

# 國際核災劑量評估系統開發及 其在福島事故之模擬研究

單位:中央氣象局 科技中心

作者:曾慧婷 鄧仁星 蔡宗樺 王建勛 簡榮佑

# 大綱

- 前言
- 系統、模式介紹
- 大氣擴散模式開發
- 福島案例模擬驗證
- 結論

# 前言

- 日本311地震、海嘯



圖片:<http://www.gadgetoflife.com/?p=3718>

# 劑量評估系統



# 模式介紹:A2C

使用模式: 中小尺度大氣亂流與煙流擴散模式

(Atmosphere to CFD) Yamada et. al.

(1997)

三維地形二階擾動閉合模式  
A2Cflow



複雜地形大氣擴散模式  
A2Ct&d

垂直方向之地形座  
標:

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

Ref: Mahrer and Pielke (1975)

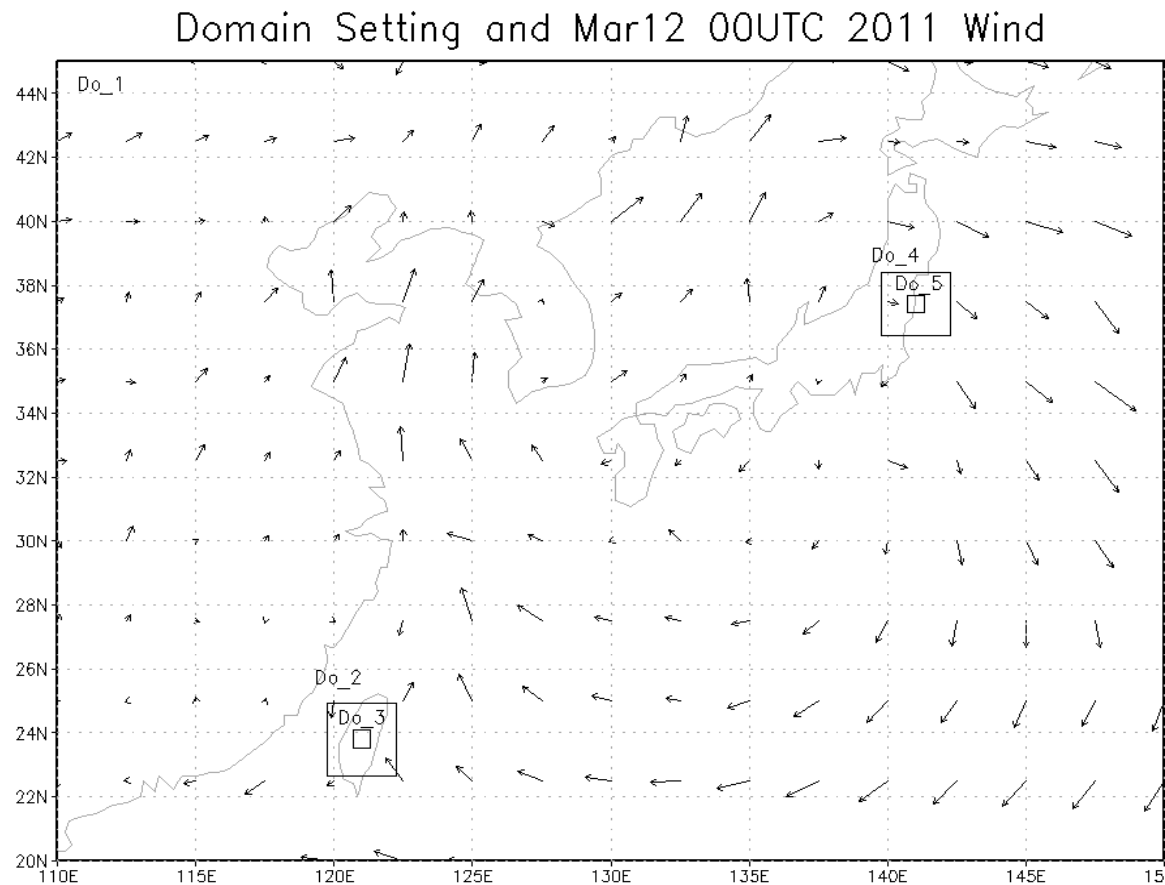
煙陣釋放: KDE(Kernel Density Estimation)法

煙陣傳送:  $x_i(t + \Delta t) = x_i(t) + U_{pi}\Delta t$      $U_{pi} = U_i + u_i$     ( $U_i$ :平均速度,  $u_i$ :亂流速度)

濃度計算: 高斯分布進行模擬每一個煙陣的濃度

# 大氣擴散模式開發:長程傳輸

多重巢狀網格座標: UTM座標 → 經緯度座標



NCEP GFS  
MDDS output  
CWB GFS  
CWB\_WRFout

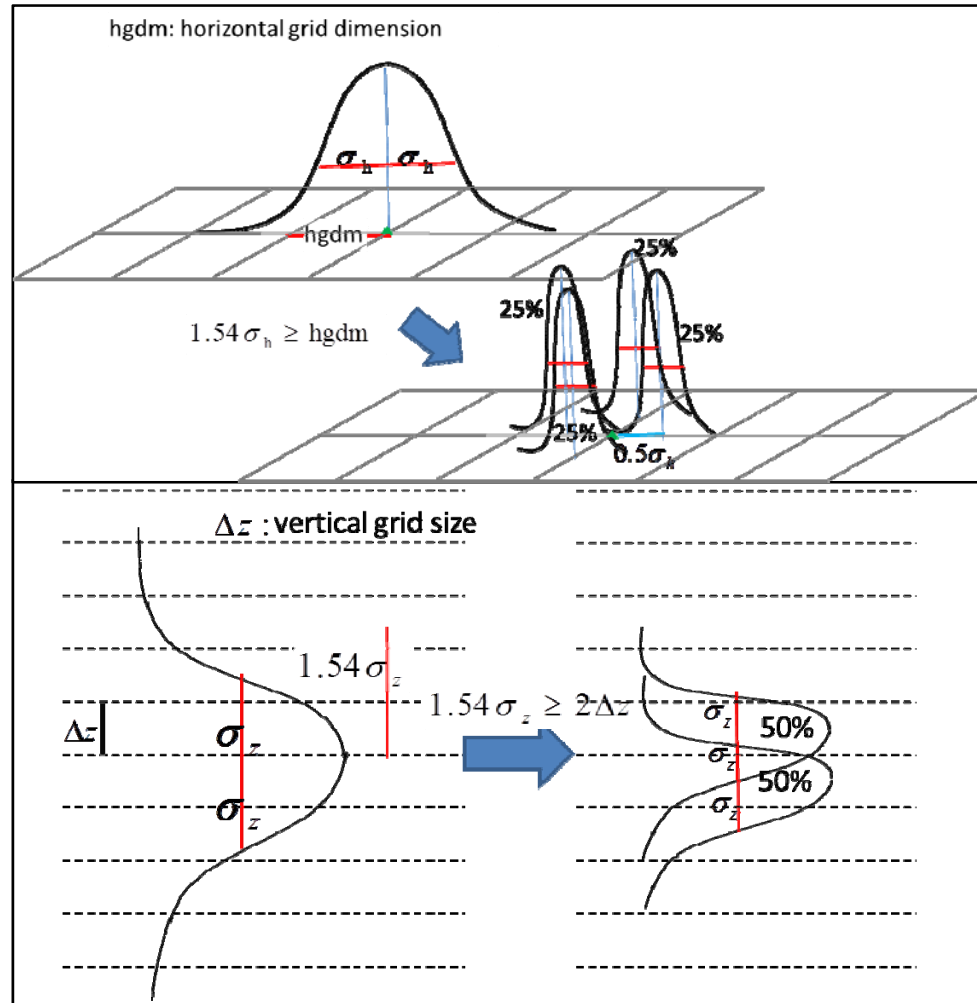
氣象場資料來源

導入USGS  
topo、  
landuse  
計算  
sigu,sigv,sigw

氣象場整合處理

# 大氣擴散模式開發:長程傳輸

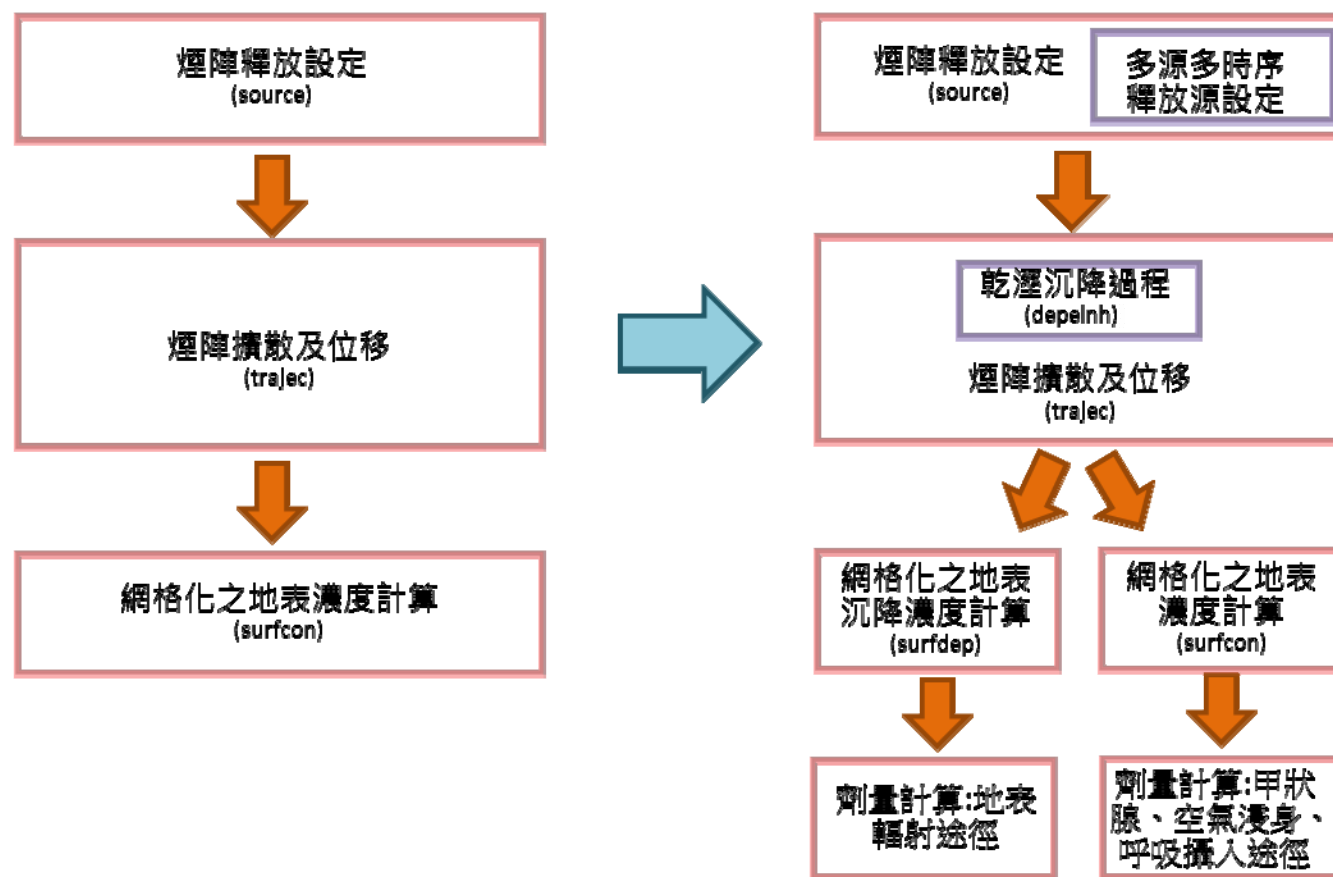
大煙陣  
↓  
小煙陣



水平煙陣分裂

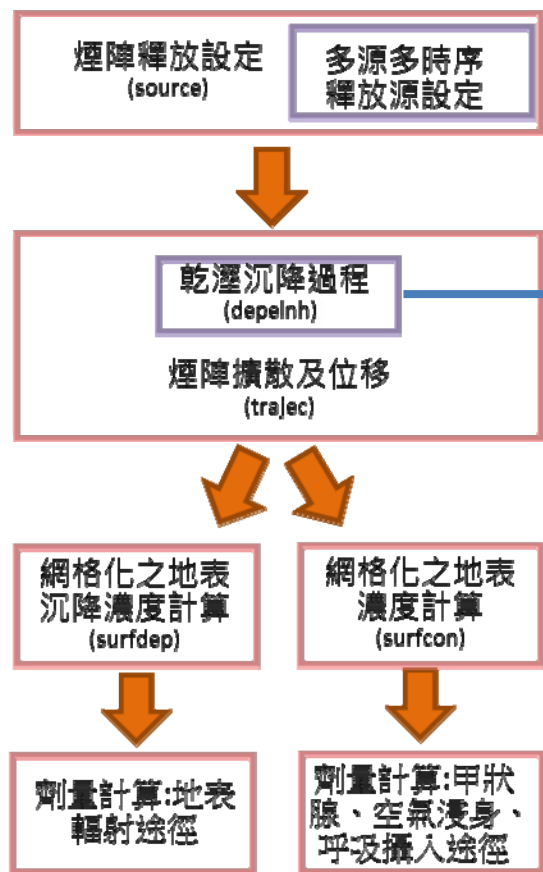
垂直煙陣分裂

# 大氣擴散模式開發:模式優化





# 大氣擴散模式開發:模式優化



$$D_{wet+dry} =$$

$$m \{ 1 - \exp[-\Delta t(\beta_{dry} + \beta_{inc} + \beta_{bel})] \}$$

其中

$\beta_{dry}$ : 乾沉降

$\beta_{inc}$ : 雲中粒子的濕清除

$\beta_{bel}$ : 雲下粒子的濕清除

乾沉降:  $\beta_{dry}$  (重力沉降、顯性乾沉降、resistance method)

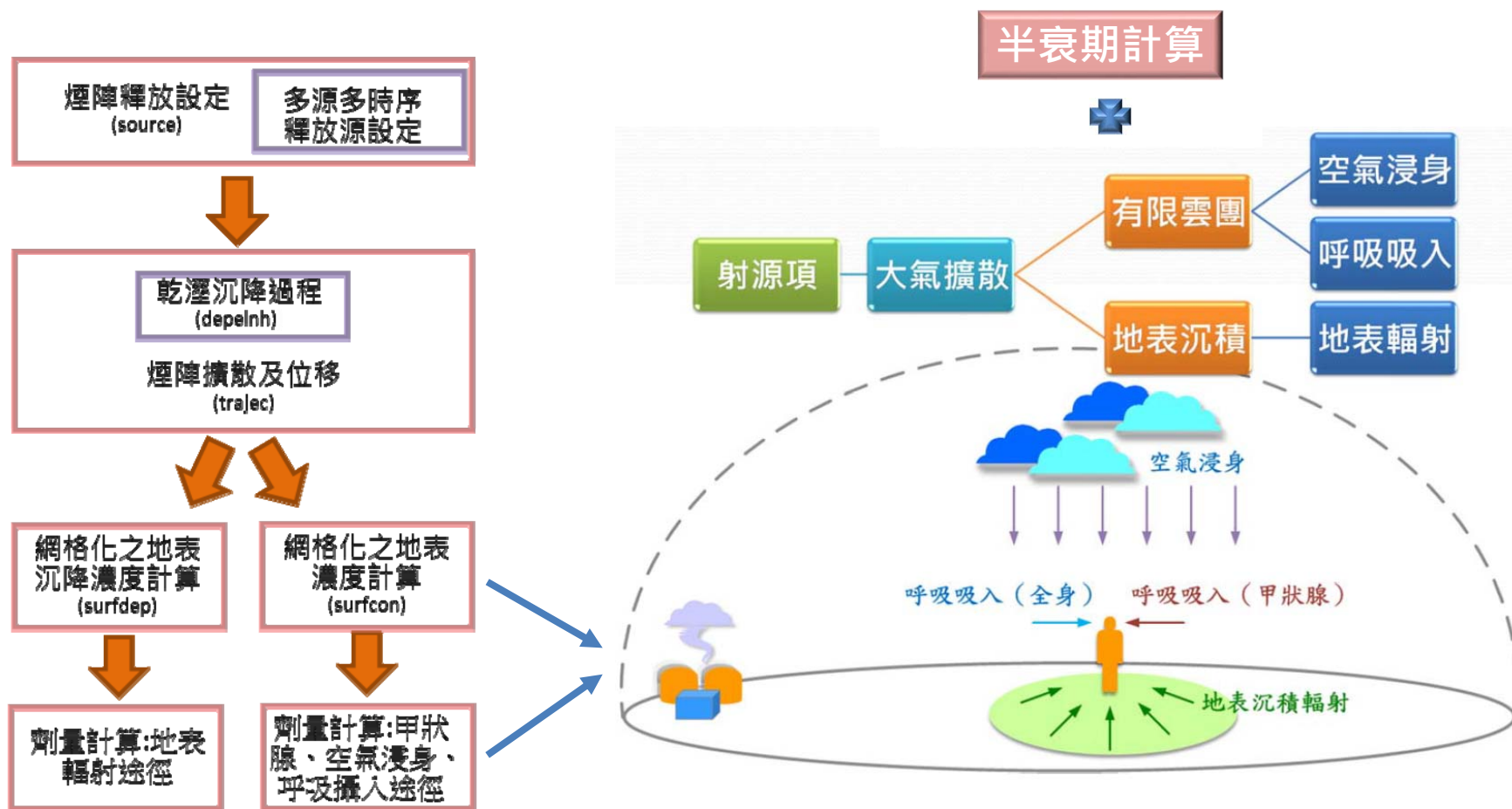
$$\beta_{dry} = V_d \Delta Z_p^{-1}$$

( $V_d$ : 乾沉降速度,  $\Delta Z_p$ : 煙陣地表上高度)

濕移除:  $\beta_{inc} + \beta_{bel}$

將有降雨的網格點進行濕沉降計算，並利用相對溼度第一次達到80%當作雲底，第一次達到60%當作雲頂，以此畫分雲中及雲下濕清除。

# 大氣擴散模式開發:模式優化

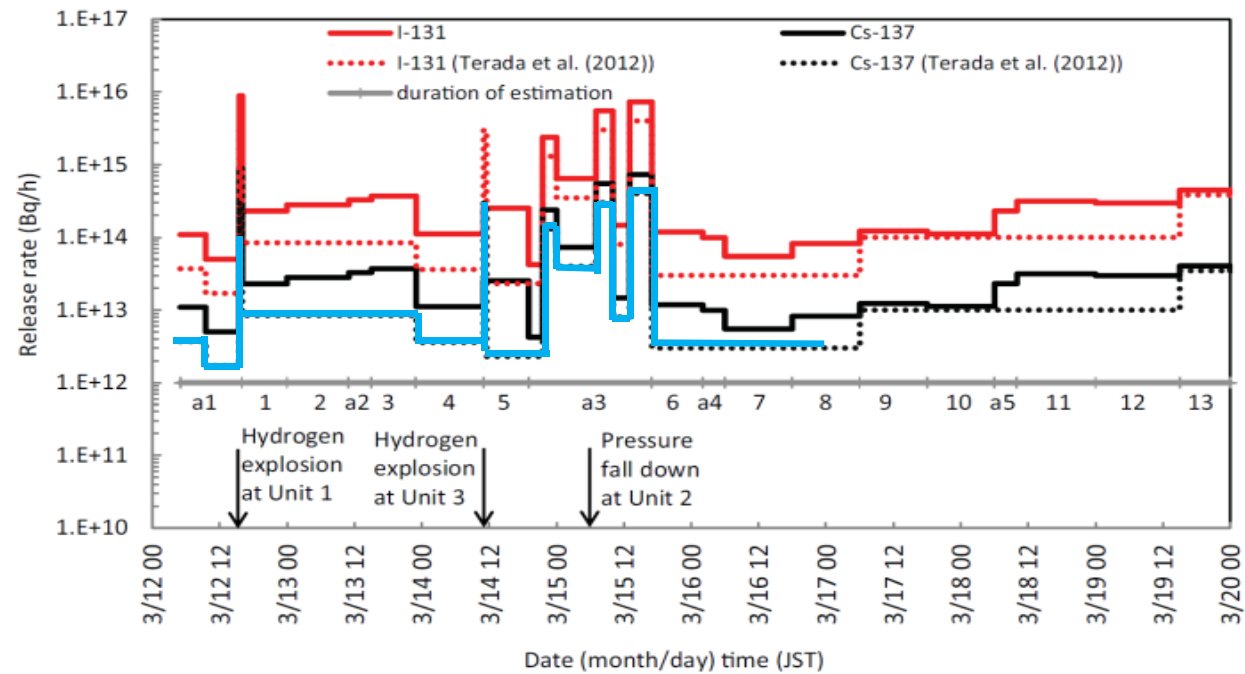


# 研究個案

1. 日本福島事件模擬驗證

2. 福島核災在台灣?!

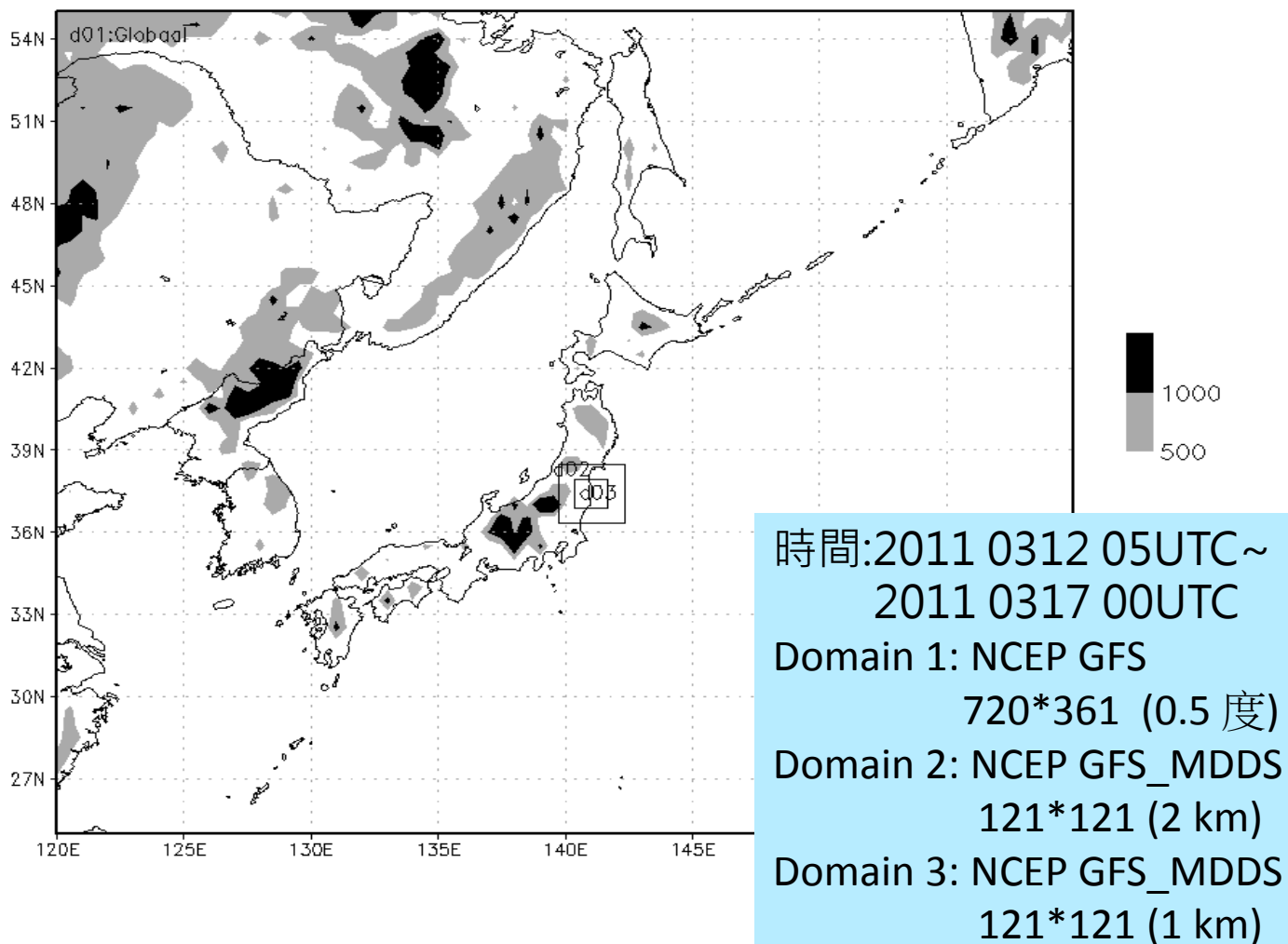
# 研究個案:福島事件



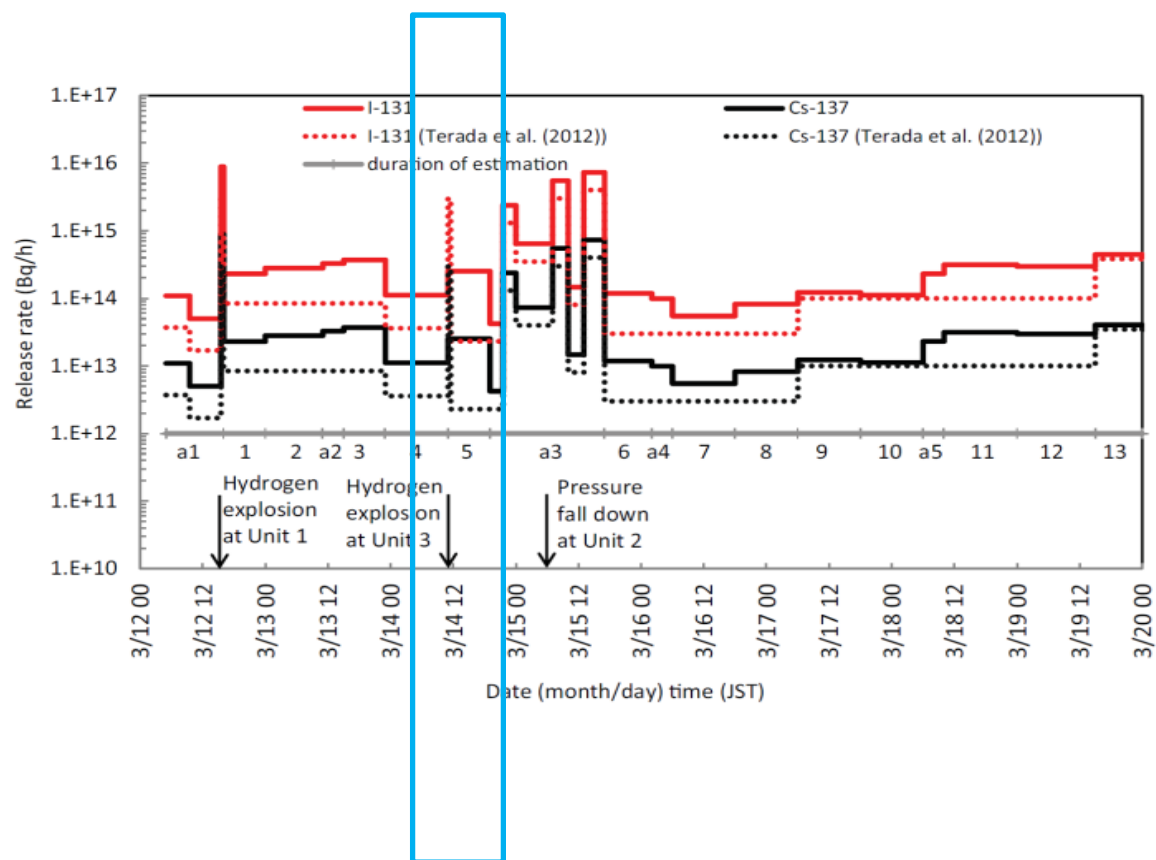
Ref :Kobayashi et. al.(2013) (Bq/h)

# 研究個案:福島事件

Fukushima accident simulation



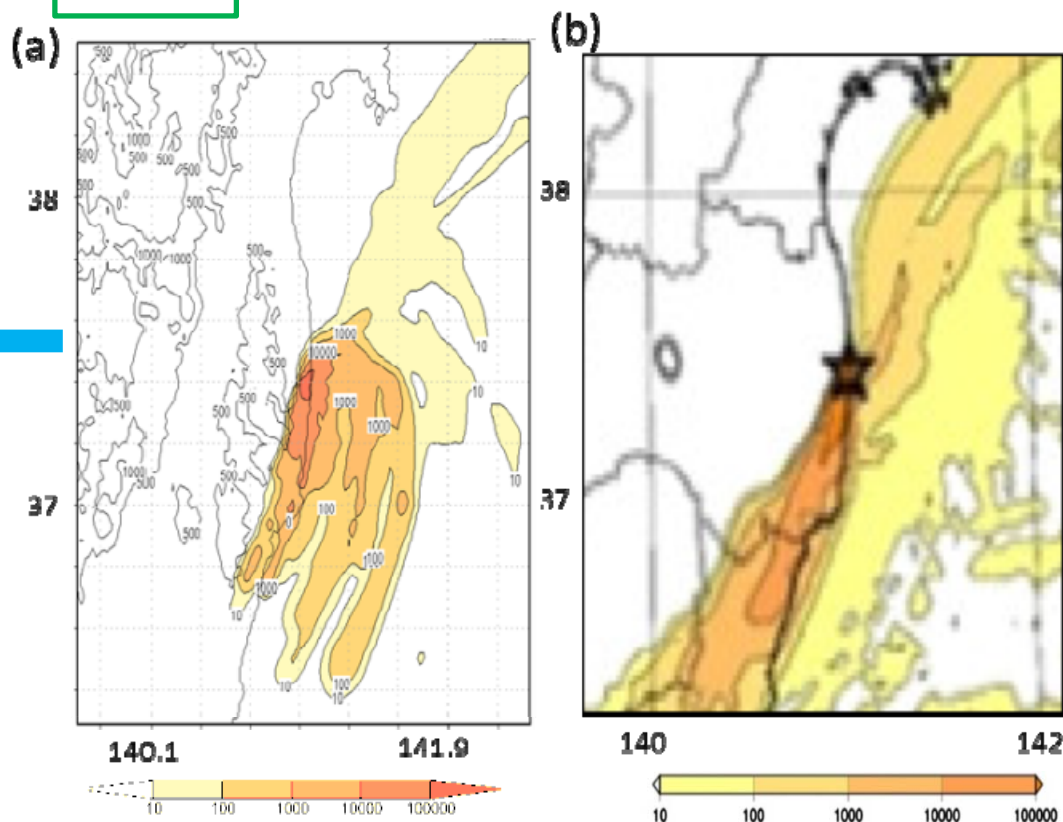
# 研究個案:福島事件



Ref :Kobayashi et. al.(2013) (Bq/h)

# 研究個案:福島事件

Cs137 surface deposition Mar14, 2011



# 研究個案:福島事件在台灣

Release period JST (Release Rate of 137Cs)			
Kobayashi et. al (2013) (Bq/h)		Terada et. al.(2012) (Bq/h)	
3/12 05:00-3/12 09:30	1.1 E+13	3/12 05:00-3/12 09:30	3.7 E+12
3/12 09:30-3/12 15:30	5.0 E+12	3/12 09:30-3/12 15:30	1.7 E+12
3/12 15:30-3/12 16:00	8.9 E+14	3/12 15:30-3/12 16:00	3.0 E+14
3/12 16:30-3/13 00:00	8.9 E+14	3/12 16:00-3/13 23:00	8.4 E+12
3/13 00:00-3/13 11:00	2.8 E+13		
3/13 11:00-3/13 15:00	3.3 E+13	3/13 23:00-3/14 11:00	3.6 E+12
3/13 15:00-3/13 23:00	3.7 E+13		
3/13 23:00-3/14 11:00	1.1 E+13		
3/14 11:00-3/14 19:00	2.5 E+13	3/14 11:00-3/14 11:30	3.0 E+14
3/14 19:00-3/14 21:30	4.2 E+12	3/14 11:30-3/14 21:30	2.3 E+12
3/14 21:30-3/15 00:00	2.4 E+14	3/14 21:30-3/15 00:00	1.3 E+14
3/15 00:00-3/15 07:00	7.3 E+13	3/15 00:00-3/15 07:00	3.9 E+13
3/15 07:00-3/15 10:00	5.5 E+14	3/15 07:00-3/15 10:00	3.0 E+14
3/15 10:00-3/15 13:00	1.5 E+13	3/15 10:00-3/15 13:00	8.0 E+12
3/15 13:00-3/15 17:00	7.3 E+14	3/15 13:00-3/15 17:00	4.0 E+14
3/15 17:00-3/16 02:00	1.2 E+13		
3/16 02:00-3/16 06:00	9.9 E+12		
3/16 06:00-3/16 18:00	5.5 E+12	3/15 17:00-3/17 06:00	3.0 E+12
3/16 18:00-3/17 06:00	8.2 E+12		
3/17 06:00-3/17 18:00	1.2 E+13		
3/17 18:00-3/18 06:00	1.1 E+13		
3/18 06:00-3/18 10:00	2.3 E+13	3/17 06:00-3/19 15:00	1.0 E+13
3/18 10:00-3/19 00:00	3.1 E+13		
3/19 00:00-3/19 15:00	3.0 E+13		
3/19 15:00-3/20 00:00	4.1 E+13		
		3/19 15:00-3/21 03:00	3.4 E+13
		3/21 03:00-3/21 21:00	1.4 E+13
		3/21 21:00-3/22 23:00	4.7 E+12
		3/22 23:00-3/24 00:00	8.9 E+12
		3/24 00:00-3/25 00:00	2.8 E+12
		3/25 00:00-3/26 11:00	1.2 E+12
		3/26 11:00-3/28 10:00	1.7 E+11
		3/28 10:00-3/29 21:00	4.6 E+12
		3/29 21:00-3/30 11:00	8.8 E+12
		3/30 11:00-3/31 00:00	1.4 E+14
		3/31 00:00-3/31 22:00	4.5 E+12
		3/31 22:00-4/02 09:00	1.6 E+12
		4/02 09:00-4/04 09:00	5.8 E+11
		4/04 09:00-4/07 17:00	1.4 E+11
		4/07 17:00-4/13 23:00	3.5 E+11
		4/13 23:00-5/01 00:00	1.7 E+11

釋放源：龍門電廠  
 釋放時間：3/11 20UTC~4/30 15UTC

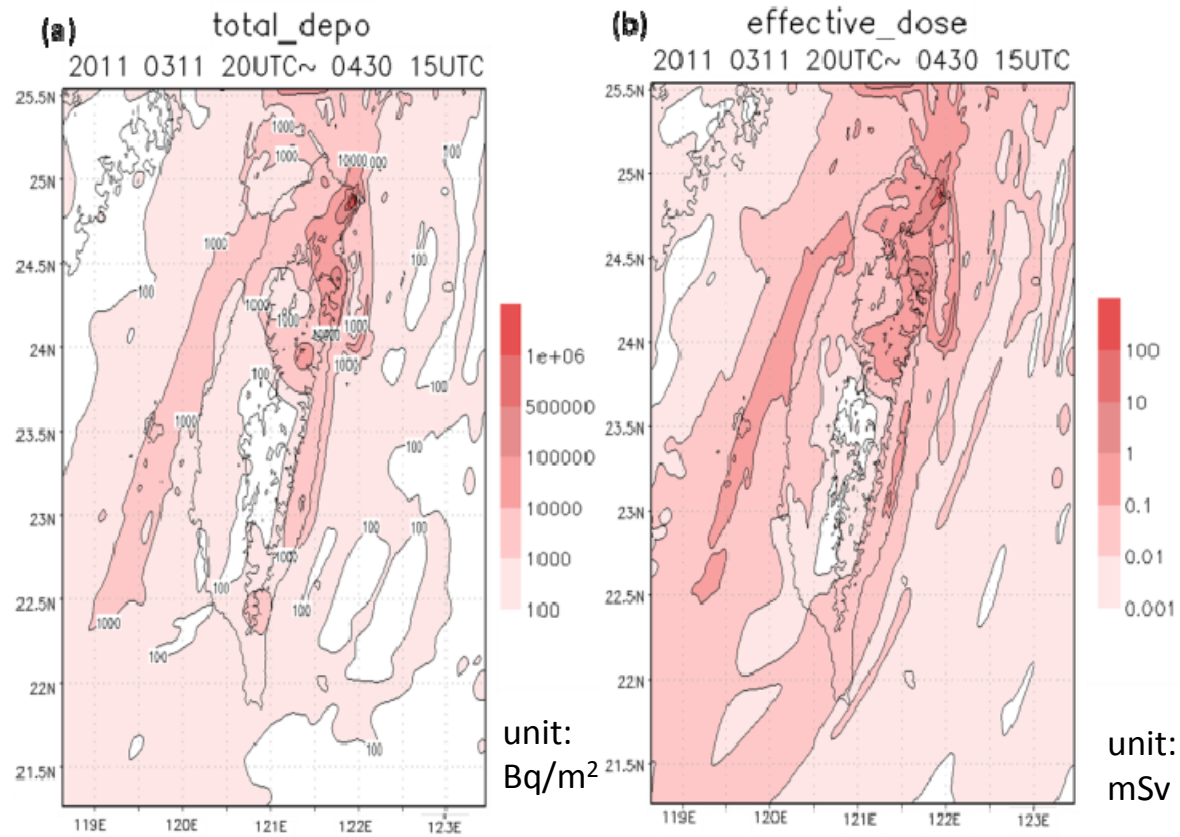


福島事件在台灣使用之釋放時序。



# 福島事件在台灣?!

龍門電廠



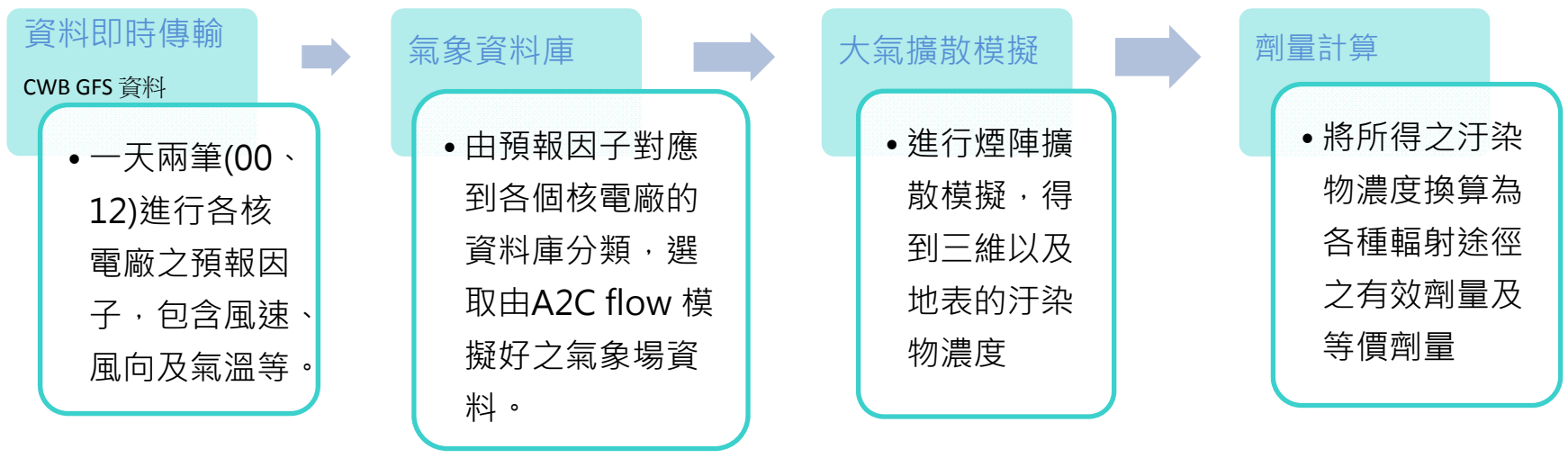
# 結論

- 新一代大氣擴散模式:
  - 1.使用既有的全球模式或者區域模式資料，經過簡單的資料整合後，得到擴散模式所需之氣象場資料
  - 2.各種不同氣象模式、解析度的資料皆可用於大氣擴散模式
  - 3.汙染物長程傳輸的模擬
  - 4.乾溼沉降過程的精進
  - 5.多源多時序釋放源
  - 6.引入放射性核種之特性，直接計算得到有效劑量、等價劑量和地表沉降量
- 福島事件中，日本地區的模擬比較，我們的擴散模式與日本的擴散模式相比之下已有不錯的表現，往後可以繼續與實際觀測的沉降範圍比較，讓模式進行一些參數的調整，更接近真實的情況。

# 結論

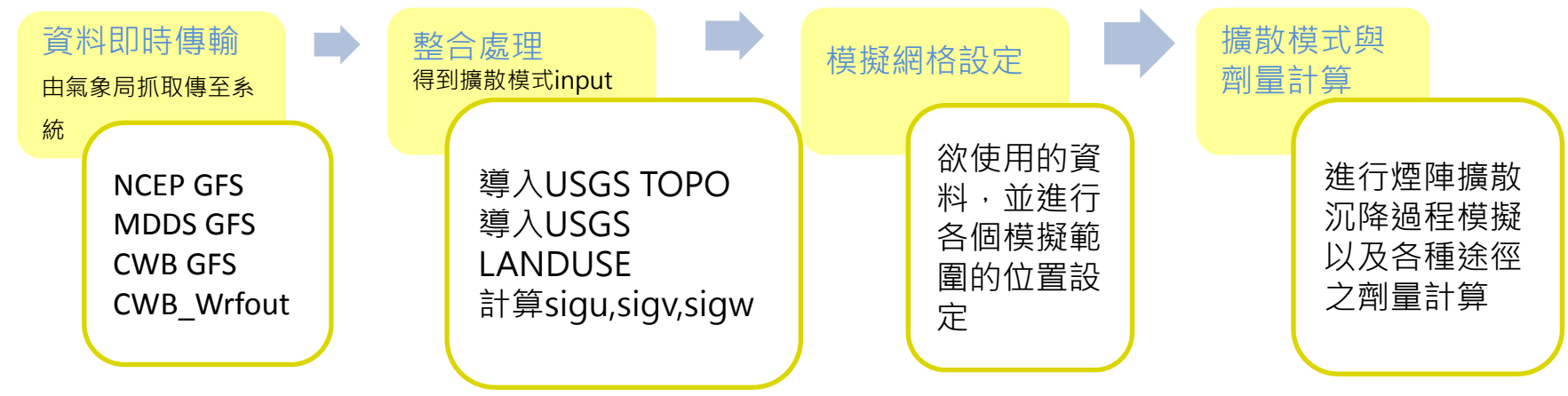
- 假設福島事件發生在台灣時，進行了一段長時間的模擬，可看到在台灣地區地形對污染物有很顯著的影響，配合上風場之後，即可看出在事故發生時，災害影響的程度以及範圍，採取適當措施，將災害的傷害降到最低。
- 將境內境外核子事故緊急應變系統結合在一起，並且使用即時的預報資料進行模擬，取代現行劑量評估系統氣象資料庫的形式，是目前核能安全發展所努力的方向。

~~~THANKS~~~



# 現行劑量評估系統

# 國際核災劑量評估系統



# 研究個案:福島事件

| Release period JST (Release Rate of 137Cs) |          |                             |          |
|--------------------------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| Kobayashi et. al.(2013) (Bq/h)             |          | Terada et. al.(2012) (Bq/h) |          |
| 3/12 05:00-3/12 09:30                      | 1.1 E+13 | 3/12 05:00-3/12 09:30       | 3.7 E+12 |
| 3/12 09:30-3/12 15:30                      | 5.0 E+12 | 3/12 09:30-3/12 15:30       | 1.7 E+12 |
| 3/12 15:30-3/12 16:00                      | 8.9 E+14 | 3/12 15:30-3/12 16:00       | 3.0 E+14 |
| 3/12 16:30-3/13 00:00                      | 8.9 E+14 | 3/12 16:00-3/13 23:00       | 8.4 E+12 |
| 3/13 00:00-3/13 11:00                      | 2.8 E+13 |                             |          |
| 3/13 11:00-3/13 15:00                      | 3.3 E+13 | 3/13 23:00-3/14 11:00       | 3.6 E+12 |
| 3/13 15:00-3/13 23:00                      | 3.7 E+13 |                             |          |
| 3/13 23:00-3/14 11:00                      | 1.1 E+13 |                             |          |
| 3/14 11:00-3/14 19:00                      | 2.5 E+13 | 3/14 11:00-3/14 11:30       | 3.0 E+14 |
| 3/14 19:00-3/14 21:30                      | 4.2 E+12 | 3/14 11:30-3/14 21:30       | 2.3 E+12 |
| 3/14 21:30-3/15 00:00                      | 2.4 E+14 | 3/14 21:30-3/15 00:00       | 1.3 E+14 |
| 3/15 00:00-3/15 07:00                      | 7.3 E+13 | 3/15 00:00-3/15 07:00       | 3.9 E+13 |
| 3/15 07:00-3/15 10:00                      | 5.5 E+14 | 3/15 07:00-3/15 10:00       | 3.0 E+14 |
| 3/15 10:00-3/15 13:00                      | 1.5 E+13 | 3/15 10:00-3/15 13:00       | 8.0 E+12 |
| 3/15 13:00-3/15 17:00                      | 7.3 E+14 | 3/15 13:00-3/15 17:00       | 4.0 E+14 |
| 3/15 17:00-3/16 02:00                      | 1.2 E+13 |                             |          |
| 3/16 02:00-3/16 06:00                      | 9.9 E+12 |                             |          |
| 3/16 06:00-3/16 18:00                      | 5.5 E+12 | 3/15 17:00-3/17 06:00       | 3.0 E+12 |
| 3/16 18:00-3/17 06:00                      | 8.2 E+12 |                             |          |
| 3/17 06:00-3/17 18:00                      | 1.2 E+13 |                             |          |
| 3/17 18:00-3/18 06:00                      | 1.1 E+13 |                             |          |
| 3/18 06:00-3/18 10:00                      | 2.3 E+13 | 3/17 06:00-3/19 15:00       | 1.0 E+13 |
| 3/18 10:00-3/19 00:00                      | 3.1 E+13 |                             |          |
| 3/19 00:00-3/19 15:00                      | 3.0 E+13 |                             |          |
| 3/19 15:00-3/20 00:00                      | 4.1 E+13 |                             |          |
|                                            |          | 3/19 15:00-3/21 03:00       | 3.4 E+13 |
|                                            |          | 3/21 03:00-3/21 21:00       | 1.4 E+13 |
|                                            |          | 3/21 21:00-3/22 23:00       | 4.7 E+12 |
|                                            |          | 3/22 23:00-3/24 00:00       | 8.9 E+12 |
|                                            |          | 3/24 00:00-3/25 00:00       | 2.8 E+12 |
|                                            |          | 3/25 00:00-3/26 11:00       | 1.2 E+12 |
|                                            |          | 3/26 11:00-3/28 10:00       | 1.7 E+11 |
|                                            |          | 3/28 10:00-3/29 21:00       | 4.6 E+12 |
|                                            |          | 3/29 21:00-3/30 11:00       | 8.8 E+12 |
|                                            |          | 3/30 11:00-3/31 00:00       | 1.4 E+14 |
|                                            |          | 3/31 00:00-3/31 22:00       | 4.5 E+12 |
|                                            |          | 3/31 22:00-4/02 09:00       | 1.6 E+12 |
|                                            |          | 4/02 09:00-4/04 09:00       | 5.8 E+11 |
|                                            |          | 4/04 09:00-4/07 17:00       | 1.4 E+11 |
|                                            |          | 4/07 17:00-4/13 23:00       | 3.5 E+11 |
|                                            |          | 4/13 23:00-5/01 00:00       | 1.7 E+11 |

日本福島事件模擬使用之釋放時序。