

# 2015 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 170003

參展科別 地球與行星科學

作品名稱 冰與火的吶喊—2010 年冰島艾雅法拉火山  
爆發對大氣對流層的影響

得獎獎項 大會獎：一等獎

美國 ISEF 正選代表：美國第 66 屆國際科  
技展覽會

推薦參加英語測驗之指導教師

就讀學校 國立羅東高級中學

指導教師 蘇敬怡

作者姓名 游采如、李婉君

關鍵字 冰島火山(艾雅法拉火山 Eyjafjallajökull)、

對流層溫度、福衛三號

## 作者簡介



我是游采如，現在就讀國立羅東高中三年八班。我從國中開始就很喜歡地球科學這個科目，因為它包含了各種面向，而且和我們生活的環境息息相關；這次研究的冰島也是我最喜歡的一個國家，因為冰與火的共存可以說是大自然的奇蹟，令我傾慕不已。在進行研究的過程中，我學習到許多相關的知識，也對於資料的處理與分析有更進一步的理解，這真的是一個十分難得的機會，謝謝這一路上老師及夥伴的幫助及鼓勵，讓我有機會可以參加 2015 臺灣國際科展。



我是李婉君，目前就讀於羅東高中三年十一班。冰島一直是我很嚮往去探索的國家，而他在 2010 年噴發時也特別引起我的注意，在某一次的機會下我們得以運用福爾摩沙衛星三號的資料來研究當時火山所造成的溫度變化，令我十分興奮也很投入於這專題中。透過這次的研究，我學習到在做一件科學研究時所應注意的事項，對於資料分析的處理方式也更有系統，更重要的是我們得以用台灣的衛星來觀測遠在歐洲冰島的大氣層溫度變化，感覺特別不同和新奇。

## 摘要

我們使用福爾摩沙衛星三號在冰島艾雅法拉火山 2010 年爆發期間（2010 年 3 月 5 日~4 月 29 日）測得的大氣資料，討論火山爆發對大氣對流層溫度變化的影響。初步獲得以下結論：

火山噴發能量大小與大氣層對流層頂降溫溫差成正比；火山噴發能量小，對流層溫度變化的影響多發生在低空處、火山噴發能量大，對大氣溫度影響高度偏高；以及火山噴發持續時間對溫度的影響也成正比關係。此外還討論了火山灰雲的分布影響溫度的變化情形：在迎風處火山灰雲聚集，其聚集處陽光被遮擋了，無法照射到地表，因此溫度較低。

## Abstract

We sort the information of atmosphere layers which we got from FORMOSAT-3 during the eruption of Eyjafjallajokull volcano, 2010(March 5~April 29). Then we compare the temperatures varying with the different heights of troposphere in order to know the effect of its eruption. Therefore, we get some following conclusions:

The measurements of the volcanic eruption are proportional to the differences of lowering the temperature in the tropopause. The less energy a volcano erupts, the more chances that the effects in the temperature changes will happen at the low altitude; the more energy a volcano erupts, the more chances that the effects in the temperature changes will happen at the high altitude. And the duration of volcanic eruption is also proportional to the influence of temperature. Besides, we also discuss the changes of temperature that are influenced by the distribution of volcanic ash clouds. The volcanic ash clouds gather at the windward where the sun will be blocked, and the sun light cannot irradiate to the ground; hence, the temperature will be low.

## 壹、研究目的及前言

一個地區的火山噴發不僅僅影響當地，更關係著整個地球，我們使用福爾摩沙衛星三號（以下簡稱福衛三號）的資料探討火山爆發後對大氣對流層的影響，來比較對流層高度及溫度的變化，甚至是平流層中的變化情形。

位於冰島南部的艾雅法拉火山（Eyjafjallajökull）在歷經兩百多年的沉睡以後，又再度於 2010 年 3 月 20 日噴發，而噴發並非只有一次，在同年 4 月 14 日艾雅法拉火山又再一次噴發。

冰島地震學家華格佛觀察到：「岩漿從火山口南邊的隘口流下峽谷，碰到冰雪就冒出大量水氣。」冰島政府擔心冰河融化後演變成洪水，周日宣布當地進入緊急狀態，強制疏散住在火山附近的 500 名居民，往來冰島的國際航班為了避開火山灰，全都繞道而行。而台灣大學大氣科學系陳正平教授表示：本次冰島火山噴發對於全球影響有多大，取決於噴發規模，如果火山灰噴得夠高，進入平流層很快會散布到全球，也有可能影響台灣，但火山灰範圍愈大、濃度愈低，所以全球氣候會不會受到影響，還是要看火山噴發規模。

在艾雅法拉火山兩次爆發後，許多新聞媒體使用「冰島火山爆，恐禍殃全球」等聳動的標語，所以我們便決定以此為題，利用福衛三號獲取的資訊進行分析研究，了解火山噴發對於大氣對流層的影響，例如：對流層的溫度及高度變化、兩次噴發造成影響的歷時長短，以及比較兩次噴發的強度和大氣變化的相關性。



圖 1 火山爆發之情景

## 貳、研究區域介紹

### 一、艾雅法拉火山位置及噴發時間：

冰島艾雅法拉火山約位於  $63^{\circ}\text{N}, 19^{\circ}\text{W}$ ，火山口直徑約 3~4 公里。冰島艾雅法拉火山第一次噴發發生在 2010 年 3 月 20 日(記為 day79，表示 2010 年第 79 天)，持續到 4 月 12 日結束；4 月 14 日第二次噴發(記為 day104，表示 2010 年第 104 天)，持續到 5 月 22 日結束，第二次噴發的火山灰高度約至 6~9 公里，第二次噴發能量是第一次的十到二十倍。

### 二、火山爆發指數：

火山爆發指數 (Volcanic Explosivity Index，簡稱 VEI) 是 1982 年美國地質調查局的紐豪爾教授 (Chris Newhall) 和夏威夷大學馬諾阿分校的史蒂芬·塞爾夫(Stephen Cerf)提出的量表，以噴出物體積、火山灰雲和定性觀測用來量度火山爆發的強烈程度。火山爆發指數採用開放式尺度，歷史上最大型的火山爆發強度為 9 級，而非爆炸性噴發強度為 0 級，指數每增 1 級表示火山爆發威力大 10 倍。本篇研究的冰島艾雅法拉火山在 2010 年噴發的 VEI 為 4。

### 三、火山噴發特性：

第一次噴發的地點其實是在艾雅法拉火山(圖 2 之 Ey 處)及凱特拉火山(圖 2 之 Ka 處)之間，地勢較高、冰層較薄，且所噴發的岩漿中二氧化矽含量較低，約為 47%，因此噴發之後並沒有形成明顯的火山灰雲。

第二次噴發的地點則是在艾雅法拉火山的位置上(圖 3)，該處除了冰層較厚之外，岩漿中的二氧化矽含量較高，約為 58%，因此噴發之後形成明顯的火山灰雲。

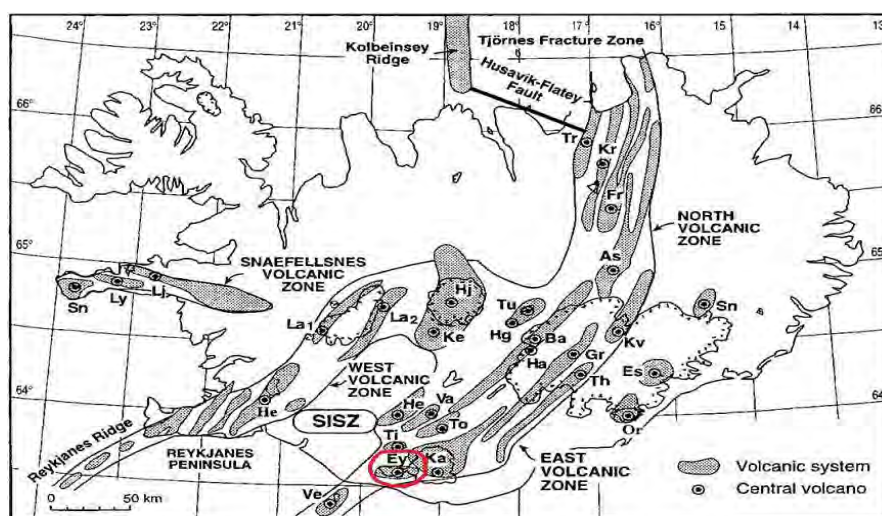


圖 2 冰島火山分布圖，圖下方 Ey 為艾雅法拉火山

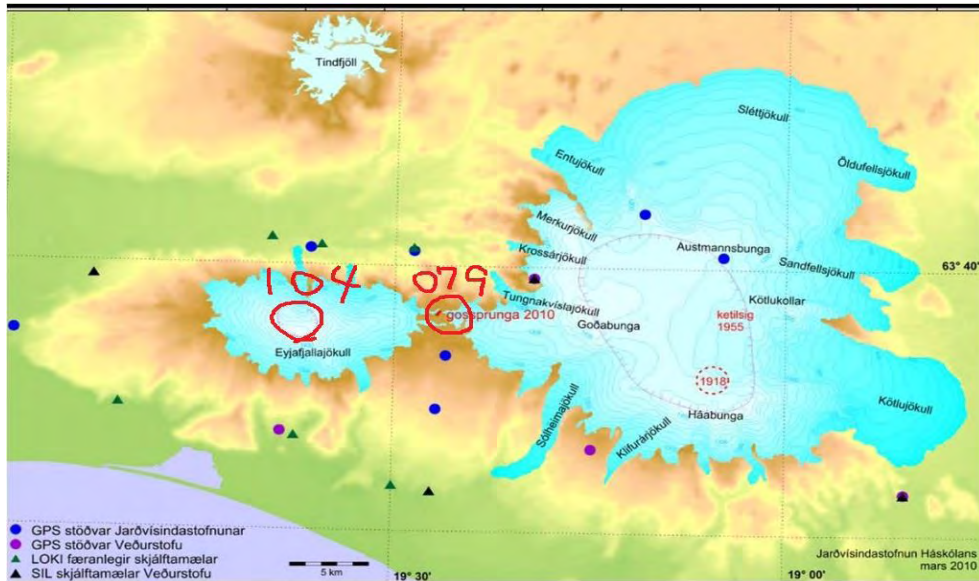


圖 3 079 為第一次爆發的中心位置，104 為第二次爆發的中心位置

四、根據查到的資料，我們知道了在第一次噴發前就已經有能量的釋放。

### 參、研究方法及步驟

我們使用福衛三號擷取的數據資料，進行本研究。福衛三號，是中華民國的其中一顆氣象衛星，同時也是中華民國國家太空中心「第一期國家太空科技計畫」的第三個衛星。

針對所需要的溫度及高度資料，我們從福衛三號的資料庫中選取樣本進行分析，步驟如下：

一、福衛三號觀測資料的樣本採集及規格之設定：

(一) 日期設定：冰島艾雅法拉火山第一次爆發於 2010 年 3 月 20 日；第二次爆發於 2010 年 4 月 14 日，除了爆發這兩個日期的資料要下載使用，還有前後各十五天的數據資料也一併下載。

(二) 位置設定：冰島艾雅法拉火山約位於  $63^{\circ}\text{N}, 19^{\circ}\text{W}$ ，我們在福衛三號中的 high-level Interface 定了三個範圍，分別為： $58\sim 68^{\circ}\text{N}, 4\sim 14^{\circ}\text{W}$ ， $58\sim 68^{\circ}\text{N}, 14\sim 24^{\circ}\text{W}$ ， $58\sim 68^{\circ}\text{N}, 24\sim 34^{\circ}\text{W}$ 。

區域甲：58~68°N,14~24°W，冰島全島幾乎在此範圍內。

區域乙：58~68°N,4~14°W，位在冰島東側緯度相同的範圍。

區域丙：58~68°N,24~34°W，位在冰島西側緯度相同的範圍。

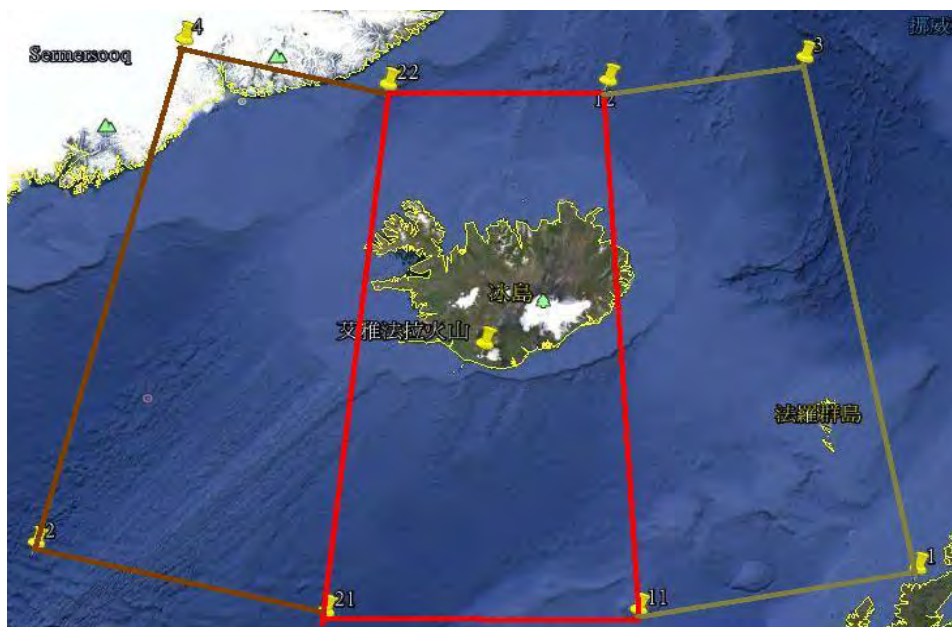


圖 4 資料擷取範圍

## 二、資料轉檔及製作：

- (一) 從網站上下載資料，透過轉檔程式轉為文字檔。
- (二) 將資料以日期排序。
- (三) 使用 Microsoft Office Word、Microsoft Office Excel 及取所需樣本之範圍（衛星所測之高度間隔為 0.1 公里，高度在 0~15 公里之間）。
- (四) 選取所需之氣溫變化值。
- (五) 統計資料結果與現有文獻資料之比對，並提出結論。



## 肆、研究成果

### 一、冰島當地噴發風向：

圖 5~16 是火山第二次噴發(day104)後，火山灰雲分布範圍，圖中的紅點為愛雅法拉火山（參考資料 12）。由 4 月 16 日開始，大量的火山灰飄移到歐洲東部，甚至抵達亞洲，因此我們推論這幾天應該是以西風的影響比較大；而 4 月 18 日之後，火山灰漸漸向西方飄移，甚至跨越大西洋，抵達美洲東岸。

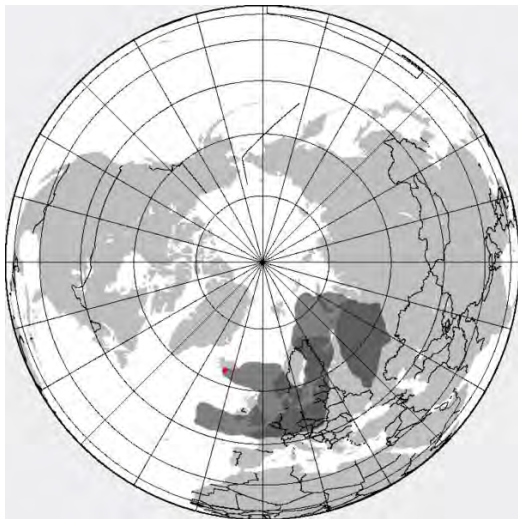


圖 7 2010 年 4 月 16 日火山灰雲分布

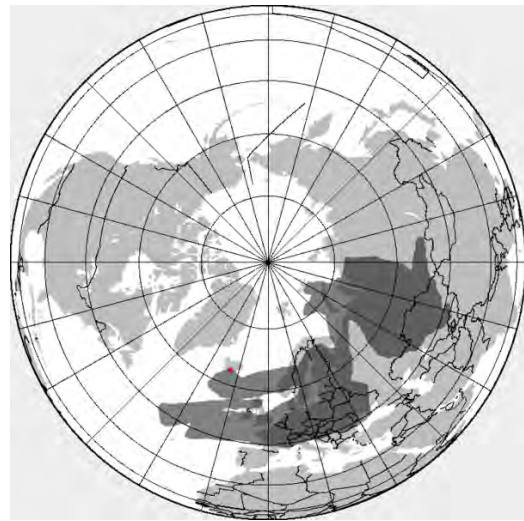


圖 8 2010 年 4 月 17 日火山灰雲分布

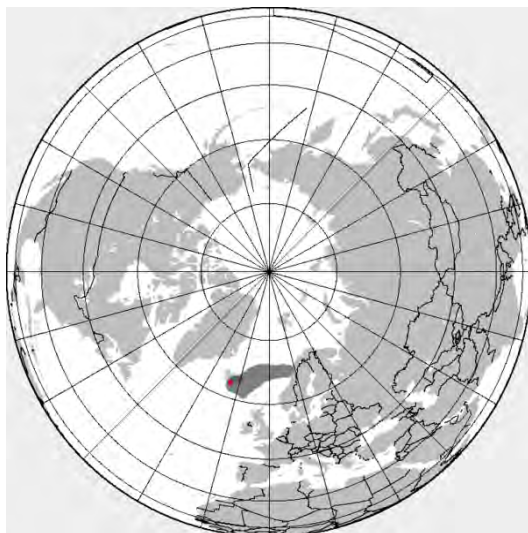


圖 5 2010 年 4 月 14 日火山灰雲分布

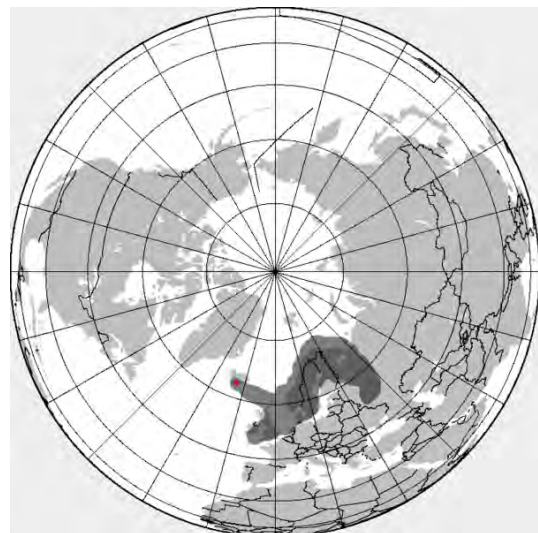


圖 6 2010 年 4 月 15 日火山灰雲分布

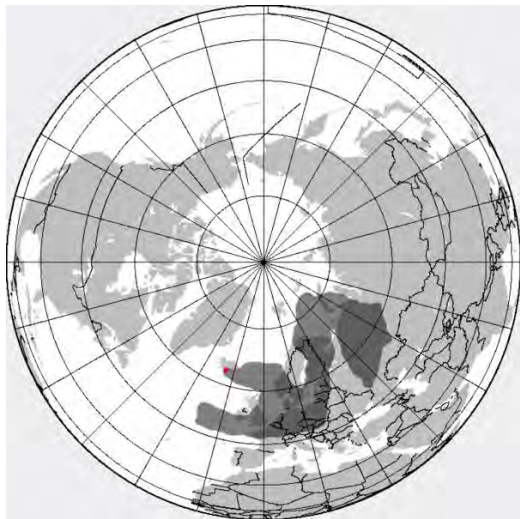


圖 7 2010 年 4 月 16 日火山灰雲分布

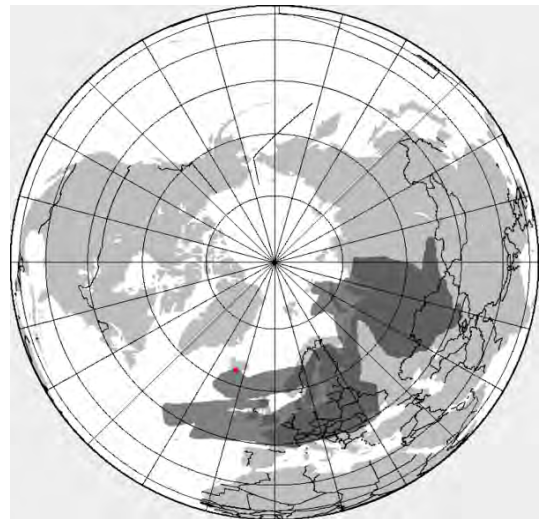


圖 8 2010 年 4 月 17 日火山灰雲分布

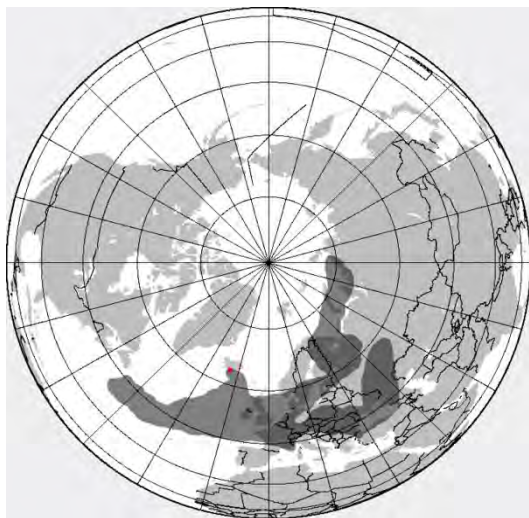


圖 9 2010 年 4 月 18 日火山灰雲分布

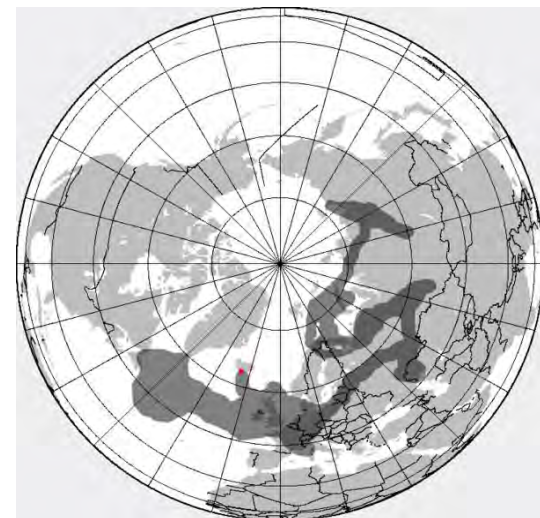


圖 10 2010 年 4 月 19 日火山灰雲分布

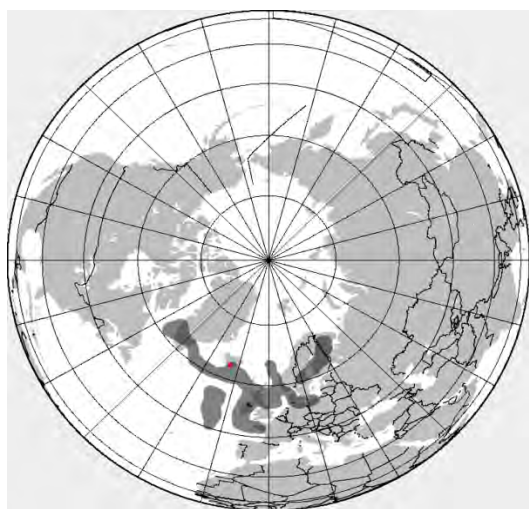


圖 13 2010 年 4 月 22 日火山灰雲分布

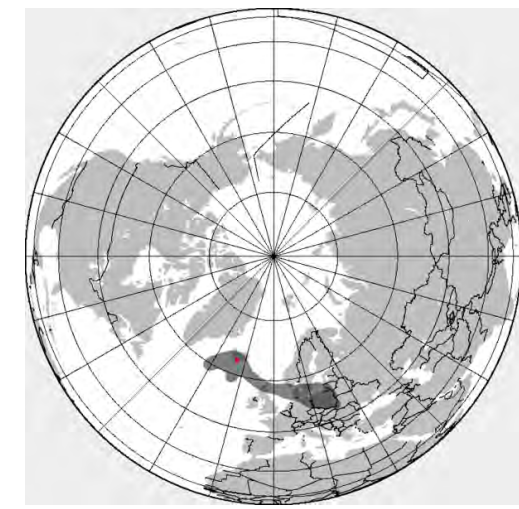


圖 14 2010 年 4 月 23 日火山灰雲分布

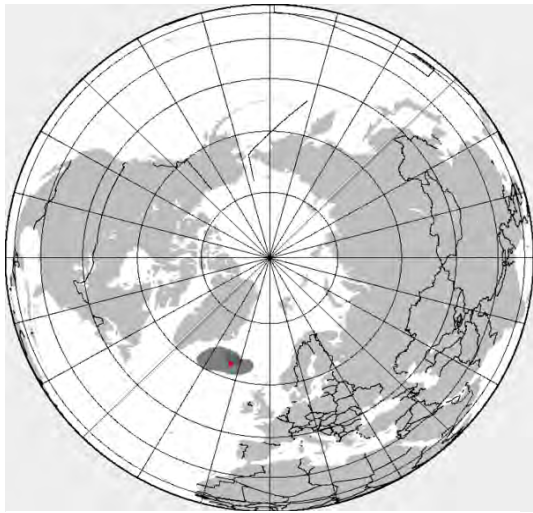


圖 15 2010 年 4 月 24 日火山灰雲分布

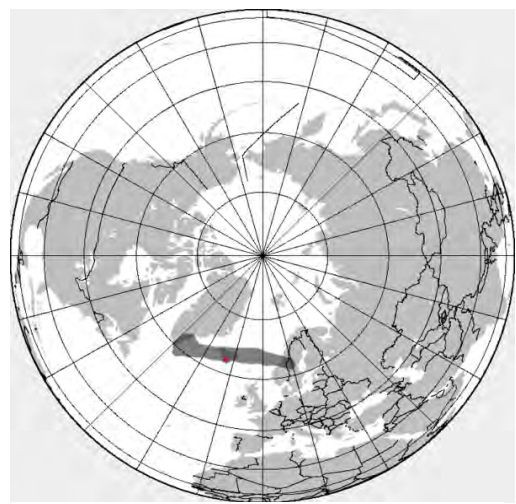


圖 16 2010 年 4 月 25 日火山灰雲分

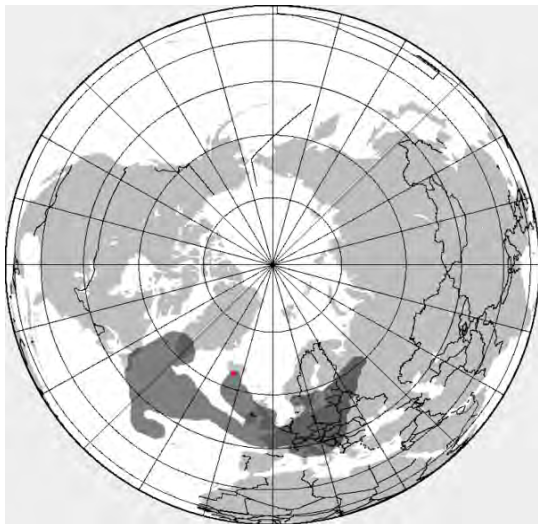


圖 11 2010 年 4 月 20 日火山灰雲分布

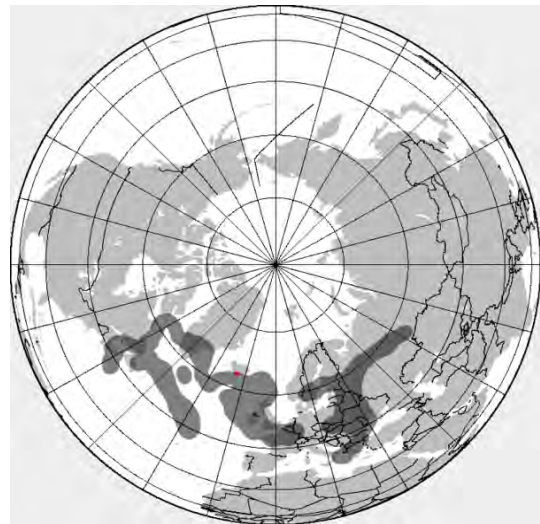


圖 12 2010 年 4 月 21 日火山灰雲分布

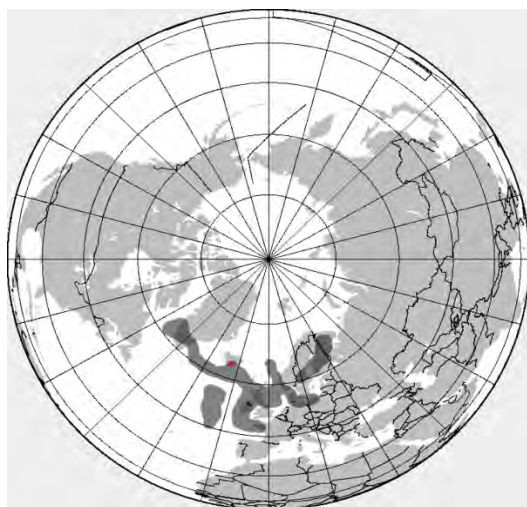


圖 13 2010 年 4 月 22 日火山灰雲分布

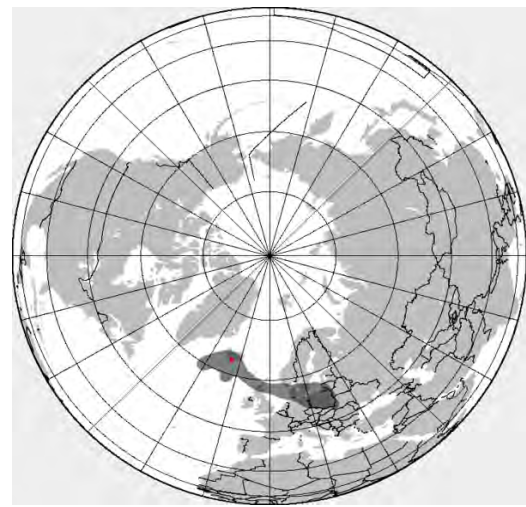


圖 14 2010 年 4 月 23 日火山灰雲分布

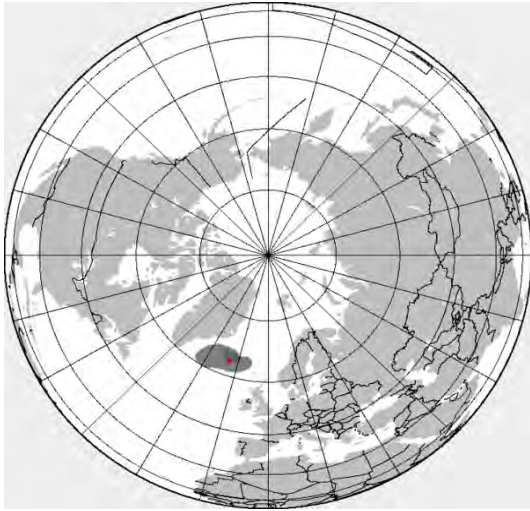


圖 15 2010 年 4 月 24 日火山灰雲分布

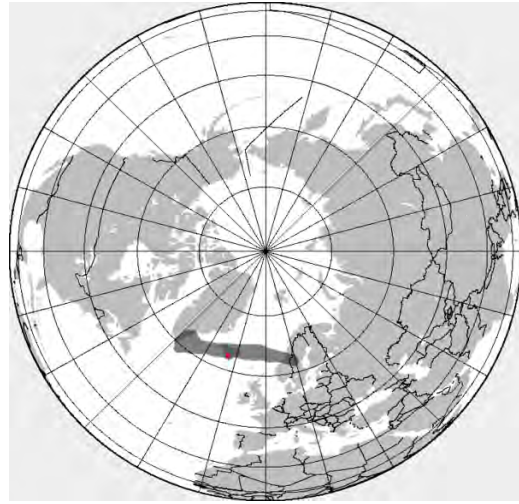


圖 16 2010 年 4 月 25 日火山灰雲分布

圖 17 中的白點為測站的位置。圖 18~29 是我們從網路上擷取下來的兩次噴發當日以及噴發後五天的風向資料。



圖 17 圖中白點為觀測站

圖 18~23 為第一次噴發當日(3 月 20 日)及噴發後五天(3 月 21 日至 25 日)的風向圖，由下圖中可以看出第一次噴發期間(3 月 21 日至 24 日)主要是吹東風，只有在 3 月 25 日時的風向比較不規則。

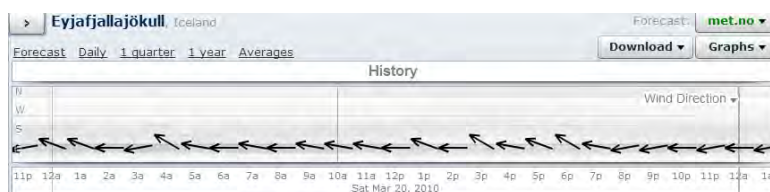


圖 18 2010 年 3 月 20 日風向



圖 19 2010 年 3 月 21 日風向

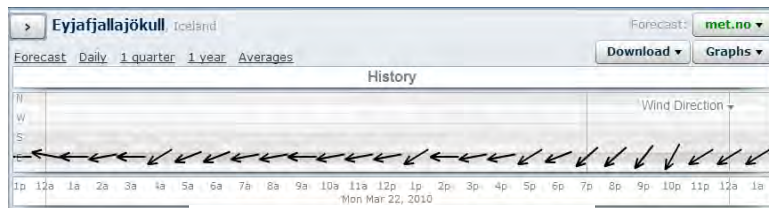


圖 20 2010 年 3 月 22 日風向

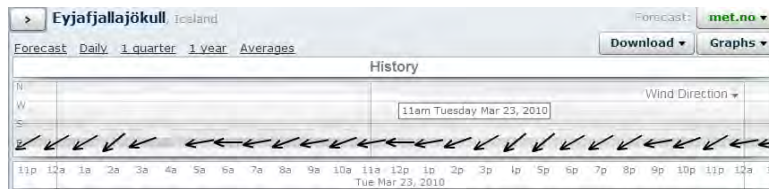


圖 21 2010 年 3 月 23 日風向

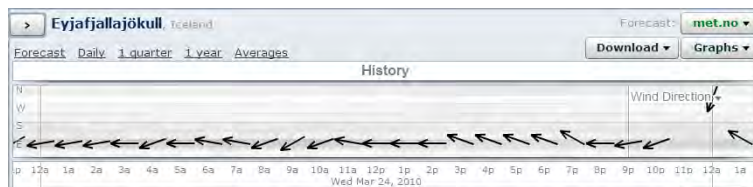


圖 22 2010 年 3 月 24 日風向

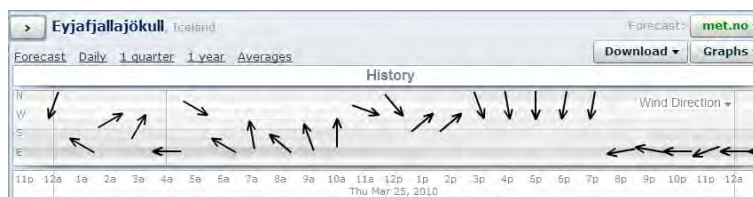


圖 23 2010 年 3 月 25 日風向

圖 24~29 為第二次噴發當日(4 月 14 日)及噴發後五天(4 月 15 日至 19 日)的風向圖，由下圖中可以看出第二次噴發當日(4 月 14 日)主要是吹西南風，而之後(3 月 16 日、17 日)漸漸由西南風變成了北風，之後(4 月 18 日)又變成西南風，最後(4 月 19 日)又變為北風。

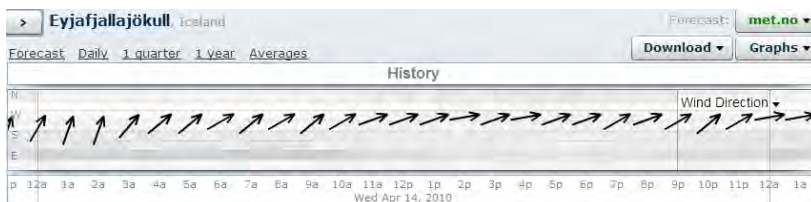


圖 24 2010 年 4 月 14 日風向

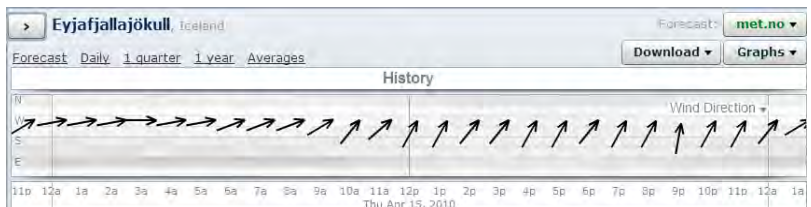


圖 25 2010 年 4 月 15 日風向

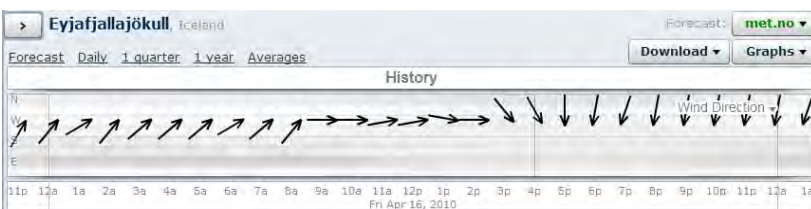


圖 26 2010 年 4 月 16 日風向

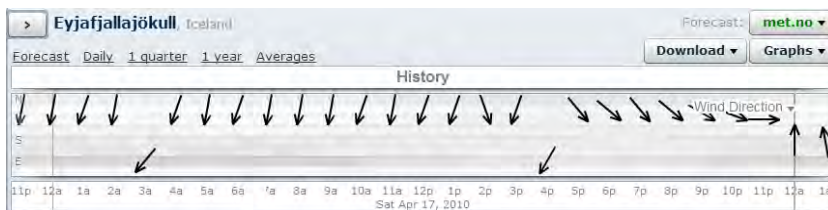


圖 27 2010 年 4 月 17 日風向

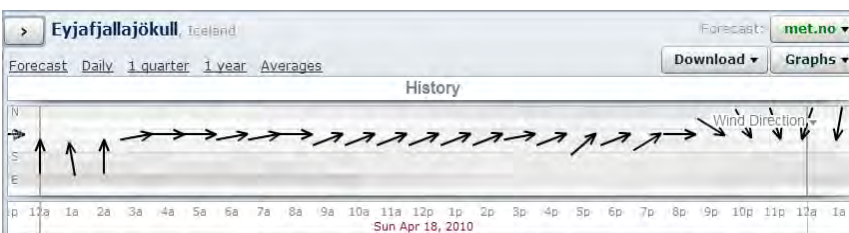


圖 28 2010 年 4 月 18 日風向

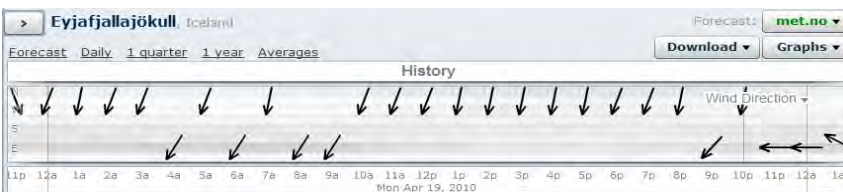


圖 29 2010 年 4 月 19 日風向

## 二、區域甲：58~68°N,14~24°W

(一) 比較火山第一次噴發 (day79) 及第二次 (day104) 的溫度變化：

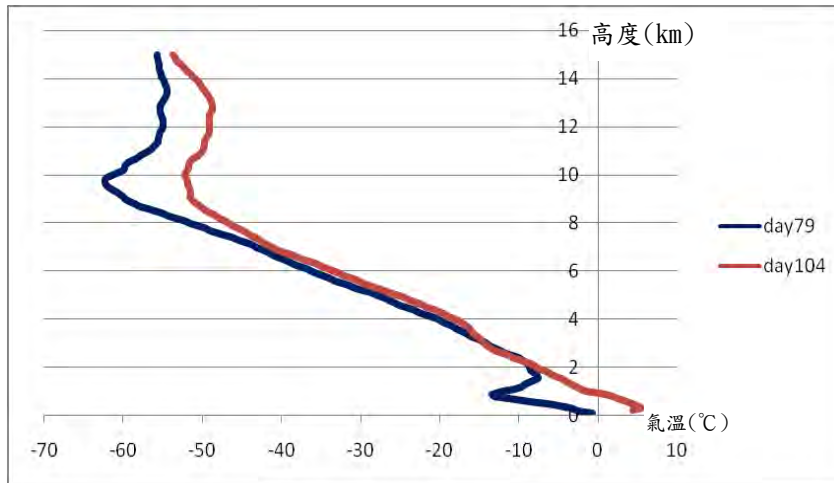


圖 30 day79 及 day104 溫度變

在同一高度中，day104 的溫度均高於 day79 的溫度，僅在三公里處有稍微較低。由資料所知，第二次 (day104) 的爆炸威力是第一次 (day79) 的十到二十倍，我們推論這或許就是 day104 在各高度的溫度均高於 day79 的原因。

(二) 比較第一次噴發前五天 (day74~78) 及第一次 (day79) 的溫度變化：

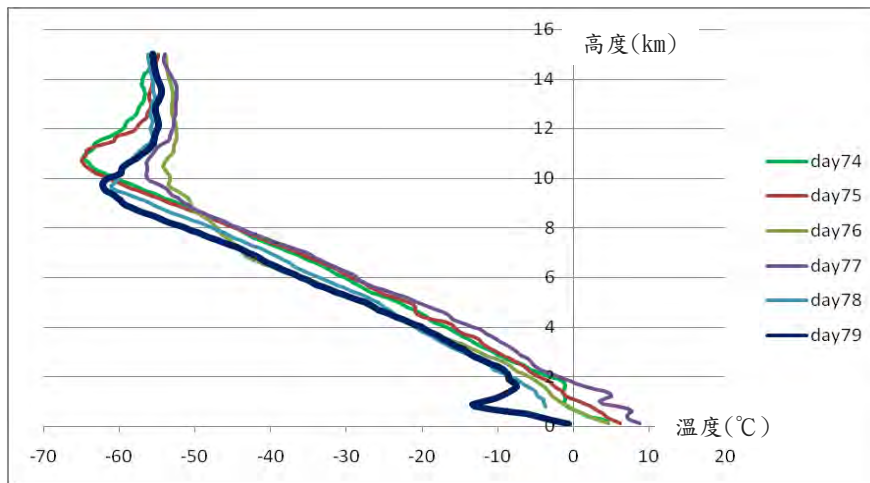


圖 31 day74~79 溫度變化圖

在高度十公里以下，day79 的溫度為最低，我們推測這是因為火山噴發後產生的火山灰阻擋了太陽照射進地表，溫度因而相對較低；day74、75、77 溫度曲線相似，而 day76、78 溫度有略微降低的情形。我們推論火山並不是一路安靜直到 day79 才突然爆發，而是在 day74、75、77 就有小規模的火山運動，而使對流層低部溫度略高，從出處資料中便可看出此現象。

(三) 比較第一次(day79)及噴發後五天 (day80~84) 的溫度變化：

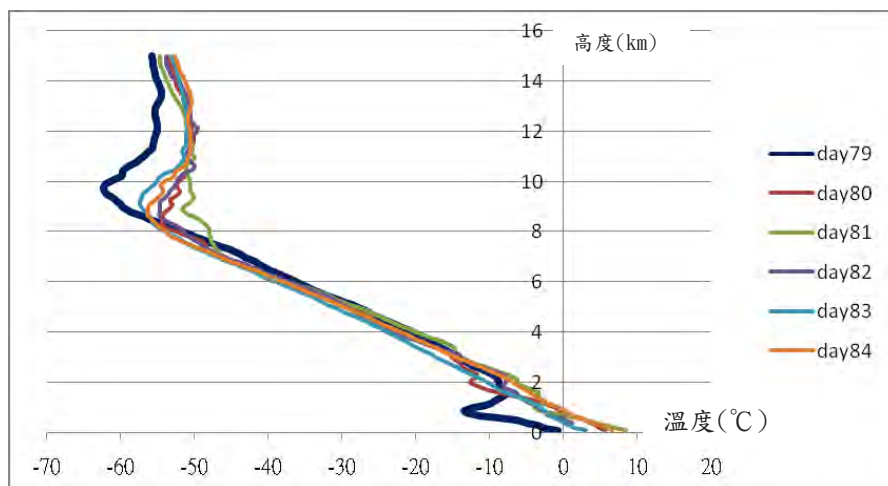


圖 32 day79~84 溫度變化圖

在 0~2 公里處，第一次噴發溫度很明顯的低於噴發後五天；但在 2 公里以上，溫度及和後五天略同；我們推測是因為在 day79 其火山灰噴發，遮住了陽光照射進地表，使 0~2 公里處的溫度較低於後五天；而在 2 公里以上，可能不受到火山灰雲的影響，所以溫度相似。

(四) 比較第二次噴發前五天 (day99~103) 及第二次 (day104) 的溫度變化：

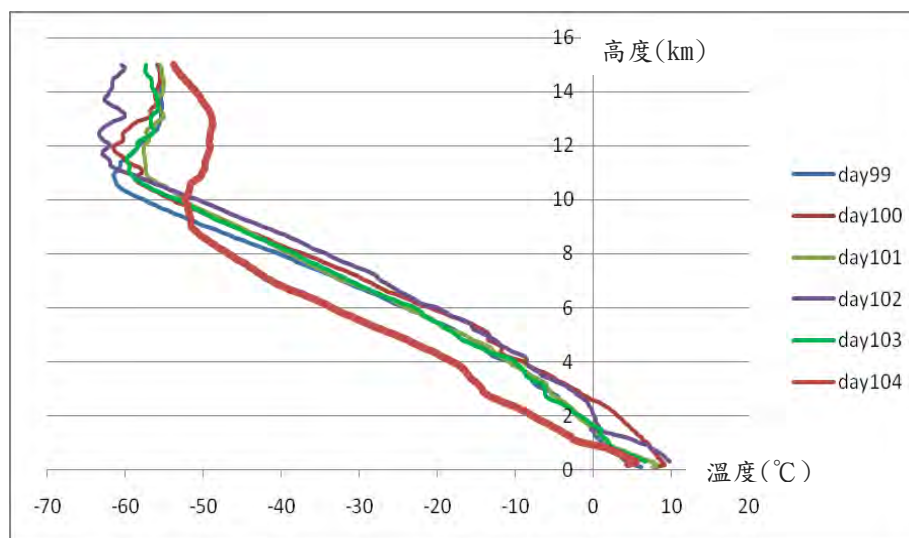


圖 33 day99~104 的溫度變化

根據圖表顯示，在 0~10 公里處噴發前五天的溫度高於第二次噴發當天，我們推測這是因為火山噴發所產生的火山灰阻擋了太陽照射入地表，使其溫度較低於其前五天；而在 10 公里以上溫度則是噴發當天高於前五天，根據前面的資料：第二次火山噴發的能量大且噴發高度高，所以我們推論第二次噴發對高空的影響較大，使其溫度明顯上升。



將此圖與圖 31 比較，在高度 10 公里以下，我們可以很明顯看出在同一高度中，day104 下降的溫度差距大於 day79；而在高度 10 公里以上，day79 和後五天溫度並無太大變化，但 day104 在同一高度卻大於整整 10°C；根據資料顯示，第二次噴發能量為第一次的十到二十倍，我想這正是其原因所在。

(五) 比較第二次 (day104) 及噴發後五天 (day105~109) 的溫度變化：

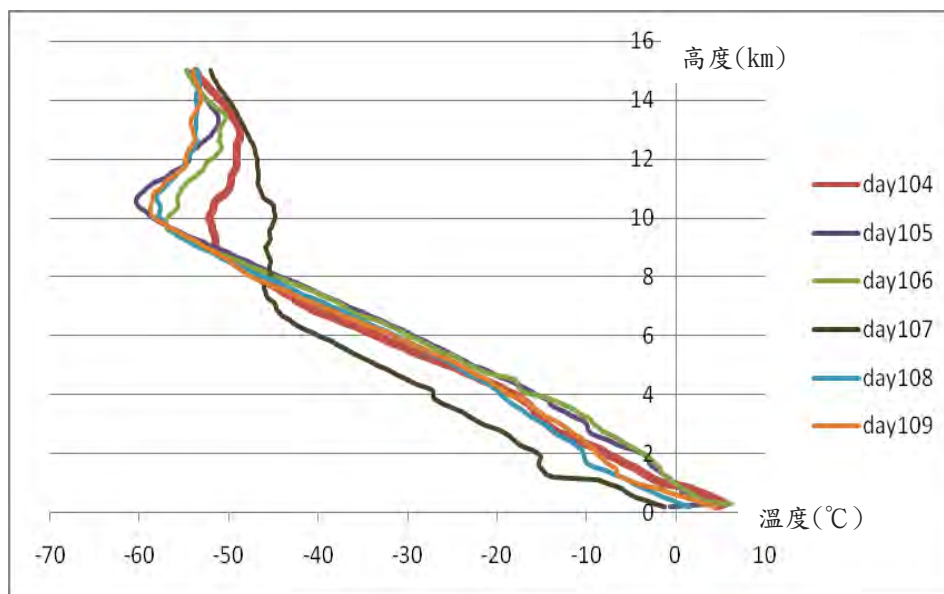


圖 34 day104~109 的溫度變化圖

在研究內容中，圖 5 為第二次噴發(day104)的火山灰雲分布圖，根據分布圖，隨著西風吹拂，至圖 8(day107)為火山灰雲影響範圍最廣，到圖 9(day108)便漸漸減少；在圖 34 中，day107 當天的溫度有明顯的不同，在 8 公里以下，同一高度中其溫度皆為最低，我們推論這便是因為火山灰在噴發當天開始漸漸累積，到 day107 的時候火山灰的量達到極致，因此陽光更加無法照射到地表，所以其溫度甚更低於爆發當天。

三、區域乙：58~68°N,4~14°W

(一) 比較第一次 (day79) 及第二次 (day104) 噴發的溫度變化和能量關係：

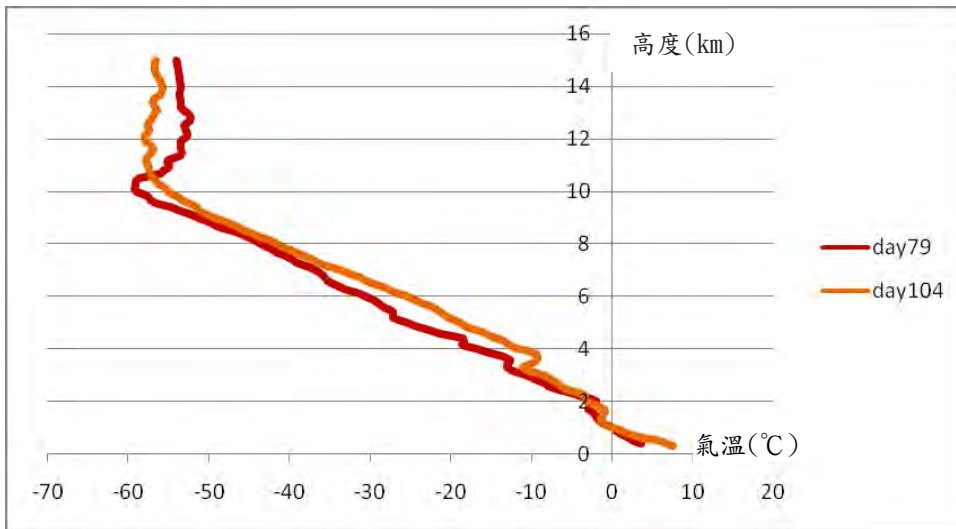


圖 35 day79 及 day104 溫度變化圖

高度 4 公里到 10 公里，在同一高度中，day104 的溫度均高於 day79 的溫度；而我們也可以明顯看出 day79 的對流層高度為 10 公里，然而在此圖表的 day104 中，至 15 公里仍無法精確看出其對流層高度；由資料所知，第二次 (day104) 的爆炸能量是第一次 (day79) 的十到二十倍，這或許就是其原因所在。

(二) 比較第一次噴發前五天 (day73~78) 及第一次 (day79) 的溫度變化：

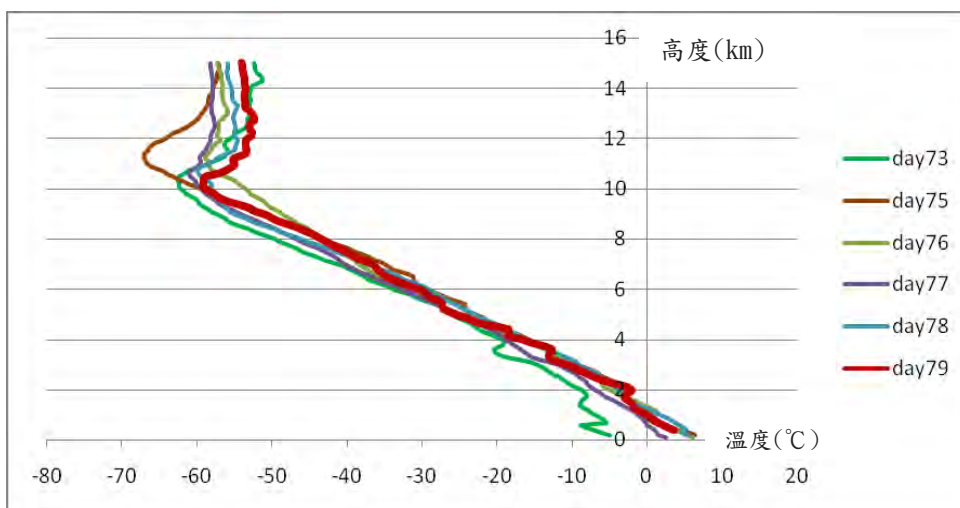


圖 36 day73~79 溫度變化圖

在第一次噴發(day79)的溫度並沒有明顯高於噴發前幾天的溫度；根據資料顯示，第一次噴發能量並不大，而且這裡又是位於噴發當地的東方，因此我們推論這裡受火山噴發影響不大，所以第一次噴發的溫度變化並不明顯。

(三) 比較第一次(day79)及噴發後五天 (day80~84) 的溫度變化：

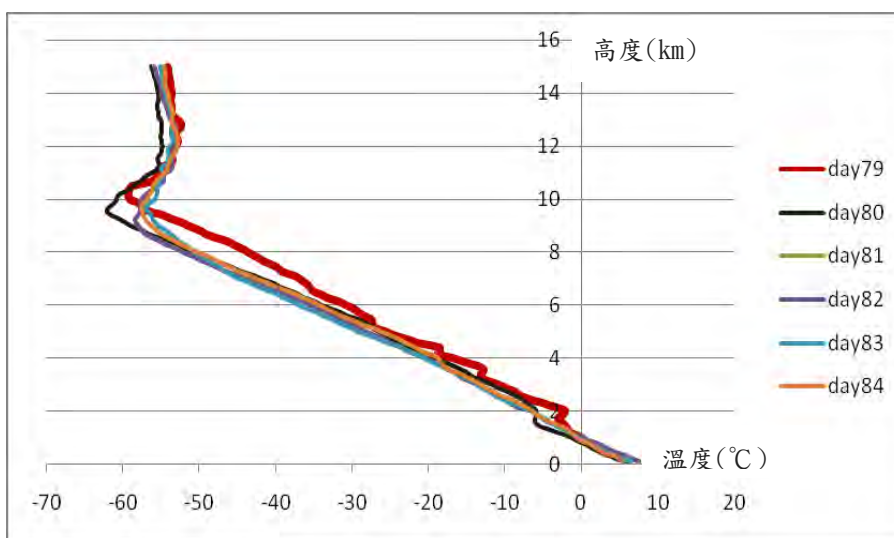


圖 37 day79~84 溫度變化圖

根據圖表顯示，在高度 2~10 公里處，day79 的溫度皆高於後五天，其現象並非和圖 33 相似，我們推論是因為此時間所盛行的風向為東風，而此經度為 4~14°W，於艾雅法拉火山的東方，所以並沒有受到其火山灰的影響，因此噴發當天的溫度些許高於後五天；而我們也可以很清楚看出在 day79 當天其對流層高度約為 10 公里，其後五天的高度皆小於 day79，我想這便是因為火山噴發所釋出的能量影響。

依據圖表，第一次噴發過後，隔天對流層的溫度就有下降，由此我們推論火山噴發後是會影響大氣的變化，但此改變的時間很短，僅持續一天而已。

(四) 比較第二次噴發前 (day99~103) 及第二次 (day104) 的溫度變化：

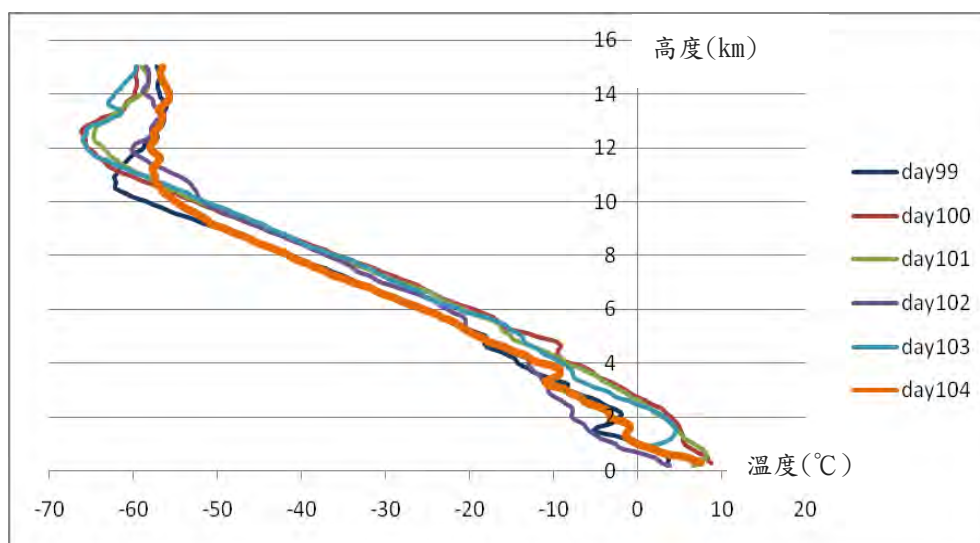


圖 38 day99~104 的溫度變化圖

在 0~10 公里處，day104 的溫度大多低於其前五天，我們推論其是因為火山噴發所產生的火山灰因西南風吹拂，而此地又位於噴發地點東側，因此火山灰多集中於此，阻擋太陽照射入地表因而降溫；而資料指出 day104 為其第二次爆發日，噴發高度約為 6~9，因此此圖在 11 公里以上，day104 的溫度高於前五天的溫度，實為因火山噴發會影響大氣之變化的應證。

(五) 比較第二次 (day104) 及噴發後五天 (day105~110) 的溫度變化：

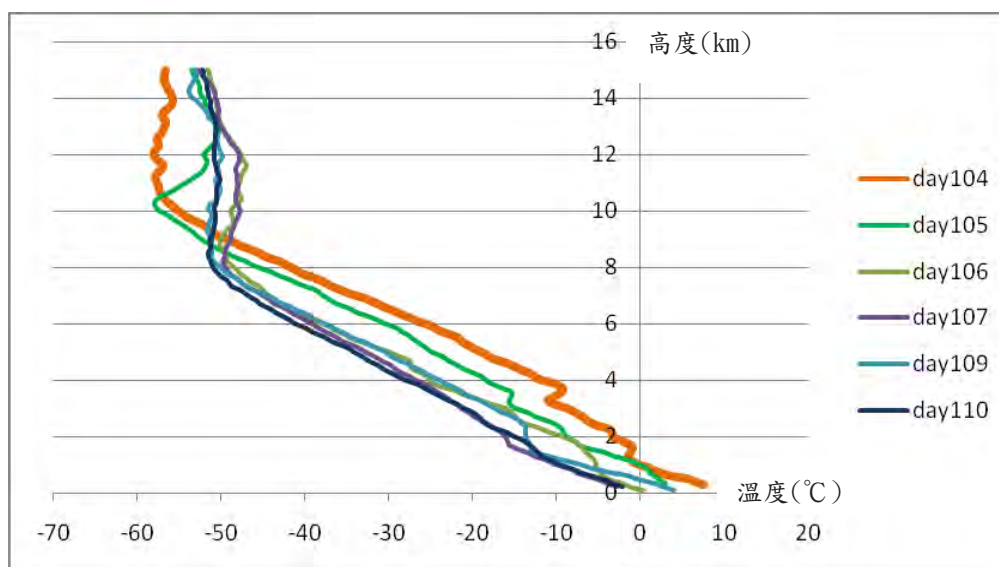


圖 39 day104~110 的溫度變化圖

根據圖表，在 0~9 公里處中，day104 為最高溫，其次為 day105，我們推論是因為在 day104 火山爆發後，其所噴發的火山灰隨著此時的西南風吹至此地區，如圖 5~圖 16 所示，其所噴發的火山灰漸漸累積、擴大，所以我們推論在 day104 溫度較高於後五天是因為其火山灰較少於後幾天，因此所照射進來的能量便較高於後五天。

#### 四、區域丙：58~68°N,24~34°W

(一) 比較第一次 (day79) 及第二次 (day104) 噴發的溫度變化和能量關係：

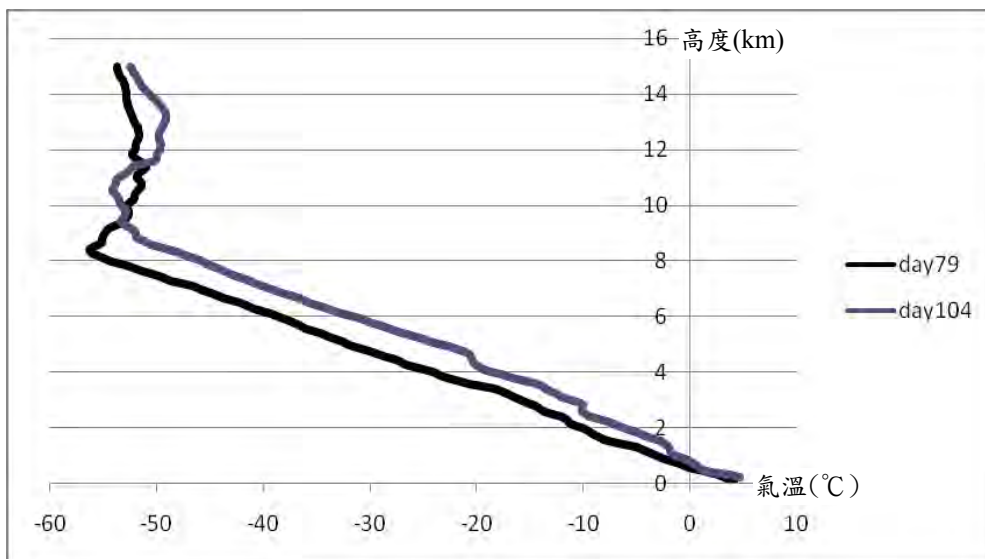


圖 40 day79 及 day104 溫度變化圖

高度 10 公里以下，day104 的溫度均高於 day79 的溫度。根據資料顯示，第二次 (day104) 的爆炸威力是第一次 (day79) 的十到二十倍，且此地為艾雅法拉火山噴發的西側，根據資料指出，第一次爆發時，所盛行的風向為東風，而第二次所盛行風為西風，我們推測在 day79 時此地或許有較多隨著盛行風吹來的火山灰雲擋住陽光照射入地表，因此溫度也較 day104 低。

(二) 比較第一次噴發前五天 (day73~78) 及第一次 (day79) 的溫度變化：

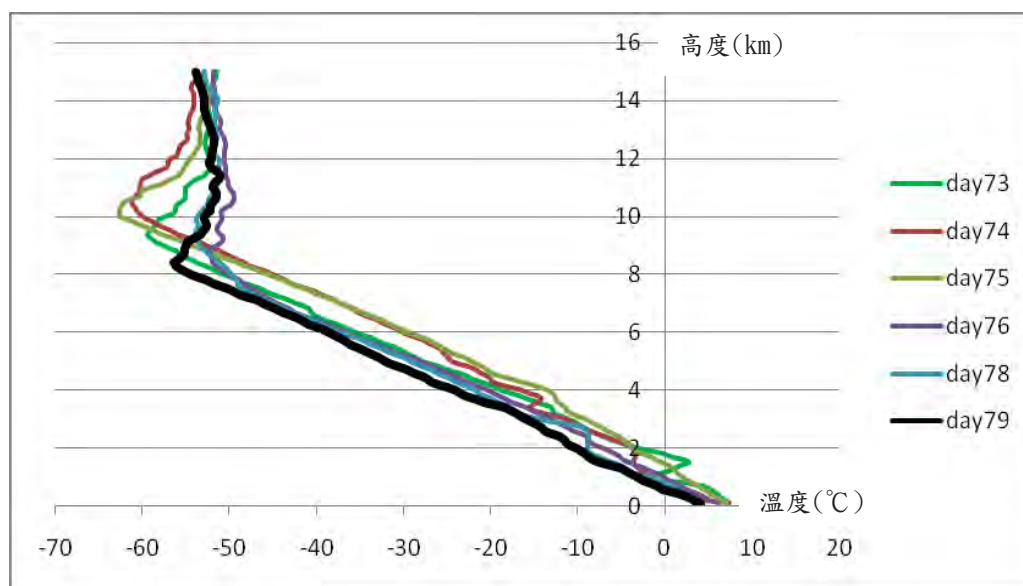


圖 41 day73~79 溫度變化圖

根據圖表顯示，day79 的溫度比噴發前幾天都要低，此地位於噴發當地的西側，而根據資料第一次噴發為吹東風，所以我們推測這是因為火山噴發所釋放出來的火山灰多被吹至此地，阻擋陽光照射入地表，因此在高度 8 公里以下，day79 的溫度皆較低於前五天的溫度，且根據資料顯示，火山在 day79 噴發以前，就已經有些微能量的釋放，雖然可能只是很輕微的釋放，但仍影響到大氣的變化，所以在靠近噴發當日的溫度才會比較高。

(三) 比較第一次噴發 day79 及噴發後五天 (day80~84) 的溫度變化：

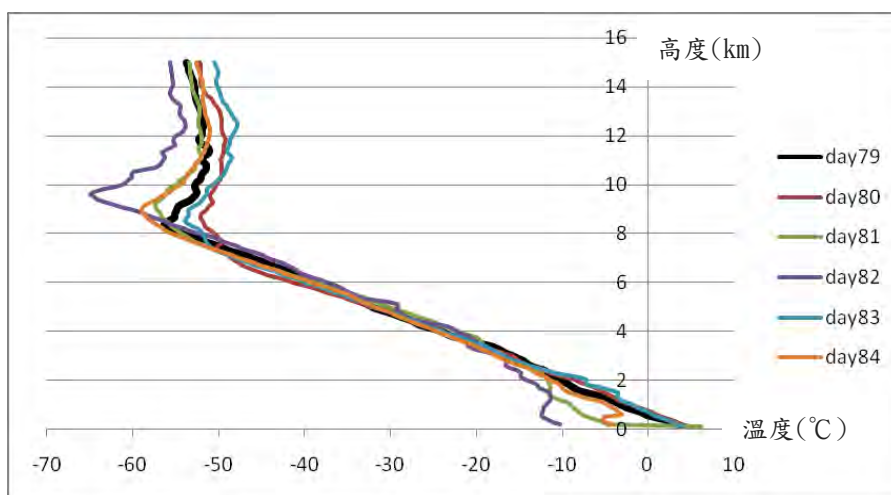


圖 42 day79~84 溫度變化圖

在 0~8 公里處，溫度並沒有很明顯的差異，根據資料顯示，我們所取的經度範圍是 24~34 °W，位在噴發的西側，且根據資料這裡是吹東風，所以我們推論火山灰多被吹到此處，而火山灰散去的速度不快，因此溫度的變化並不明顯。

(四) 比較第二次噴發前五天 (day99~103) 及第二次 (day104) 的溫度變化：

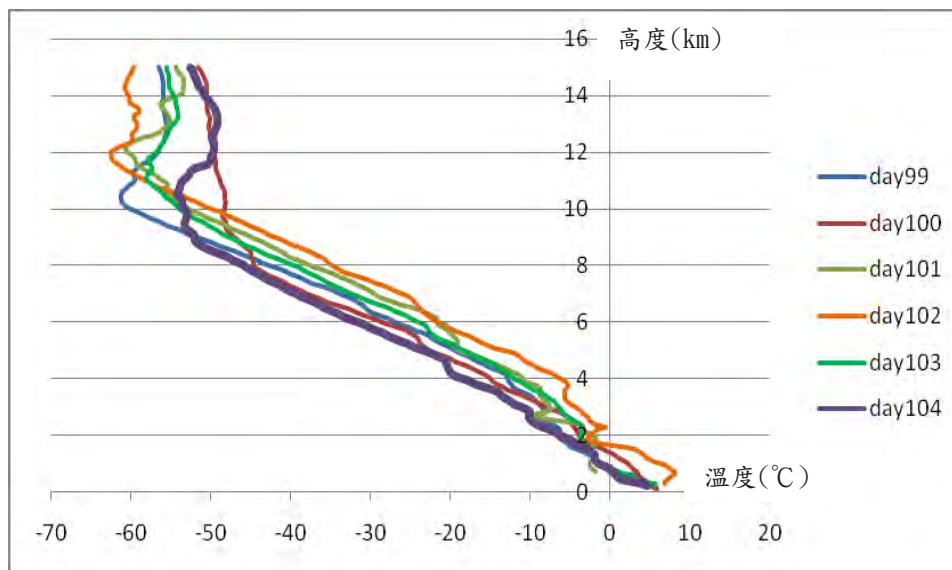


圖 43 day99~104 的溫度變化圖

根據圖表，10 公里以下，在噴發當天的溫度比噴發前來的低，我們推論，除了噴發前有些微的能量釋放之外，噴發當天因為火山灰被噴發到高空，而擋住陽光，因此溫度反而更低。而 12 公里以上的溫度以噴發當天較高，根據資料顯示，第二次噴發的能量及高度皆較高，因此對高空影響較大。

(五) 比較第二次噴發 (day104) 及噴發後五天 (day105~109) 的溫度變化：

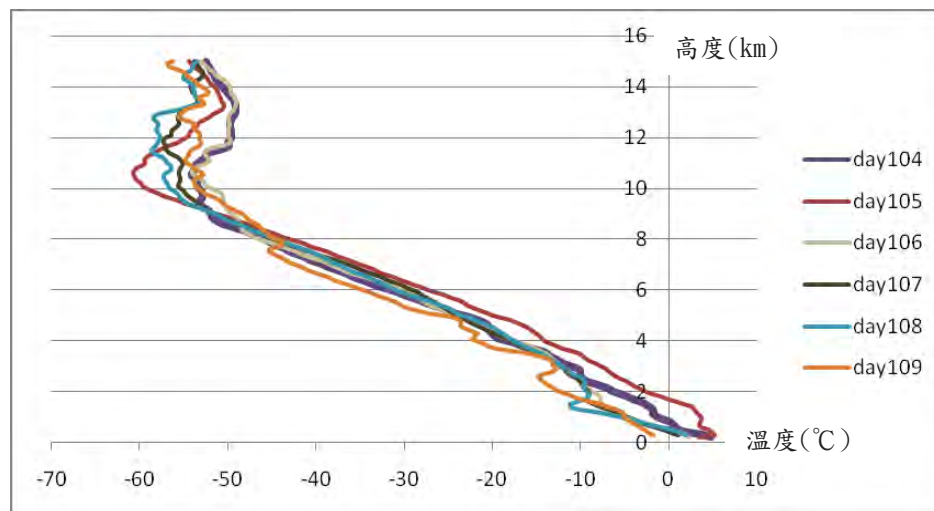


圖 44 day104~109 的溫度變化圖

第二次噴發後，溫度的變化並不明顯，一直到 day109 後才有些微下降，根據資料(圖 5~16)顯示，這裡應該是吹西風，且此地又位於噴發地點的西側，所以我們推論噴發的影響對這裡並不大，因此溫度的變化並沒有很明顯。

五、同一時間，區域甲、乙、丙的比較

(一) 比較在第一次噴發(day79)的溫度變化：

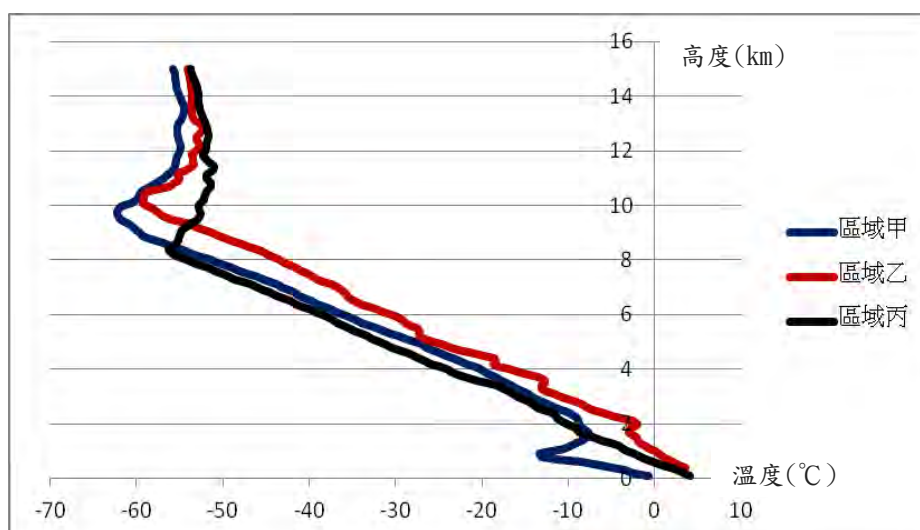


圖 45 區域甲，區域乙，區域丙的溫度變化圖



根據圖表顯示，高度 8 公里以下，在噴發地點的東方，也就是區域乙的溫度比噴發區域甲及區域丙的溫度更高，根據資料第一次噴發風向為吹東風，所以我們推論火山灰多被集中到噴發地點的西方，因此遮擋了太陽光的照射，所以在這張圖中才會顯現出經度在區域乙的溫度比較高。

而高度 8 公里以上，則是區域甲的溫度最低，根據資料顯示，因為第一次噴發的高度及能量並不大，所以我們推論，這一次噴發對較高空處的影響並不大，因此溫度才會最低。

## (二) 比較在第二次噴發(day104)的溫度變化：

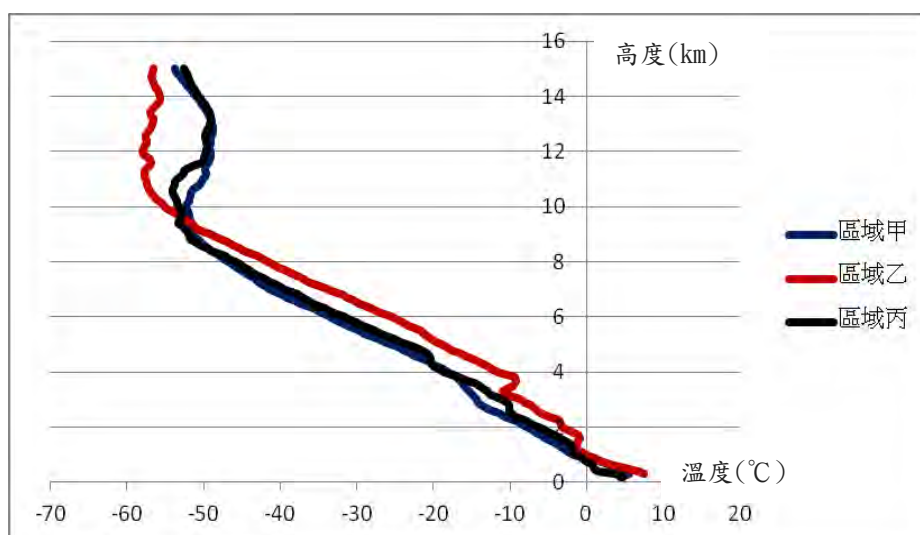


圖 46 區域甲，區域乙，區域丙的溫度變化圖

根據圖表顯示，高度 10 公里以下，在噴發地點的東方，也就是區域乙的溫度比區域甲和丙的溫度更高，根據圖 5~16 顯示，在噴發之後，火山灰一開始是受到西風影響而被吹到東方，因此我們推論能量也是多被集中到噴發地點的東方，因此在這張圖中才會顯現出經度在區域乙的溫度比較高。

而高度 10 公里以上，則是區域甲的溫度比較高，根據資料顯示第二次火山噴發的高度比較高，所以我們推論，這就是區域甲的溫度會比區域乙和丙的溫度都要高的原因。

## 伍、討論

### 一、day79及day104溫度變化圖

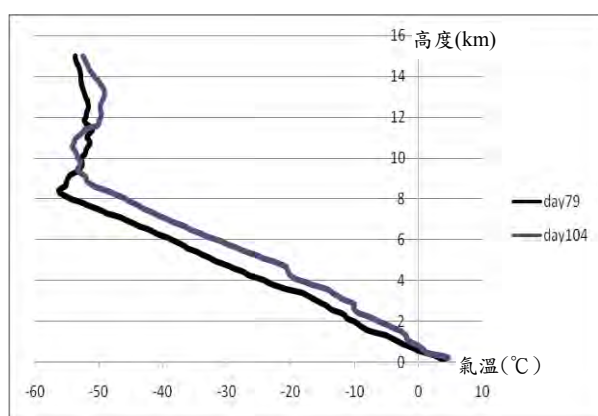


圖 40 區域丙

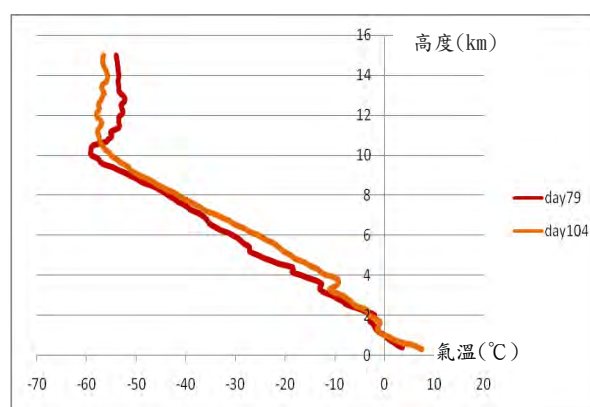


圖 35 區域乙

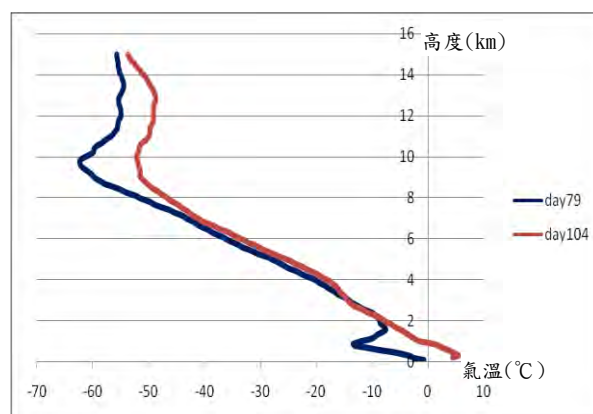


圖 30 區域甲

在同一高度中，day104的溫度均高於day79的溫度。由資料所知，第二次（day104）的爆炸威力是第一次（day79）的十到二十倍，我們推論這或許就是day104在各高度的溫度均高於day79的原因。

此外，在區域丙的溫差明顯比區域甲跟區域乙大，我們推測是因為區域丙位於噴發地的西側，而第一次噴發（day79）為吹東風，火山灰多集中於此，遮擋了陽光的照射，且第二次噴發（day104）的能量又大於第一次噴發（day79），所以才會有這個現象。

## 二、day79及day104兩次噴發和噴發前的溫度變化圖(區域甲)

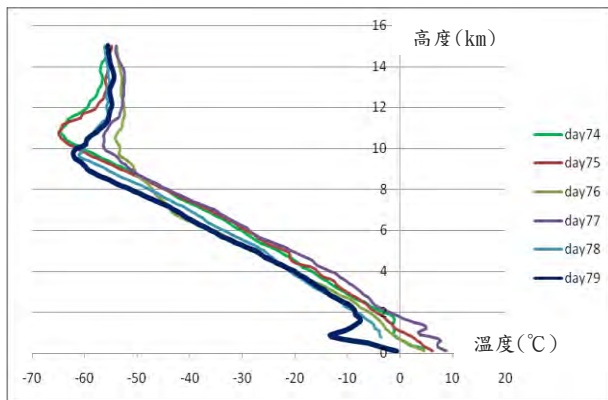


圖 31 day74-79 溫度變化圖

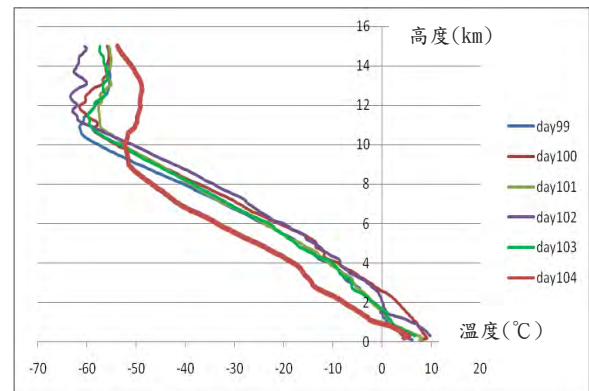


圖 33 day99-104 的溫度變化圖

### (一) 觀察噴發前是否就有能量的釋放：

在這兩張圖中，可以看出噴發當日的溫度均低於噴發前五天的溫度，而第一次的溫差並沒有像第二次一樣那麼明顯，我們推論這是因為在第一次噴發前就已經有能量的釋放了，因此其溫差才沒有很大，而之後我們也有查到資料來證明我們這項推論。

### (二) 能量集中何處：

在兩張圖中可以看出在高度兩公里以下是以第一次噴發時的溫差比較大，而高度兩公里以上則是第二次較大，根據資料顯示，第二次噴發的能量大於第一次噴發的能量，因此我們推論這就是造成此現象的原因。

### (三) 1~2 公里逆溫：

在圖 31 中可以看到在高度一公里左右有一個很特別的逆溫現象，根據查到的資料，艾雅法拉火山的高度大約兩公里，而且第一次噴發的高度及能量皆不大，因此推論岩漿多聚集於此，使這部分的溫度升高，因此產生逆溫現象；而在第二次噴發時，根據資料噴發高度約為 6~9 公里，因此我們推論這就是造成在圖 32 中高度 10 公里以上的溫度會高於噴發前五天的原因。

### 三、day79 及 day104 噴發後的溫度變化圖(區域甲)

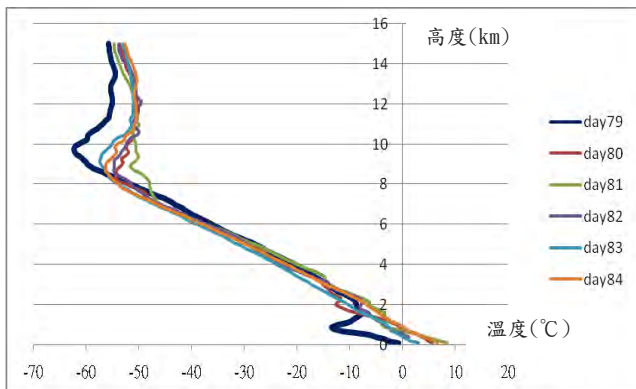


圖 32 day79-84 溫度變化圖

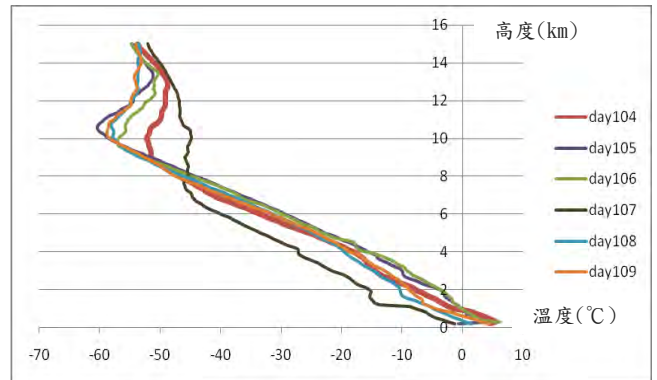


圖 34 day104-109 的溫度變化圖

在這兩張圖中我們可以看出：第一次噴發（day79）在兩公里以下的溫度為最低，在十公里以上同樣為最低，所以我們推論第一次噴發（day79）影響最大即是在噴發當天。

第二次噴發則是在 day107 為最低，所以我們推論第二次噴發（day104）後還有持續的影響，一直到 day107 的影響達到最大。

### 四、day79 火山噴發後火山口及其下風處的溫度變化圖

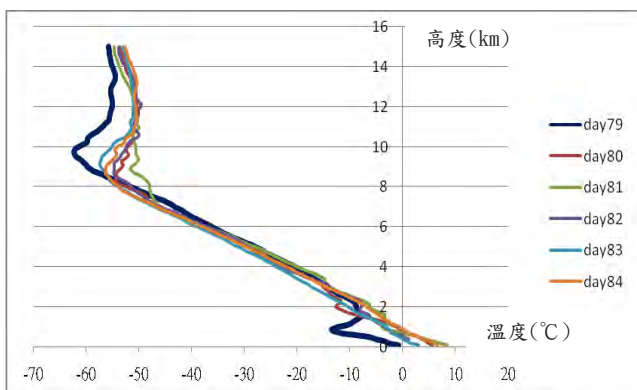


圖 32 區域甲

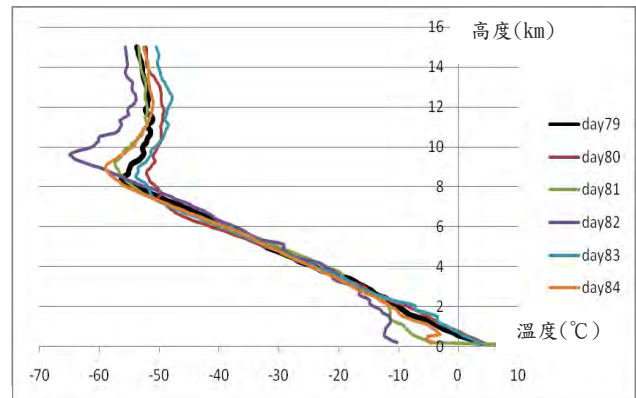


圖 42 區域丙

在兩張圖中我們發現：在火山口的地方其溫度最低為 day79，而在下風處溫度最低則為 day82，我們推測是因為第一次噴發能量小，火山灰一開始沒有很多集中到下風處，一直到 day82 時，火山灰聚集最多，因此溫度最低。

## 五、day104 火山噴發後火山口及其下風處的溫度變化圖

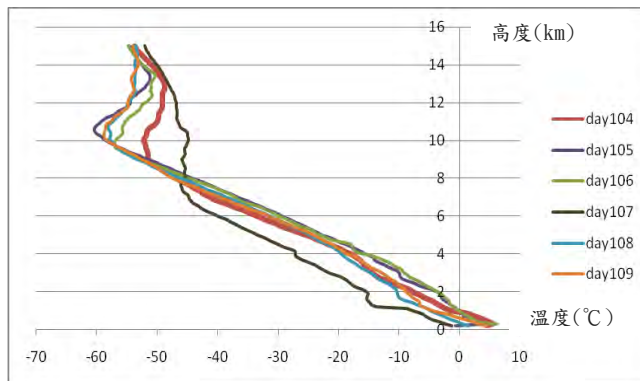


圖 34 區域甲

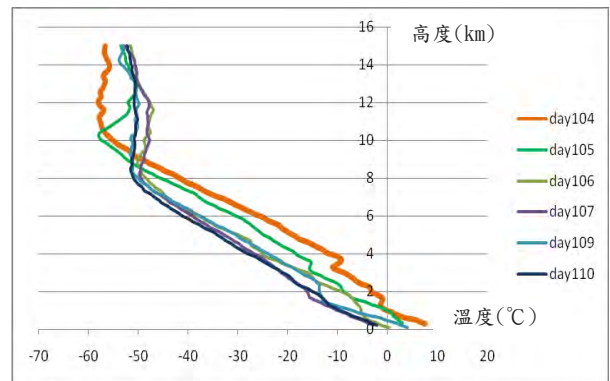


圖 39 day104-110 的溫度變化

在兩張圖中我們可以看到在火山口的位置，其溫度最低為 day107；而在下風處溫度則是漸漸降溫的狀態。我們推測是因為在火山口處的火山灰噴發後受西風出拂被帶到下風處，在 day107 時火山灰的量達到最多，因此在本島其溫度為最低；而下風處則因火山灰漸漸累積，所以溫度呈現漸漸降溫狀態。

## 陸、結論

根據前面的分析，我們推論出一些結論：

- 一、火山噴發的能量大小會影響對流層的溫度變化，第一次噴發(day79)能量小，因此溫度變化不大；而第二次(day104)能量較大，所以溫差也較大。
- 二、當地的風向影響火山灰雲分布狀況，而火山灰雲會對溫度有所影響，在迎風處火山灰雲聚集，其聚集處陽光被遮擋了，無法照射到地表，因此溫度較低。
- 三、第一次火山噴發的能量小，所以影響範圍集中在比較低空處；第二次噴發能量較大，且噴發的高度也比較高，所以影響多半在高空處。
- 四、第一次火山噴發影響時間約為一天；第二次影響時間則約持續兩天，因此可看出——火山噴發的能量不同也會造成此次噴發對溫度的影響時間長短不同。

## 柒、參考資料

- 一、王秋原，高中課本：地理(第一冊)，三版，南一出版社，第 82 頁~86 頁，民國 101 年 8 月
- 二、王乾盈，高中課本：基礎地球科學(上)，再版，全華出版社，第 106 頁~117 頁，民國 101 年 7 月
- 三、公共電視-有話好說：冰島火山爆發 歐洲全面重創！航空大停擺，經濟恐重傷 重大天災頻傳，火山爆發原因與影響？ (2013.12.01 查詢)  
[http://talk.news.pts.org.tw/2010/04/blog-post\\_19.html](http://talk.news.pts.org.tw/2010/04/blog-post_19.html)
- 四、互動百科：冰島火山爆發 (2013.12.01 查詢)  
<http://www.baik.com/wiki/%E5%86%B0%E5%B2%9B%E7%81%AB%E5%B1%B1%E7%88%86%E5%8F%91>
- 五、強哥部落格：2010 冰島火山爆發與火山灰雲之謎 (2013.12.01 查詢)  
<http://mygeotravel.org/hcc/blog/2010/05/01/4450.htm>
- 六、維基百科：火山爆發指數 (2014.03.02 查詢)  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E5%B1%B1%E7%88%86%E7%99%BC%E6%8C%87%E6%95%B8>
- 七、維基百科：2010 年艾雅法拉火山爆發 (2013.12.01 查詢)  
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/2010%E5%B9%B4%E5%86%B0%E5%B2%9B%E7%81%AB%E5%B1%B1%E7%88%86%E5%8F%91>
- 八、蘋果日報：冰島火山爆 恐禍殃全球 (2013.12.01 查詢)  
<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/international/20100324/32382863/>
- 九、Ash generation and distribution from the April-May 2010 eruption of Eyjafjallajökull, Iceland (2014.03.02 查詢)  
<http://www.nature.com/srep/2012/120813/srep00572/full/srep00572.html>
- 十、Average Weather In April For Reykjavik, Iceland (2014.03.02 查詢)  
<http://weatherspark.com/averages/27562/4/Reykjavik-Capital-Region-Iceland>

十一、Average Weather In March For Reykjavík, Iceland (2014.03.02 查詢)

<http://weatherspark.com/averages/27562/3/Reykjavik-Capital-Region-Iceland>

十二、NOWnews 今日新聞：冰島火山爆發歐洲蒙塵，北歐英愛空中大亂 (2013.12.01 查詢)

<http://www.nownews.com/n/2010/04/15/735515>

十三、WeatherSpark (2014.04.03 查詢)

<http://weatherspark.com/#!dashboard;a=Iceland/Eyjafjallaj%C3%B6kull>

十四、2010 eruptions of Eyjafjallajökull (2014.03.02 查詢)

[http://en.wikipedia.org/wiki/2010\\_eruptions\\_of\\_Eyjafjallaj%C3%B6kull](http://en.wikipedia.org/wiki/2010_eruptions_of_Eyjafjallaj%C3%B6kull)

## **Abstract**

The information of FORMOSAT-3 comes from GPS occultation, and the information including temperature, humidity, and the electron concentration, etc., and I use the information of temperature. Then I compare the temperatures varying with altitudes of troposphere in different period in order to know the effect of the volcano eruption on the atmospheric environment. I get following conclusions:

First, intense volcanic eruptions are often accompanied by ash, hot gases and powerful explosive energy, which could result in anomalous temperature profiles changes in the troposphere and lower stratosphere.

Second, there are two different impacts of volcanic eruptions on environmental temperature changes, one is that significant troposphere warming and lower stratosphere cooling (Wang et al, 2009), and the other one is that remarkable troposphere cooling and lower stratosphere warming which had been demonstrated by this study.

Last, temperature profiles changes in the major ash area were higher than those in other areas.



## Introduction

After being dormant for about 200 years, Eyjafjallajokull volcano in Iceland erupted again in 2010. The ash was blown to Eurasia, which caused European flights grounded and also caused serious losses in economy.

Atmospheric temperatures could be affected by volcanic plumes and ashes (Wang et al, 2009; Okazaki and Heki, 2012). Data of FORMOSAT-3/COSMIC (FS3/C) is useful to probe impacts of the volcano eruptions on environmental temperatures. Using the data of FORMOSAT-3/COSMIC (FS3/C), this study examines the changes of temperature profiles in the troposphere and lower stratosphere during the eruptions of the Eyjafjallajokull in 2010.

## Data and Methodology

### 1. What is FORMOSAT-3?

The FORMOSAT-3/COSMIC (FS3/C) mission uses the Global Positioning System (GPS) radio occultation (RO) technique to obtain high-resolution vertical profiles of atmospheric refractivity (Fig.1), which could be used to derive profiles of temperature, water vapor pressure and ionospheric electron density (Wang et al, 2009).

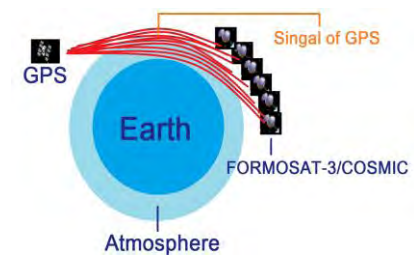


Fig.1 FORMOSAT-3  
(from:www.nspo.narl.org.tw)

Comparisons of temperature profiles inferred from FS3/C with radiosonde observations suggest that they are accurate to better than 0.6 K at heights 5~15 km (Hajj et al, 2004).

### 2. Eyjafjallajokull volcano

Eyjafjallajokull volcano in Iceland is located at 63.63°N, 19.42°W, and the height of Eyjafjallajokull is about 1.6 km.

It erupted twice in 2010, the first one was on March 20, which is nominated as day79; and the second one was on April 14, which is nominated as day104. There were still some smaller volcanic activities after these two eruptions. The first eruption continued to April 12, and the second one continued to May 22. (Fig.2)

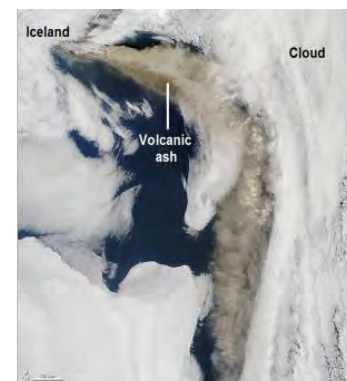


Fig.2 Volcanic ash  
(from:http://earthobservatory.nasa.gov)

### 3. VEI (Volcanic Explosivity Index)

The VEI (Fig.3) of these two eruptions in 2010 was 4.

### 4. Energy and height of the eruption

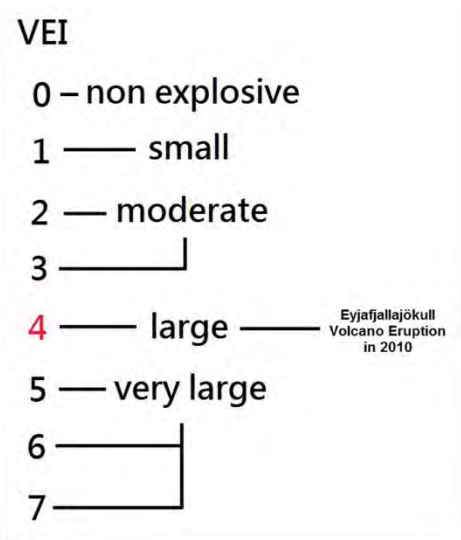
According to the report, energy of the second eruption was higher than that of the first eruption. And the maximum plume height in the first eruption was about 2 km, while that in second one was about 6 km. However, the volcano ash could be transported to the nearby layer of tropopause due to the buoyancy of hot dense gases and the background wind.

### 5. Data setting

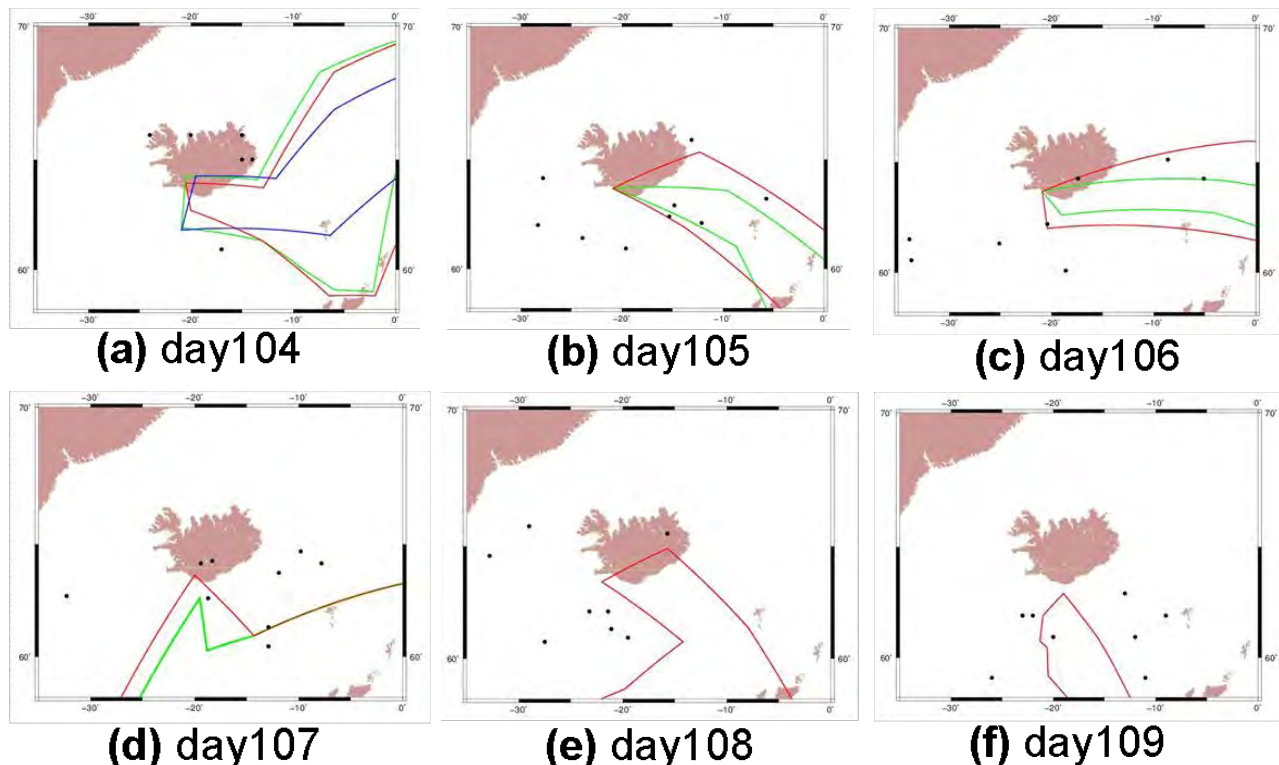
The FS3/C data area which I set was at 60~66°N, 4~34°W, and I used the data in 0~15km to do analysis.

### 6. Distribution of volcanic ash

The dots in these pictures mean the location of FS3/C data points. And the lines indicate the volcanic ash area in different altitude: the red, green and blue one means 0~6 km, 6~10 km and 10~15 km, respectively.



**Fig.3** Volcanic explosivity index  
(from: <http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/vei.php>)



**Fig.4** Distribution of volcanic ash

# Results and Discussion

## 1. Temperature profiles change of the first eruption

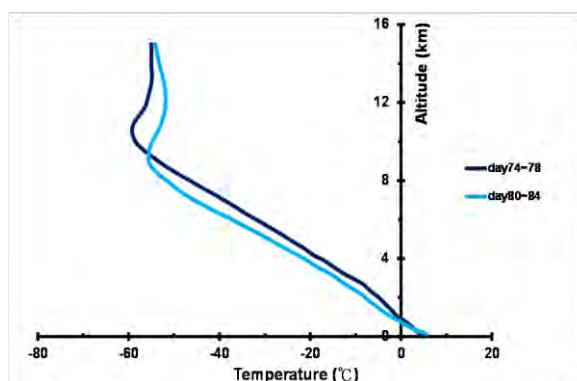


Fig.5 Temperatures on day74~day78 and day80~84

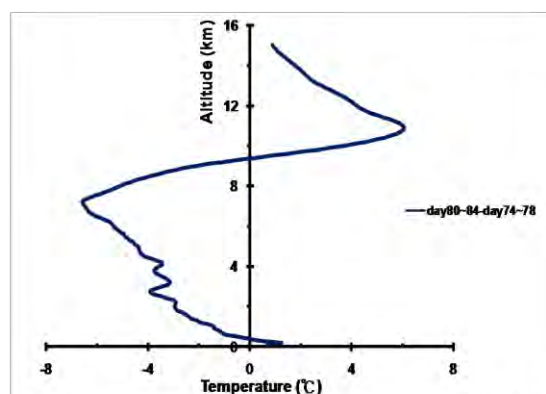


Fig.6 Temperature differences between day74~78 and day80~84

	day74~78	day80~84
<b>The number of data</b>	22	28

Wang et al (2009) demonstrated the impact of the Mt Chaiten eruption on atmosphere was that tropospheric temperatures increased, while the lower stratospheric temperatures decreased. However, in this study I found that atmospheric temperature changes of Iceland volcanic eruption were that the lower stratospheric temperatures increased, while the tropospheric temperatures decreased (Fig.5 and Fig.6).

Estimated peak tropospheric temperature decreased up to 7 K, and lower stratospheric temperature increased up to 6 K.

Since the volcanic ash could go up to about 9 km, the temperature changes could be resulted from blocking effect of radiation and the absorption, respectively.

## 2. Temperature profiles change in the major ash area of the second eruption

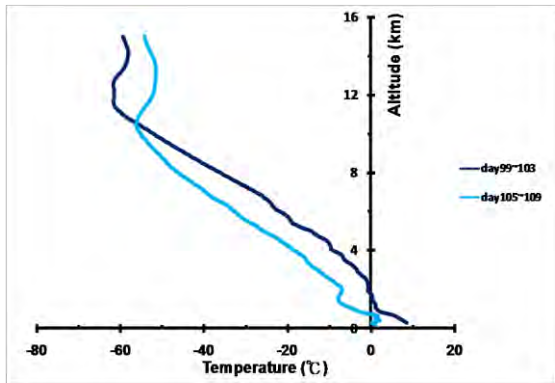


Fig.7 Temperatures on day99~103 and day105~109 (within the range of volcanic ash)

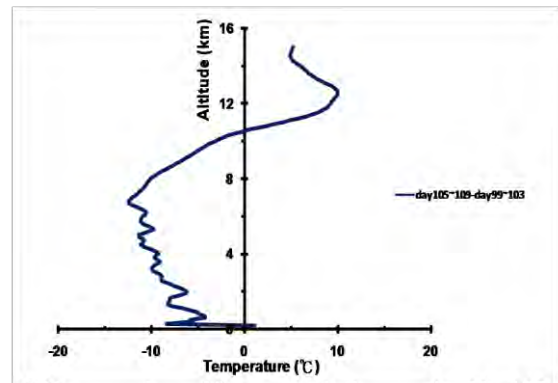


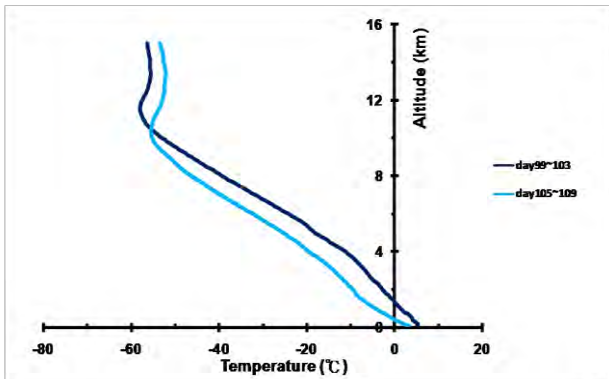
Fig.8 Temperature differences between day99~103 and day105~109 (within the range of volcanic ash)

	<b>day99~103</b>	<b>day105~109</b>
<b>The number of data</b>	6	9

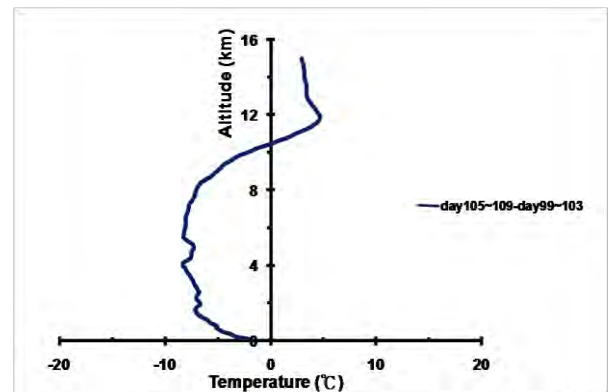
The changes of temperature after the second eruption (Fig.7) were higher than those of the first eruption (Fig.5). It suggests that the impacts of the second eruption were higher than the first one.

The sulfides and aerosols in the volcanic ash could absorb the solar near infrared radiation and earth infrared radiation, therefore, the temperatures increased in the lower stratosphere. Besides, the volcanic ash would also block the sunlight and reduce the direct solar radiation in the troposphere, and the adiabatic expansion associated with the upward motion of volcanic plumes could result in the cooling effect of the troposphere. (Fig.8)

### 3. Temperature profiles change outside the major ash area of the second eruption



**Fig.9** Temperatures on day99~103 and day105~109 (outside the range of volcanic ash)



**Fig.10** Temperature differences between day99~103 and day105~109 (outside the range of volcanic ash)

	<b>day99~103</b>	<b>day105~109</b>
<b>The number of data</b>	30	33

In these two pictures (Fig.9 and Fig.10), the changes of the temperatures are that troposphere cooling and the lower stratosphere warming, and this phenomenon is similar to the Fig.7 and Fig.8.

However, in the outside area of the volcanic ash, the temperature changes in these two pictures are lower than those in Fig.7 and Fig.8. It suggests that the data in these pictures were not within the major range of the volcanic ash, therefore, the impact of the volcanic ash was lower, and the temperature differences were not obvious.

#### 4. Temperature differences of the second eruption among four different areas

I divided the surrounding region around the volcanic center into four different areas. (Fig.11)

In these pictures (Fig.12), the temperature changes of the second eruption were different. The changes of temperature in Fig.12 (b) and (d) were much higher than Fig.12 (a) and (c). It suggests that the Fig.12 (b) and (d) were in the downwind side and major distribution area of the volcanic ash, therefore, the impact of the volcanic ash was higher, and the temperature change was more obvious.

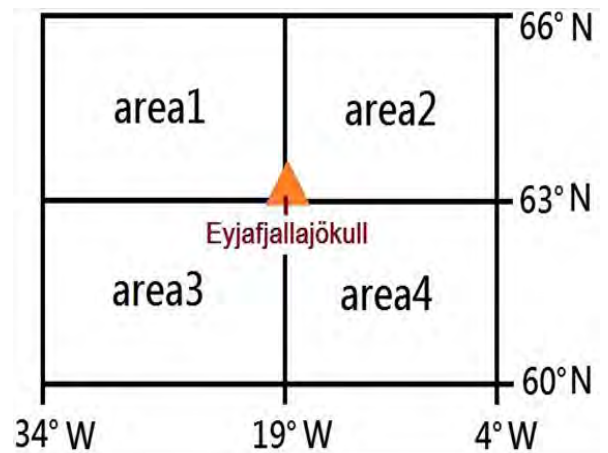
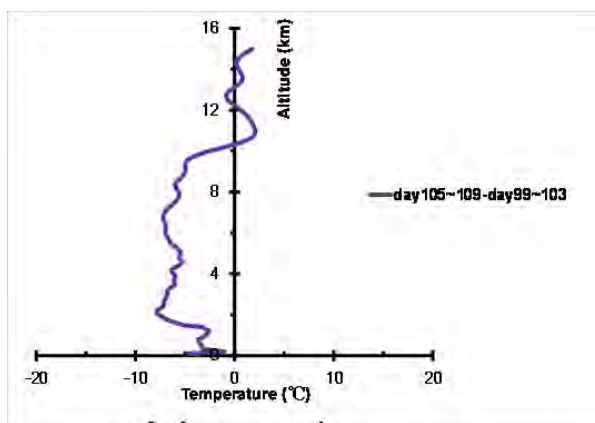
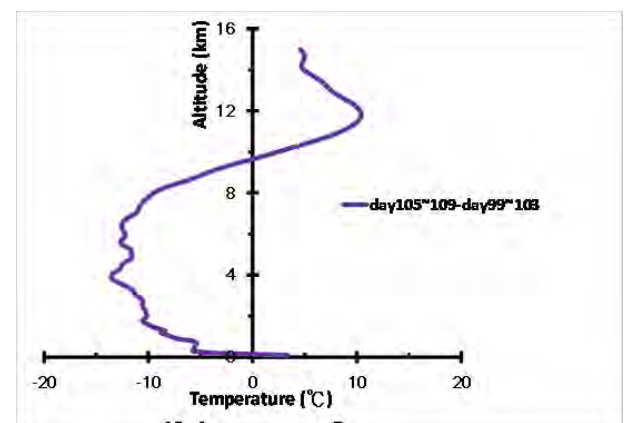


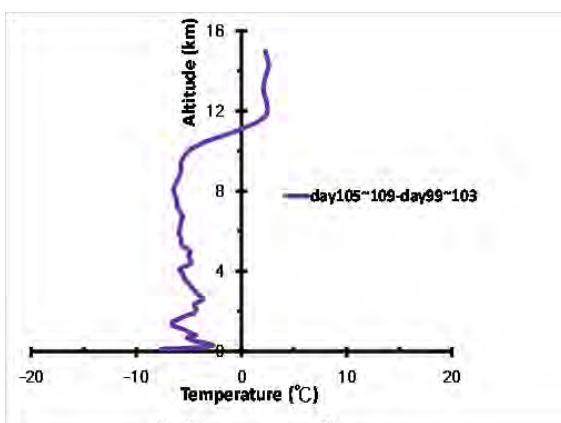
Fig. 11 Four different areas



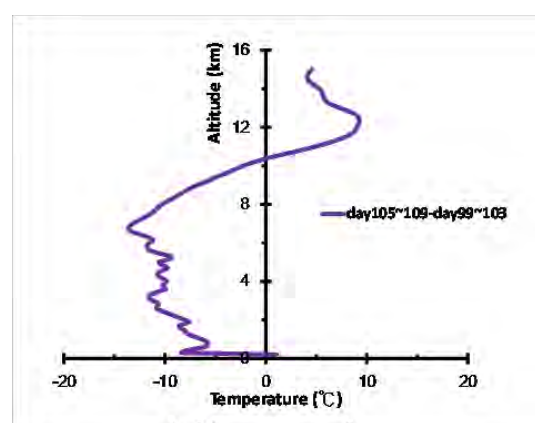
(a) area 1



(b) area 2



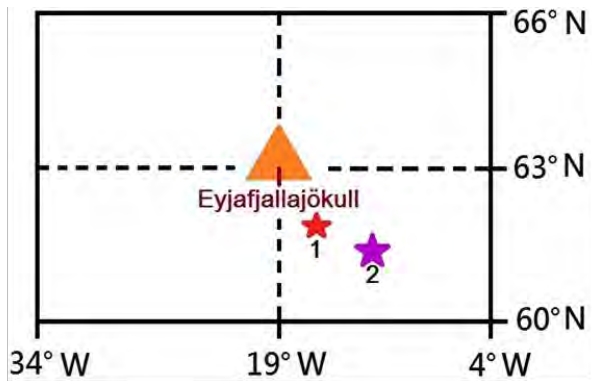
(c) area 3



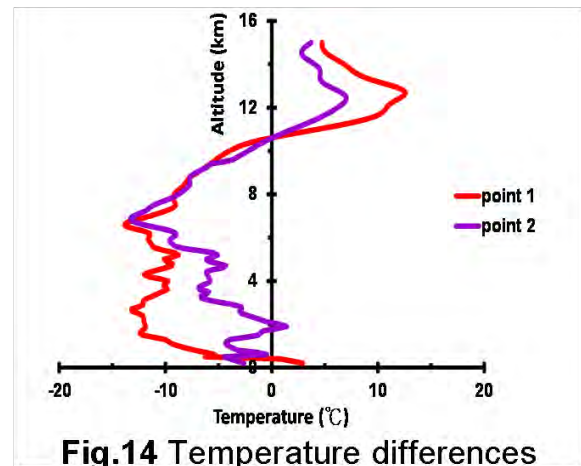
(d) area 4

Fig.12 Temperature differences of the second eruption

## 5. Temperature differences of the second eruption between two different data points



**Fig.13** Two different data points

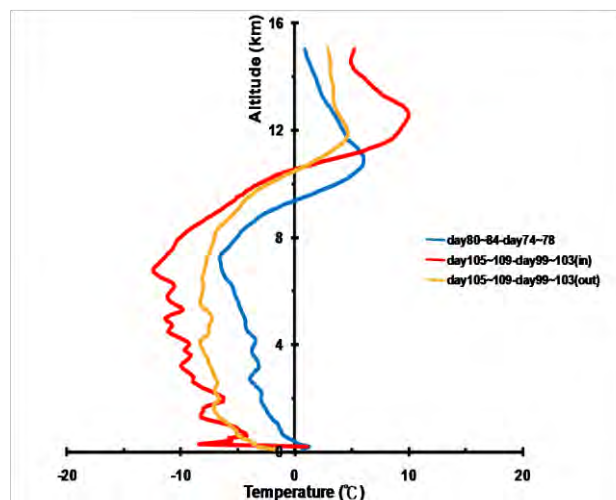


**Fig.14** Temperature differences

In this picture (Fig.14), the temperature changes of point 1 were higher than those of point 2. It suggests that the point 1 was closer to the Eyjafjallajökull volcano than point 2, therefore, the impact of the volcanic ash was higher, and the temperature changes were more obvious than point 2.

## 6. Comparisons of temperature profiles change

In this picture (Fig.15), the temperature differences of the second eruption within the range of volcanic ash are the highest one. According to the report, the explosive energy of the second eruption was higher. It suggested that the temperature profiles could be obviously influenced by the explosive energy, upward adiabatic expansion, radiative forcing, effect of volcanic ash and the transport of cold air from high latitudes associated with weather system.



**Fig.15** Temperature differences of these two eruptions

## **Conclusions**

1. Intense volcanic eruptions are often accompanied by ash, hot gases and powerful explosive energy, which could result in anomalous temperature profiles changes in the troposphere and lower stratosphere.
2. There are two different impacts of volcanic eruptions on environmental temperature changes, one is that significant troposphere warming and lower stratosphere cooling (Wang et al, 2009), and the other one is that remarkable troposphere cooling and lower stratosphere warming which had been demonstrated by this study.
3. Temperature profiles changes in the major ash area were higher than those in other areas.

## **References**

1. ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, <http://www.ecmwf.int/>
2. Eruption of Eyjafjallajökull Volcano, Iceland : Natural Hazards (Inquiry on March 4, 2015)  
<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/event.php?id=43253>
3. Okazaki, Ikuya, Kosuke Heki, 2012, Atmospheric temperature changes by volcanic eruptions: GPS radio occultation observations in the 2010 Icelandic and 2011 Chilean cases, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 245-246 (2012) 123–127
4. Robock, Alan, Volcanic eruptions and climate. *Rev. Geophys.*, 38, 191-219, 2000
5. Wang, Kuo-Ying, S.C. Lin and L.C. Lee, 2009, Immediate impact of the Mt Chaiten eruption on atmosphere from FORMOSAT-3/COSMIC constellation, *Geophysical research Letters*, Vol 36, Issue 3, 2009



## 【評語】 170003

作品完整利用福衛三號的溫度遙測資料，冰島火山爆發對大氣層溫度的影響，研究結果明確，對於物理機制的解釋可以再加強。