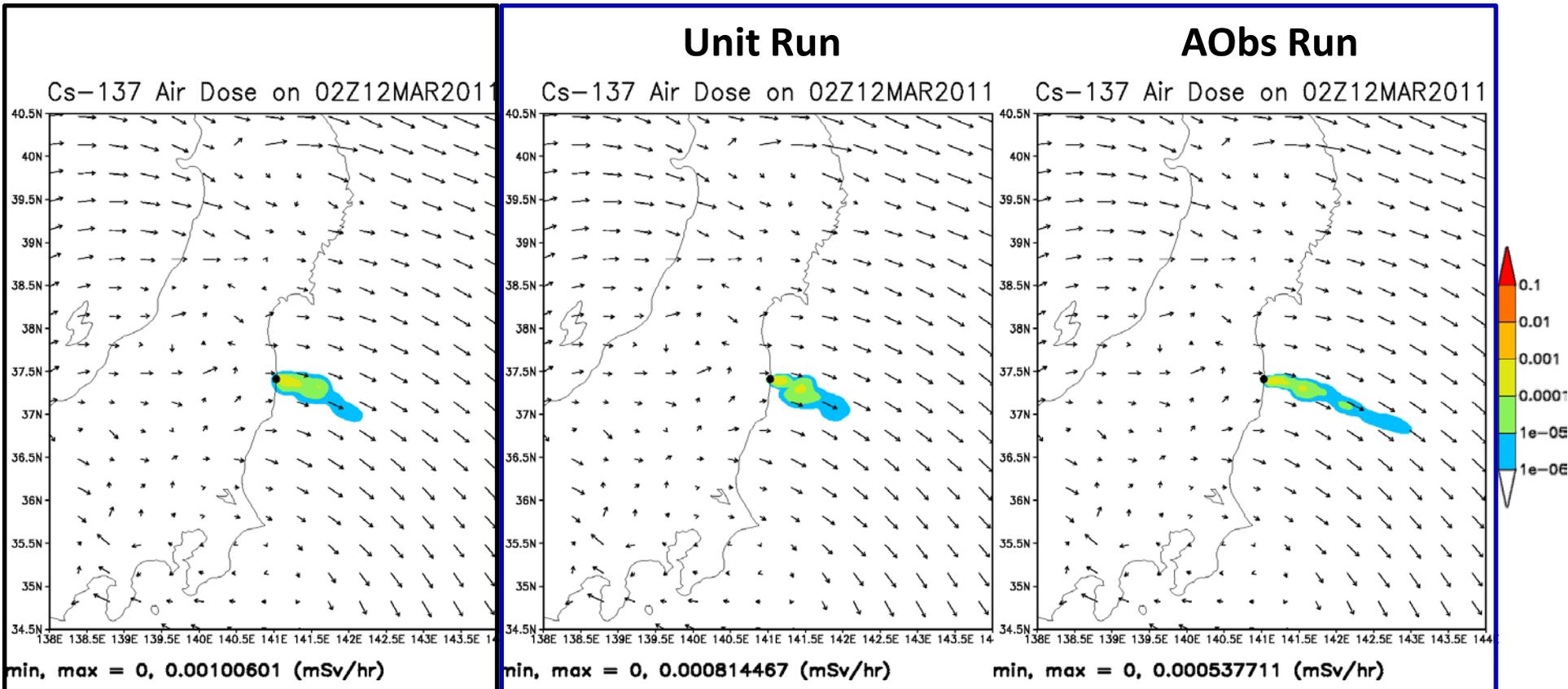


# 三. 福島事件案例測試

## ■ New RPDose模擬結果 - Air Dose (mSv/hr)

Ideal case

General case



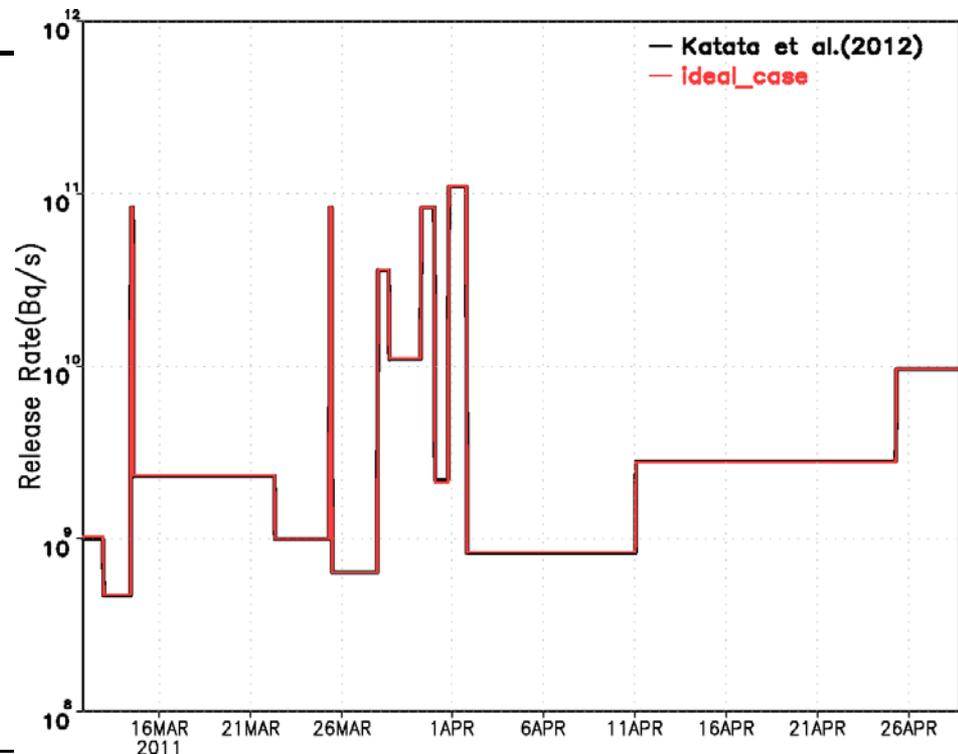
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 射源項回推結果(Bq/sec)

### ➤ Ideal case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(固定的蜿蜒效應)

Ideal Case STE Result (unit: Bq/sec)					Katata et al.
R <sub>n</sub>	iter=1	iter=2	iter=3	iter=4	(2012)
R <sub>1</sub>	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09
R <sub>2</sub>	-999	4.7E+08	4.7E+08	4.7E+08	4.7E+08
R <sub>3</sub>	-999	-999	8.3E+10	8.3E+10	8.3E+10
R <sub>4</sub>	2.3E+09	2.3E+09	2.3E+09	2.3E+09	2.3E+09
R <sub>5</sub>	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09
R <sub>6</sub>	-999	8.3E+10	8.3E+10	8.3E+10	8.3E+10
R <sub>7</sub>	6.4E+08	6.4E+08	6.4E+08	6.4E+08	6.4E+08
R <sub>8</sub>	-999	3.6E+10	3.6E+10	3.6E+10	3.6E+10
R <sub>9</sub>	-999	-999	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10
R <sub>10</sub>	-999	-999	-999	8.3E+10	8.3E+10
R <sub>11</sub>	-999	-999	-999	2.1E+09	2.2E+09
R <sub>12</sub>	-999	1.1E+11	1.1E+11	1.1E+11	1.1E+11
R <sub>13</sub>	8.3E+08	8.3E+08	8.3E+08	8.3E+08	8.3E+08
R <sub>14</sub>	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09
R <sub>15</sub>	9.6E+09	9.6E+09	9.6E+09	9.6E+09	9.6E+09



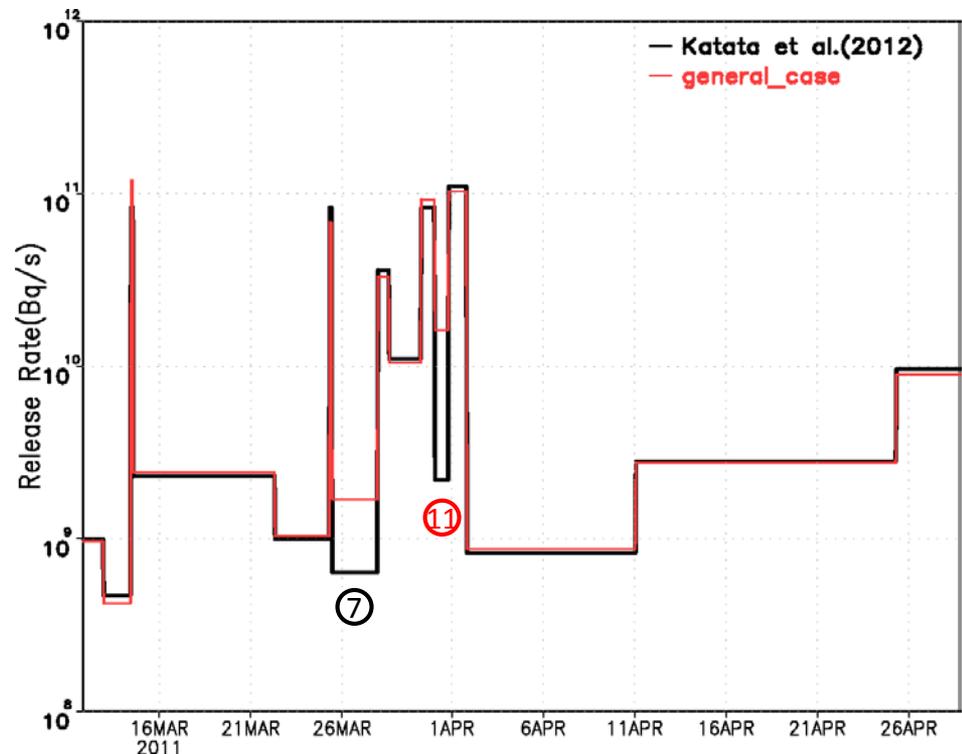
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 射源項回推結果(Bq/sec)

### ➤ General case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(Random的蜿蜒效應)

General Case STE Result (unit: Bq/sec)				Katata et al.
R <sub>n</sub>	iter=1	iter=2	iter=3	(2012)
R <sub>1</sub>	9.7E+08	9.7E+08	9.7E+08	1.0E+09
R <sub>2</sub>	4.2E+08	4.2E+08	4.2E+08	4.7E+08
R <sub>3</sub>	-999	1.2E+11	1.2E+11	8.3E+10
R <sub>4</sub>	2.4E+09	2.4E+09	2.4E+09	2.3E+09
R <sub>5</sub>	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09
R <sub>6</sub>	-999	6.8E+10	6.8E+10	8.3E+10
R <sub>7</sub>	1.7E+09	1.7E+09	1.7E+09	6.4E+08
R <sub>8</sub>	-999	3.3E+10	3.3E+10	3.6E+10
R <sub>9</sub>	-999	-999	1.1E+10	1.1E+10
R <sub>10</sub>	9.3E+10	9.3E+10	9.3E+10	8.3E+10
R <sub>11</sub>	1.6E+10	1.6E+10	1.6E+10	2.2E+09
R <sub>12</sub>	1.0E+11	1.0E+11	1.0E+11	1.1E+11
R <sub>13</sub>	8.7E+08	8.7E+08	8.7E+08	8.3E+08
R <sub>14</sub>	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09
R <sub>15</sub>	8.9E+09	8.9E+09	8.9E+09	9.6E+09



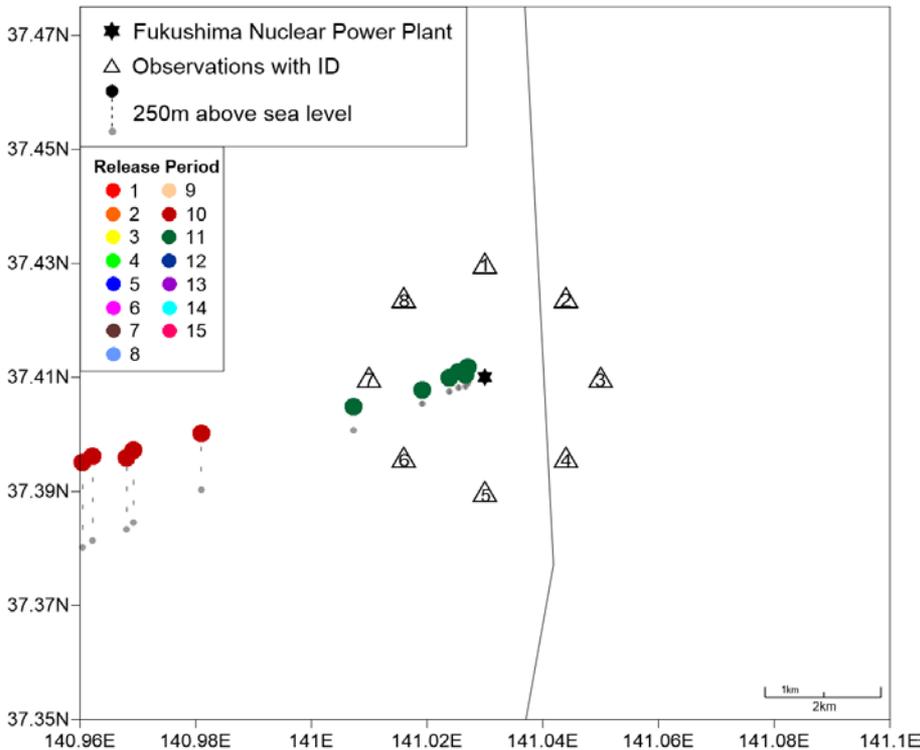
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 誤差成因探討

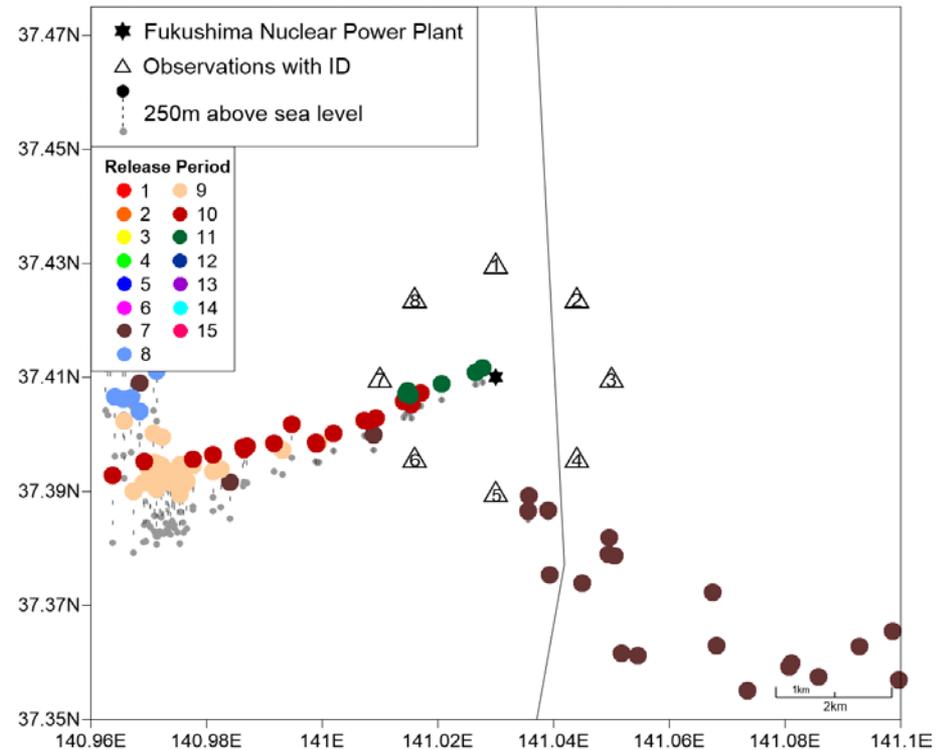
### ➤ General case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(Random的蜿蜒效應)

Unit Run at 20110315\_02Z



AObs Run at 20110315\_02Z



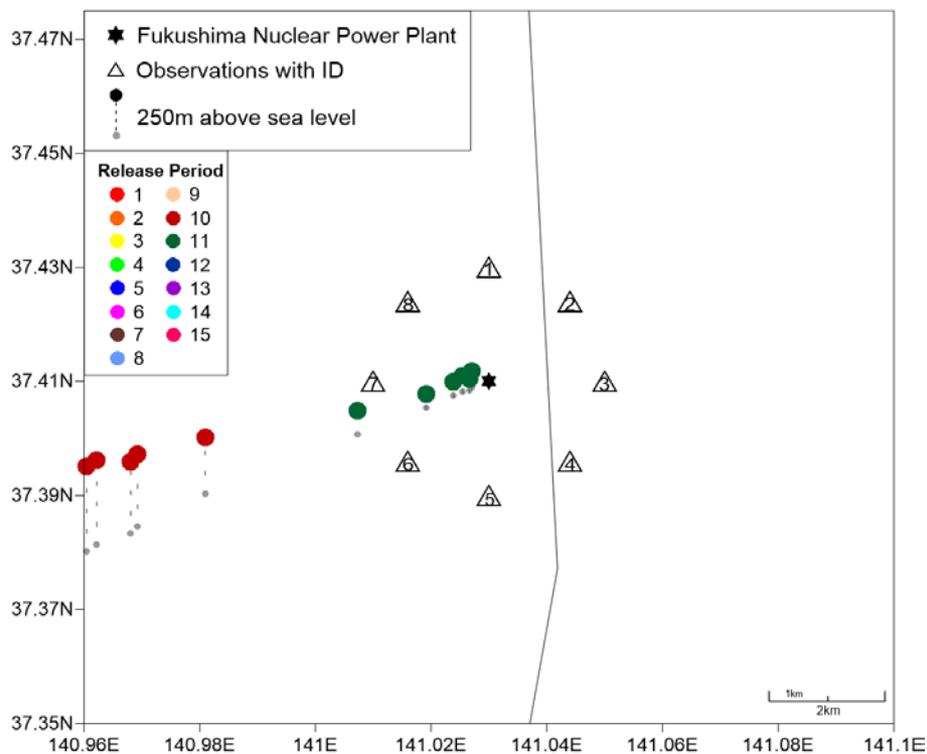
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 誤差成因探討

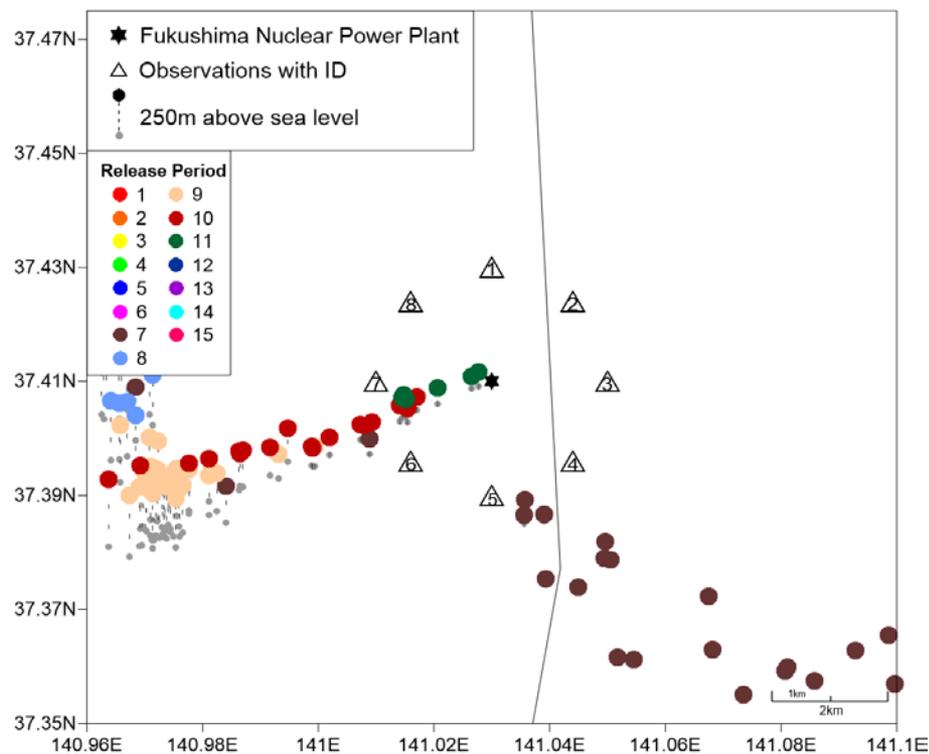
### ➤ General case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(Random的蜿蜒效應)

Unit Run at 20110315\_02Z



AObs Run at 20110315\_02Z



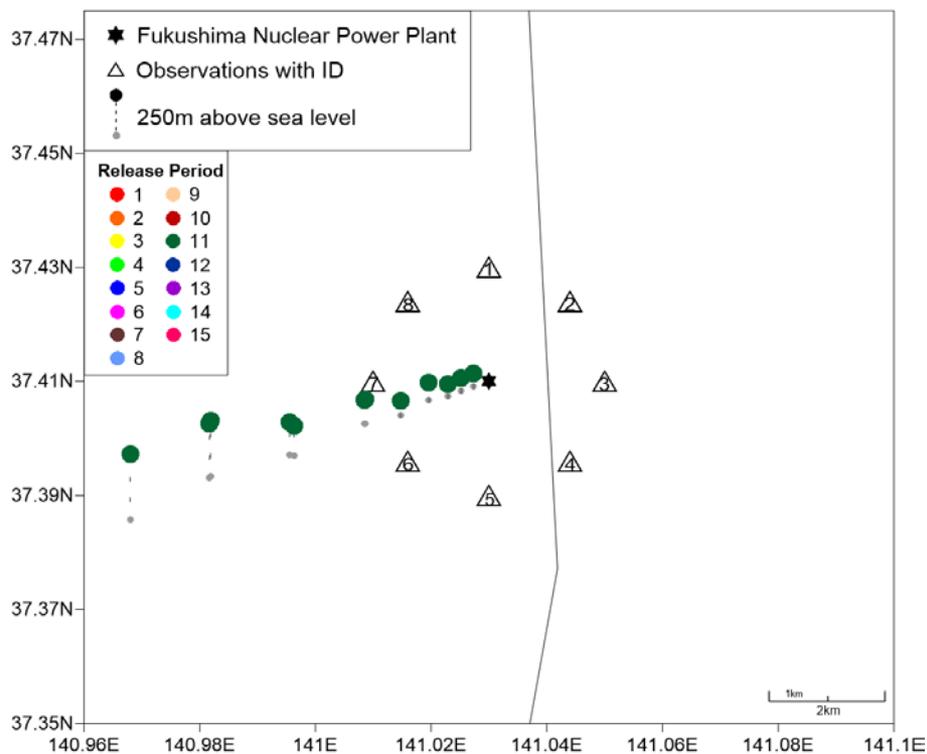
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 誤差成因探討

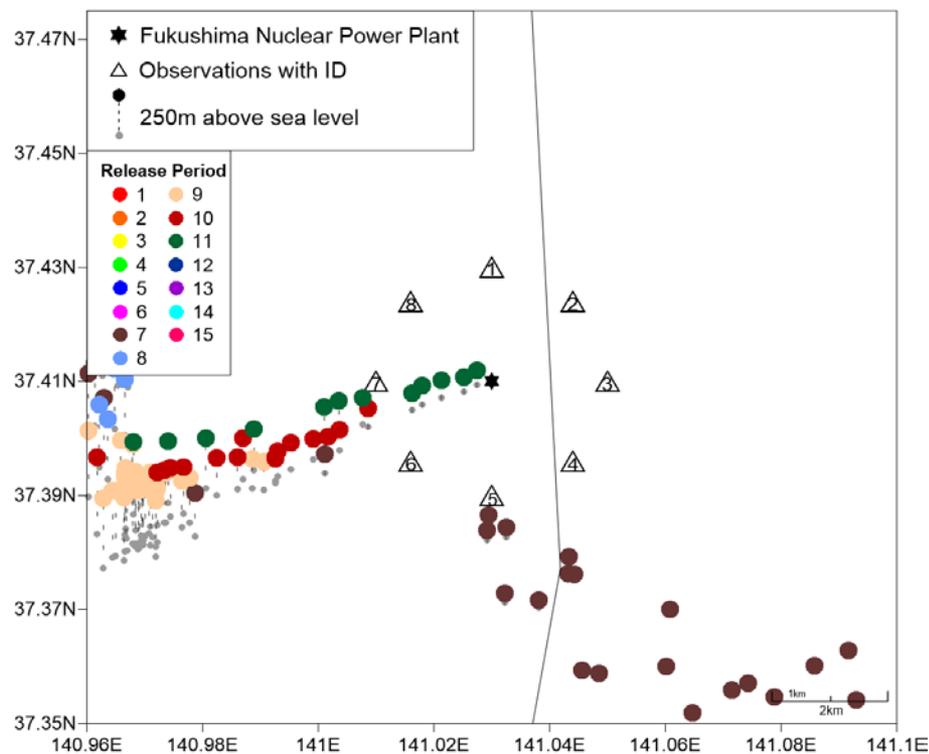
### ➤ General case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(Random的蜿蜒效應)

Unit Run at 20110315\_03Z



AObs Run at 20110315\_03Z



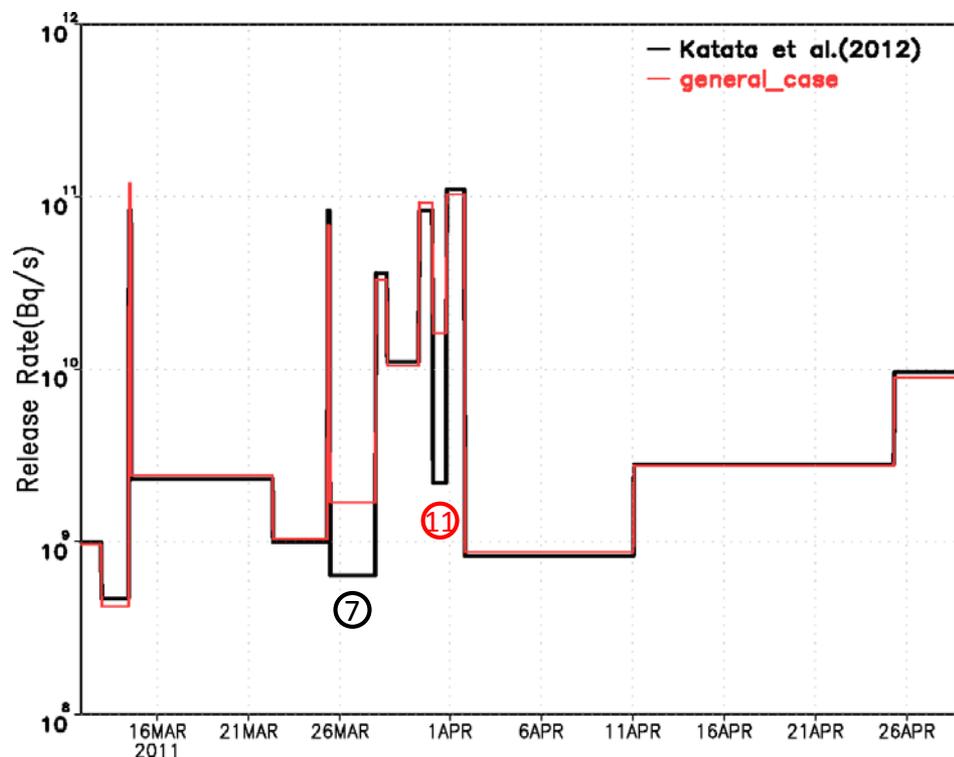
# 三. 福島事件案例測試

## ■ 射源項回推結果(Bq/sec)

### ➤ General case:

- 釋放源: 15個釋放率分段(JAEA)
- 模擬資料: Unit Run、AObs Run(Random的蜿蜒效應)

General Case STE Result (unit: Bq/sec)				Katata et al.
R <sub>n</sub>	iter=1	iter=2	iter=3	(2012)
R <sub>1</sub>	9.7E+08	9.7E+08	9.7E+08	1.0E+09
R <sub>2</sub>	4.2E+08	4.2E+08	4.2E+08	4.7E+08
R <sub>3</sub>	-999	1.2E+11	1.2E+11	8.3E+10
R <sub>4</sub>	2.4E+09	2.4E+09	2.4E+09	2.3E+09
R <sub>5</sub>	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.0E+09
R <sub>6</sub>	-999	6.8E+10	6.8E+10	8.3E+10
R <sub>7</sub>	1.7E+09	1.7E+09	1.7E+09	6.4E+08
R <sub>8</sub>	-999	3.3E+10	3.3E+10	3.6E+10
R <sub>9</sub>	-999	-999	1.1E+10	1.1E+10
R <sub>10</sub>	9.3E+10	9.3E+10	9.3E+10	8.3E+10
R <sub>11</sub>	1.6E+10	1.6E+10	1.6E+10	2.2E+09
R <sub>12</sub>	1.0E+11	1.0E+11	1.0E+11	1.1E+11
R <sub>13</sub>	8.7E+08	8.7E+08	8.7E+08	8.3E+08
R <sub>14</sub>	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09	2.8E+09
R <sub>15</sub>	8.9E+09	8.9E+09	8.9E+09	9.6E+09



# 結論

- Ideal case
  1. 準確的射源項回推結果，驗證回推方法的合理性
- General case
  1. 加入隨機蜿蜒效應，仍有多數釋放率分段有合適的回推結果，顯現方法於實際案例的適用性
  2. 少數分段回推結果落差較大，誤差來源主要來自隨機蜿蜒效應造成的煙陣位置差異所致
- 增加模擬組數，並引入真實觀測資料

感謝聆聽

# 新一代核子事故劑量評估系統

## New RPDose模式簡介

- **New RPDose:**

RAPTAD+Dose

(Random Puff Transport and Diffusion + Dose)



# 中央氣象局中尺度動力降尺度系統(MDDS)簡介

- Meso Dynamic Downscale System (MDDS)為中央氣象局與NOAA之GSD合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統。
- 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，MDDS是為了解決因複雜地形下所產生的較小尺度氣象場變化。
- MDDS相對於統計降尺度及動力降尺度的優點
  - 不需要長期模式及歷史資料
  - 屬於動力降尺度滿足物理過程
  - 相對於動力降尺度耗時少、且技術門檻較低
- 追隨地勢座標、垂直跳點網格

MDDS之泛函J可以寫成為：

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

- $\alpha_{1\sim7}$ 為各項約束條件的權重
- $P_{1\sim7}$ 為追隨地勢座標下之水平動量方程、垂直動量方程、熱力方程、水汽方程、平滑項

# 中央氣象局中尺度動力分析系統(MDAS)簡介

## MDAS (Meso Dynamic Analysis System)

MDAS之泛函J可以寫成為：

$$J = \omega_1 J_1 + \omega_2 J_2$$
$$J_2 = \iiint \sum_{i,j} \beta_{i,j} (O_j - X_j)^2 d\Omega$$

$$J_1 = \iiint (\alpha_1 P_1^2 + \alpha_2 P_2^2 + \alpha_3 P_3^2 + \alpha_4 P_4^2 + \alpha_5 P_5^2 + \alpha_6 P_6^2 + \alpha_7 P_7^2) d\Omega$$

- MDAS為MDDS引入觀測資料，用作即時性的高解析度氣象分析系統。
- $J_1$ 為原MDDS的泛函， $J_2$ 為觀測資料的泛函。
- $\omega_1$ 和 $\omega_2$ 為約束條件和觀測資料的權重。
- 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，j為觀測資料的變數。
- 觀測資料變數有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。