

# 2019 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號	180010
參展科別	地球與環境科學
作品名稱	1910~2010 年台灣附近板塊交界地帶地震 能量觀察與比較
得獎獎項	大會獎：三等獎

就讀學校 臺北市立麗山高級中學

指導教師 萬義昞、周家祥

作者姓名 龔柏文、陳彥好

關鍵詞 地震能量、地震預測、能量週期

## 作者簡介



我是龔柏文，來自台北市內湖區麗山高中的數資班。擅長理科項目，喜歡音樂、大自然，經常外出爬山、遊湖、健行。

因緣際會進了地科這個包含物理、化學、生物的專題，開始在專題中發揮自己的能力。曾在 2018 年中學生獎助計畫榮獲三等獎。

開始研究地震是因 2018 年初的花蓮大地震。本人非常喜歡花蓮，看到新聞上的災情報導，感到非常痛心，因此開始研究如何防範地震。



我是陳彥好，現就讀台北市麗山高中。喜歡游泳、畫畫、聽歌，更喜歡用網路追蹤全球事件及和世界連結。

在國中地科課被燃起了對地科的興趣後，在高中便毫不猶豫選了地科為一年半的專題。越是深入探討地球，越覺得地球已經快被人類的貪婪摧殘殆盡，於是「拯救地球」便成了未來志向。

很高興國際科展提供給舞台讓我們和世界交流切磋，也謝謝一路幫助我們的人，包括爸媽、老師、教授，最重要的是，我的夥伴。

## 摘要

我們分析 1910~2010 年琉球及呂宋弧溝系統規模 5.0 以上的地震發生次數與能量釋放，並探討其特性。

經分析得知：(1)琉球系統地震發生次數及能量釋放變動不大。(2)將呂宋系統規模六地震大量發生的時間與規模七地震發生時間比對，發現 1951 及 1999 年部分規模六地震為規模七地震之餘震。若加入上述兩年規模六地震，則規模六地震大量發生之平均週期約為 12 年。(3)琉球系統能量大量釋放的週期約為 30 年，且其釋放的量越來越少。(4)呂宋系統大量釋放能量的週期約為十年。(5)百年來，琉球系統的地震發生次數較呂宋系統多，在能量上則反之，還需深究是否為兩系統地質結構不同導致。(6) 若前次能量高峰釋放能量特別大，則距下次能量釋放高峰時間間隔較平均週期長。

## Abstract

We analyze the quantities and the energy of the earthquakes (magnitude  $\geq 5.0$ ) in Ryukyu arc-trench system and Luzon arc-trench system from 1910 to 2010. In order to explore their characteristic.

After analyzing, we found : (1) The amounts of the earthquakes and the energy released by Ryukyu arc-trench system alter within small scope.(2) We found that a part of magnitude 6.0 earthquakes in 1951 and 1999 are the aftershocks of the magnitude 7.0 earthquakes, via comparing the dates of the magnitude 6.0 and magnitude 7.0 quakes in Luzon arc-trench system. The cycle of happening massive magnitude 6.0 earthquakes is about 12 years, if contain the quakes above.(3) The cycle of the energy of the quakes is about 30 years in Ryukyu arc-trench system. Furthermore, the energy released get lower. (4) The cycle of the energy of the quakes is about 10 years in Luzon arc-trench system. (5) In the past 100 years, the earthquakes occurred in Ryukyu arc-trench system is more than Luzon arc-trench system. But the energy is in contrast. It needs more study in the topic. (6) If the energy was larger in previous cycle, the period of the next cycle would be longer.

## 一、 前言

1999 年 9 月 21 日發生的集集大地震造成約 2,400 人的死亡、11,300 人受傷，全國經濟損失高達 3,600 億元。現在雖然感受不到當時的搖晃，但人心的恐懼卻是我們可以體會的。而 2018 年小年夜的花蓮地震，造成 17 人的死亡，這一震摧毀了許多人的家庭，震碎了數以萬計人民的心，也阻撓了許多人回家團圓的路。

而臺灣會有這麼多的地震，就是因為臺灣地體構造特殊，位於兩個隱沒帶的交接點上，我們想分析位於臺灣附近的兩個弧溝系統—琉球弧溝系統與呂宋弧溝系統地震能量釋放情形，了解這些地帶是否有特定的能量釋放週期，期待對此地帶地震活動的預測提供參考。

為了分析位於臺灣附近的兩個弧溝系統，了解這些地帶是否有特定的活動方式，於是我們提出以下幾個問題，進行探討與研究：

- (一)、 嘗試找出地震發生次數的週期與趨勢
- (二)、 嘗試找出地震能量釋放的週期與趨勢

## 二、 文獻探討

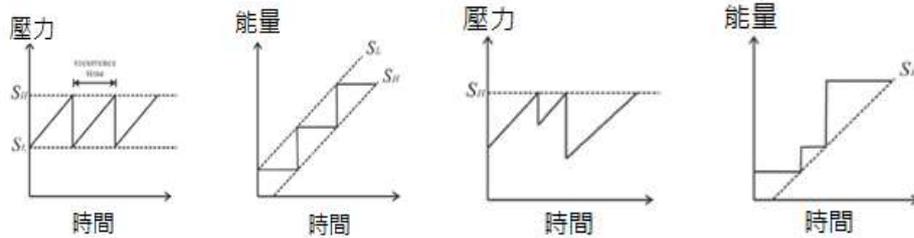
### (一)、 地震發生頻率推估

地震帶來的災害巨大，使許多學者投入精力想藉由過去地震紀錄了解地震發生的規律。在蒲新杰等（2012）對於全球地震特性的報告中說到「我們以十年為一單位，統計每十年間地震發生的次數。其中可以大致的看出，地震在 1920 及 1980 年代，地震活動的次數較少。而在 1940 及 2000 年時，地震次數有明顯的增多。地震的發生次數，在規模大於 8 的地震次數中，看似有 60 年的週期性。但規模大於 9 的地震次數中，此一現象卻又不明顯」。

而美國地球科學家 Bendick 和 Bilham 在 2017 年，美國地質年會中宣布了兩個地震的規律：第一，大地震（規模  $\geq 7$ ）似乎在時間上有集中發生的趨勢；第二，大地震的次數每 32 年攀上峰值一次，從一年 15 次升高到 17~20 次。他們認為，這兩個規律可能是斷層之間發生同步共振的結果。在此研究的說法下，我們認為極可能位在板塊邊界的地震也存在某些特定的週期，並且是可能被找出的，因此我們決定深入探討這個主題。

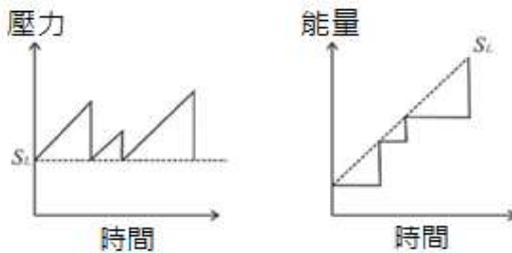
## (二)、地震破裂面能量釋放方式

過去，關於地震發生的模式，可以簡單的以三種模式進行說明（Shimazaki and Nakata, 1980；Shearer,1999）。第一種模式，完整可預測型（圖一）地震發生的時間和能量是可完全被預期的。其概念是地層累積到一固定應力後，會釋放地震能量到一固定應力的下限值。因此，只要掌握地震能量的上下限，便可完整的預測地震的發生時間與能量大小；第二種模式，時間可預測型（圖二），地震的發生時間是可預期的。假設是地震累積到一固定的應力後，就會發生錯動。但每次的錯動釋放能量的下限值並不一定，也因此，無法推估地震發生時的能量規模；第三種模式，累積能量可預測型地震（圖三）發生的能量是可被預估的。不管地層應力的累積狀態如何，只要發生錯動，一定是完整的釋放地震能量到一固定應力的下限值。所以，只要知道應力的下限值與當下應力累積狀態，就可預測地震若在當下發生的話，其能量規模的大小。而事實上，一般比較被接受的地震活動模式是一種混合了第二和第三模式而成的（Makropoulos and Burton, 1983）。不管是那種模式，了解地下震源構造的應力或應變大小及狀態都是必須的。所以，要探討地震的重覆發生特性，最主要的還是先獲得地震累積應變的數據。



圖一 完整可預測型

圖二 時可預測型



圖三 累計能量可預測型

### (三)、如何記錄地震能量

在以前，人們遭遇地震時，並無法知道地震的能量究竟有多大，只能靠自身的感覺，而地震又會因為和震央距離遠近不同，地表搖晃程度有異，導致很難界定這次地震的大小。學者們利用「地震規模」來表示地震能量的強弱。但由於各種地震紀錄儀器的不同，加上地震波傳遞方式與性質不同，導致同一個地震記錄的各種地震規模數值不一。以下是各種地震規模的介紹。

#### 1. 近震規模 ( $M_L$ )

近震規模 (local magnitude,  $M_L$ )，亦稱芮氏地震規模 (Richter magnitude scale)。當初設計芮氏地震規模時是使用伍德—安德森扭力式地震儀，由於此類地震儀的限制，當芮氏地震規模大於 7.5 時，會有「飽和」現象，也就是計算出來的所有地震規模值都趨近相同，即此種規模在記錄能量很大的地震時，解析度不高。此外，觀測點距離震央超過約 600 公里以上時，近震規模會產生極大誤差。因此較常利用來計算中小型地震與距離小於 600 公里地近地地震(中央氣象局)。

此種規模計算方式如下：

$$M_L = \log A - \log A_0$$

式中  $A$  = 「標準扭力式地震儀」在某觀測站所記錄之最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )。 $A_0$  = 距離修正量；當標準扭力式地震儀於距離震央 100 公里處記錄標準地震 ( $M_L = 0$ ) 之最大振幅 ( $\mu\text{m}$ ) (鄭世楠等,2010)。

#### 2. 體波規模 ( $m_B$ , Body wave magnitude)

賓諾·古登堡於 1945 年提出，體波規模是使用 P 波的振幅以計算地震規模，常用以描述距離大於 700 公里地較遠距離的地震規模，可用以彌補近震規模的不足。但是當體波規模大於 6.2 時即發生飽和，故亦不適用於大型地震。

體波規模是根據體波之 P 波的振幅 ( $A$ ,  $\mu\text{m}$ ) 及週期 ( $T$ , sec) 而定，其計算公式為：

$$m_B = \log (A/T) + Q(\Delta)$$

式中  $Q(\Delta)$  為距離修正量 (km)。

### 3. 表面波規模 (Ms, Surface wave magnitude)

1950 年代，由發展芮氏規模的研究者研發，目的在於提高大地震的解析能力。表面波規模是使用雷利波 (Rayleigh wave) 的振幅來計算。其計算公式為：

$$M_s = \log (A/T) + a \log \Delta + b$$

式中 A 表示雷利波的振幅；T 表示週期； $\Delta$  為距離 (單位：度)；a、b 為區域性常數。

### 4. 地震矩規模 (Mw, Moment magnitude scale)

21 世紀初，加州理工學院的金森博雄教授 (Hiroo Kanamori) 創立「地震矩規模」，採用更能直接反應地震破裂過程物理特性。這種規模的概念是：斷層做的「功」就是地震釋放的能量，即利用斷層的滑動量、斷層的面積和斷層面的特性 (剛性係數) 這三個參數算出來。由這三個參數算出的「地震矩」，一般會以  $M_0$  表示，它雖然像是「力矩」的概念，但也相當於地震釋放的能量。地震矩規模即是利用地震矩計算而來，由於這種計算方式對於大地震不會有飽和現象，目前常用來比較大型地震的強度。期計算公式為：

$$M_w = (2/3) \log M_0 - 6$$

其中  $M_0$  為地震矩， $M_0 = \mu DS$ ， $\mu$  為斷層物質之剛性係數 (一般為  $30 \times 10^9 \text{Pa}$ )，D 為斷層之平均滑動量，S 為斷層面積。

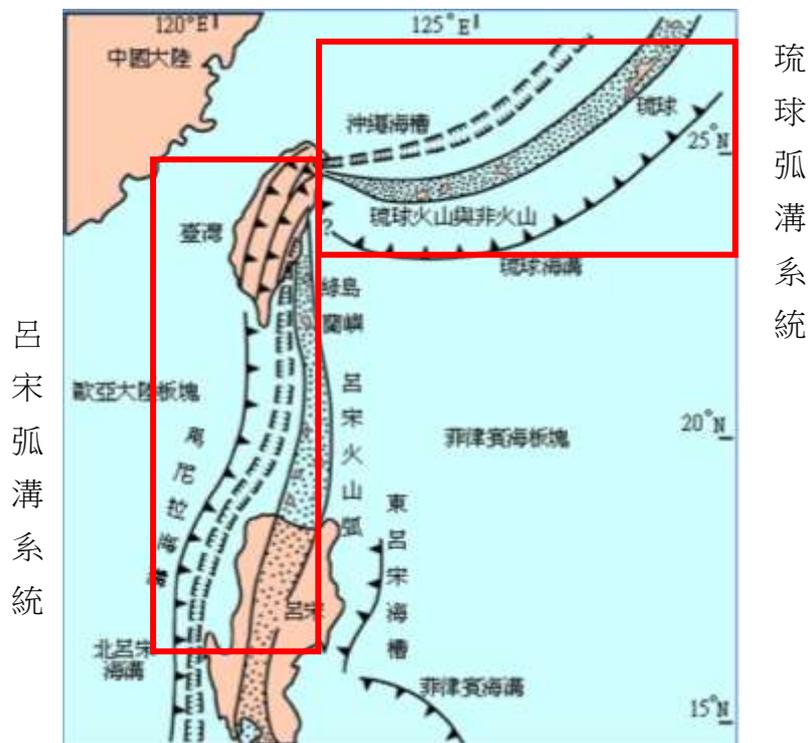
除了由上述方式來求得地震矩規模外，藉由長週期 (10~100Hz) 的 P 波和 SH (平行介面運動的 S 波) 也可推算成地震矩規模，標示為  $M_{wb}$ ；如果是由中、長週期的表面波換算成的地震矩規模，則稱為  $M_{wc}$

### 三、 研究方法與過程

根據本研究的目的及問題，我們分為兩個段落進行探索。

#### (一)、 取樣方式

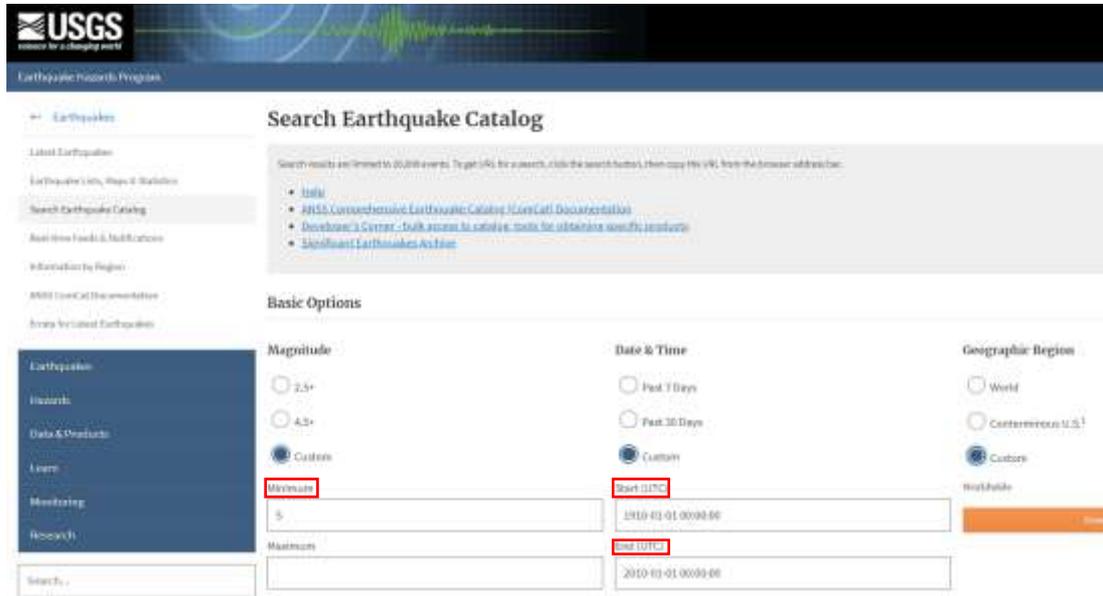
台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之接合處。在台灣島東北方往日本方向為菲律賓海板塊隱沒之交界帶，稱為琉球弧溝系統；花東縱谷以南至菲律賓為歐亞大陸板塊向東隱沒之交界帶，稱為呂宋弧溝系統（圖四）。台灣在此兩弧溝系統交接處，產生劇烈變形與造山運動，造成島上陡峭崎嶇之山脈與分布廣泛之活動斷層與褶皺構造。由於板塊聚合的速度非常快，使得台灣島及其附近區域之地震活動頻繁。



圖四 台灣附近地體構造圖(何春蓀，1986)

因此兩弧溝系統為台灣島週邊最具影響力的板塊交界帶，故本研究中利用美國地質調查所 (USGS, *United States Geological Survey*) National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) 線上地震資料庫，選取 1910~2010 年間，規模 5.0 以上，位於琉球弧溝系統 (122°E~131°E, 30°N~23°N) 和呂宋弧溝系統 (119°E~122°E, 25°N~18°N) 中的地震規模數據，進行能量換算與分析。

有了能量之後我們就可進行分析，首先我們先從 USGS 的地震網站（圖二）搜尋過去在兩個板塊上的地震紀錄並下載。取出地震數據之後，再利用整理的能量換算公式將不同規模的數據全數轉換成近震（ $M_L$ ）規模地震能量，再進行數據分析。



圖五 輸入篩選條件畫面

得到琉球弧溝系統規模大於 5.0 的地震（表一）與呂宋弧溝系統規模大於 5.0 的地震（表二），表三為兩弧溝系統所得規模 5.0 以上規模的分類統計，統計得知在 1910~2010 年間資料庫中琉球弧溝系統與呂宋弧溝系統總共各有 918 次與 714 次地震發生。其中兩弧溝系統規模較小的地震發生次數遠多於規模較大的地震，但是琉球弧溝系統規模五的地震次數多於呂宋弧溝系統，規模 6 與 7 的地震則少於呂宋弧溝系統。

表一 琉球弧溝系統地震搜尋結果(部分結果)

時間	緯度	經度	深度	規模	規模類型	網站	地點	類型	位置來源	規模來源
1910/4/12 0:22	25.911	123.973	235	8.1	mw	iscgem	nor heas of aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	29.049	128.778	100	7.9	mw	iscgem	nor hwes of he Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	23.359	123.492	20	7.3	mw	iscgem	sou hwes ern Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	24.51	122.003	15	6.4	mw	iscgemsup	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	23.801	124.829	15	7	mw	iscgem	sou hwes ern Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	24.337	122.547	25	6.9	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	26.392	127.03	20	6.6	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	28.99	129.973	35	6.8	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	29.111	130.262	35	6.9	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	23.882	122.238	25	6.6	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	28.613	130.088	35	6.4	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	27.048	127.158	15	6.8	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	27.068	122.014	35	6.3	mw	iscgemsup	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	23.974	122.187	35	6.5	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	24.752	122.157	15	6.8	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	24.005	122.425	15	6.4	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	24.003	122.238	25	6.5	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	28.938	128.129	20	6.4	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	28.555	128.054	20	6.2	mw	iscgem	Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem
1910/4/12 0:22	25.143	125.273	20	7.7	mw	iscgem	sou hwes ern Ryukyu Islands, Japan	ear hquake	iscgem	iscgem

表二 呂宋弧溝系統地震搜尋結果(部分結果)

時間	經度	深度	規模	規模類型	網站	地點	類型	位置來源	規模來源
1919/12/20 20:37	121.787	20	6.9	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1920/6/5 4:21	121.986	20	8.2	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1922/9/1 19:16	121.843	20	7.1	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1922/10/14 23:46	121.325	15	7	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1922/10/27 14:22	121.529	15	6.4	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1925/4/16 19:52	121.1	15	7	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1925/8/3 3:41	121.646	15	6.5	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1926/9/12 15:43	121.384	15	6.5	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1927/8/24 18:09	120.305	10	6.4	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1930/12/8 8:01	120.277	15	6.3	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1931/3/19 6:25	120.43	15	6.7	mw	iscgem	Luzon, Philippines	ear hquake	iscgem	iscgem
1931/10/28 5:35	121.013	25	6.2	mw	iscgem	Luzon, Philippines	ear hquake	iscgem	iscgem
1933/4/19 6:44	121.534	35	6.7	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1934/8/11 8:18	121.737	10	6.3	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1935/4/20 22:02	120.675	15	7	mw	iscgem	aiwan	ear hquake	iscgem	iscgem
1935/9/4 1:37	121.299	15	7	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1936/8/22 6:51	121.214	15	7.1	mw	iscgemsup	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1937/3/16 15:45	120.317	15	5.9	mw	iscgem	Luzon, Philippines	ear hquake	iscgem	iscgem
1937/12/8 8:32	121.265	15	6.9	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem
1937/12/13 18:53	121.37	15	6.7	mw	iscgem	aiwan region	ear hquake	iscgem	iscgem

表三 琉球弧溝系統與呂宋弧溝系統  
1910~2010 年來規模 5.0 以上地震次數

地震規模	地震次數	
	琉球弧溝系統	呂宋弧溝系統
5.0~5.9	763	551
6.0~6.9	149	155
7.0~7.9	6	8
總計	918 筆	714 筆

## (二)、資料轉換

在收集完數據之後，我們還必須知道規模與地震釋放能量之間的關係，才能計算出每次地震釋放出多少能量，進而分析板塊邊界能量釋放的特徵。

從中央氣象局的地震百問中得到，近震規模的規模每差 1，則能量為 32 倍，因此決定將不同種類的規模統一換算為  $M_L$  來進行能量計算。我們從鄭世楠等（2010）關於不同地震規模的轉換文獻中，找出  $m_b$ 、 $M_s$ 、 $M_w$  換算成  $M_L$  的公式：

$$M_L = 0.9m_b + 0.729$$

$$M_L = 0.701M_s + 1.939$$

$$M_L = 0.8M_w + 1.217$$

在本研究中，我們的能量是以近震規模五的地震能量為 1，故其他規模地震的能量則以公式轉換為規模五地震能量的倍數：

$$E = 32^{(M_L - 5)}$$

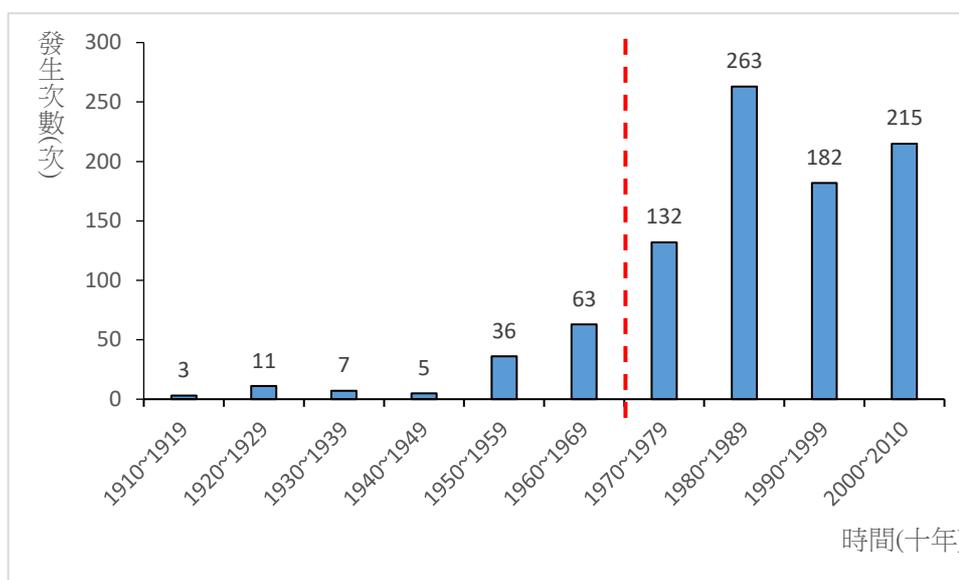
### (三)、資料處理

為了瞭解地震發生次數多寡的趨勢以及地震能量釋放的特性與週期，我們將所得數據轉換規模並加上能量之後，利用多種分組方法進行比較。

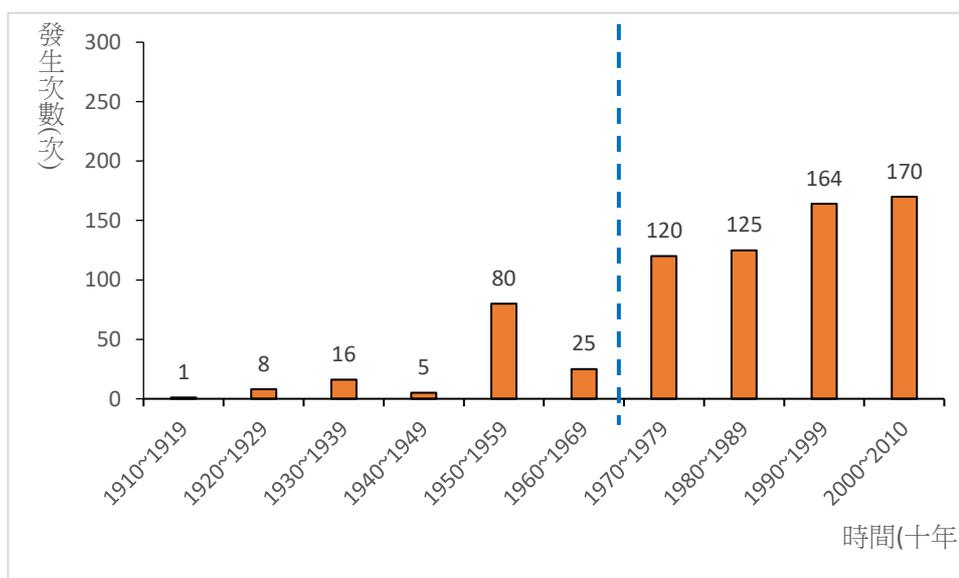
1. 統計每十年間，地震的次數多寡
2. 分析不同規模地震發生次數的週期與趨勢
3. 比較每十年間，地震釋放的總能量
4. 分析不同規模地震釋放能量的週期與趨勢
5. 統計地震釋放能量隨時間累積的狀況

## 四、研究結果與討論

### (一)、統計每十年間，地震的次數多寡



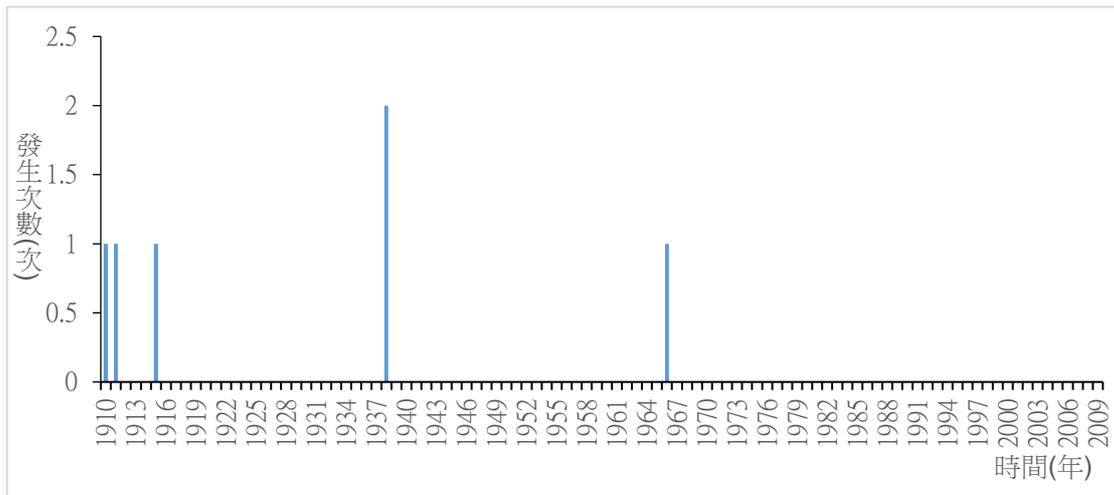
圖六 (a) 琉球系統地震次數統計圖



圖六 (b) 呂宋系統地震次數統計圖

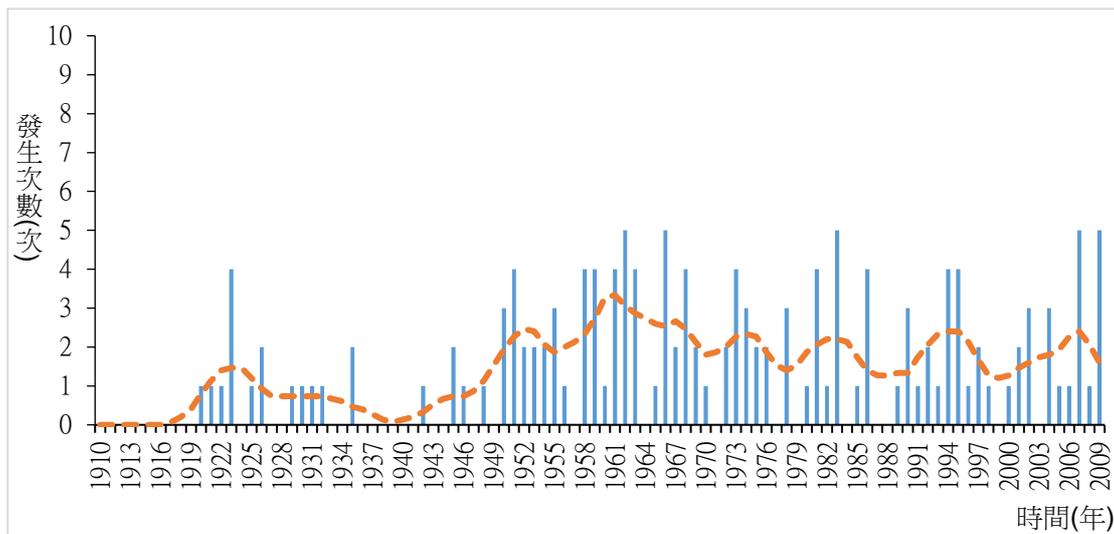
由圖六 (a-b) 發現，在 1970 年代後兩弧溝系統皆有顯著的上升，但在查詢全球主要紀錄地震的國際地震中心 (ISC, International Seismological Centre) 與 World-Wide Standardized Seismographic Network (WWSSN) 網頁之後得知。ISC 成立於 1964 年，WWSSN 成立於 1961 年，此後中型地震 (規模五) 數據的完整性才會完整建立。因此在 1970 年代後的上升趨勢為規模五地震的加入所導致。也因紀錄不完整，故接下來統計地震次數皆以規模六與規模七作分析。

(二)、分析不同規模地震發生次數的週期與趨勢



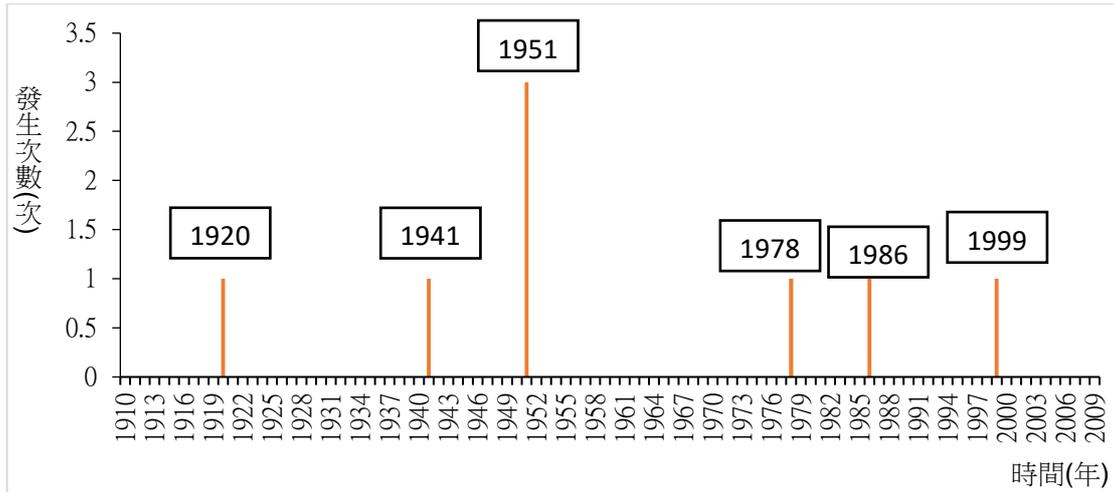
圖七 (a) 琉球系統規模七地震次數統計圖

由圖可知在過去 100 年間，琉球系統規模七地震發生的時間大約每 9.2 年會發生一次，若短時間內發生多次規模七地震，則具下一次規模七地震的時間較久。



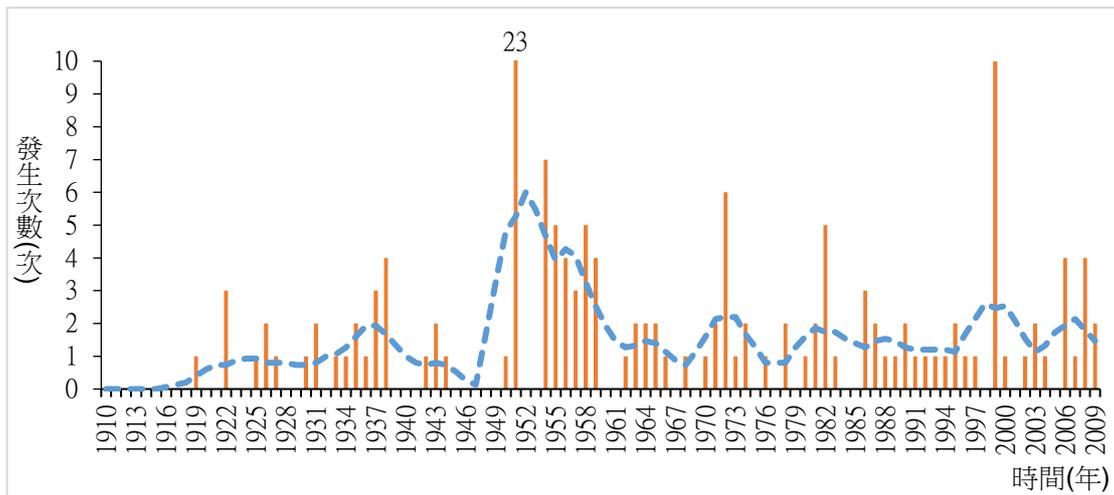
圖七 (b) 琉球系統規模六每年發生次數及 5 年移動平均統計圖

經由分析趨勢後將琉球弧溝系統分成三部分進行討論。第一部分，1918 年至 1940 年地震平均發生次數呈負成長。第二部分，1940 年至 1962 年，地震平均發生次數呈上升趨勢，且在 1962 年時達近 100 年來地震平均發生次數的峰值。第三部分，1963 年至 2010 年，地震平均次數緩降，且發生次數在小範圍內變動。



圖八 (a) 呂宋系統規模七地震次數統計圖

在過去 100 年中，呂宋系統規模七地震發生的時間大約為 11.3 年。同圖七 (a) 的敘述，若短時間內發生多次規模七地震，則距下一次規模七地震的時間較久。

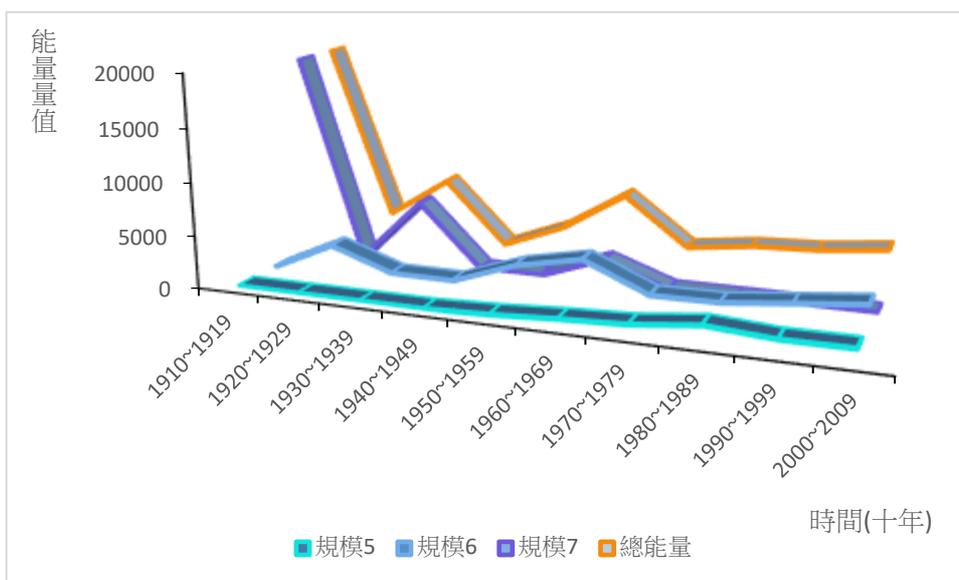


圖八 (b) 呂宋系統規模六地震發生次數及 5 年移動平均統計圖

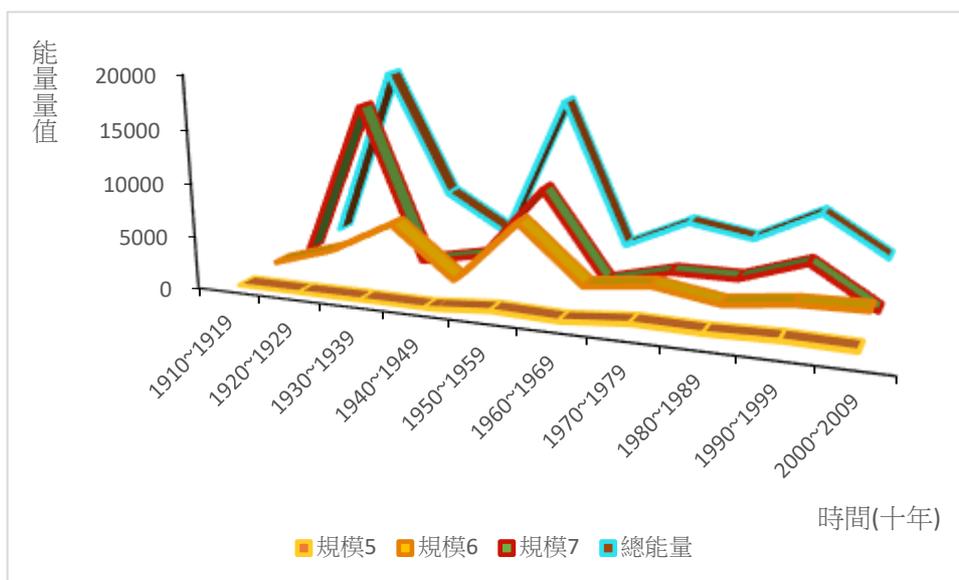
在 1951 年、1954 年、1972 年、1982 年以及 1999 年，發生大量規模六地震，經由比對規模七地震發生的年份（圖八-a）後，發現在 1951 年多數規模六地震為規模七地震所造成的餘震（中央氣象局地震預報中心，1951 年花東縱谷地震系列）。而 1999 年多數規模六地震也為規模七地震所造成的餘震（維基百科，921 大地震）。

若併入 1951 年與 1999 年規模六地震，統計 1910 年~2010 年來規模六地震大量發生的次數，平均週期為 12 年。

(三)、比較每十年間，地震釋放的總能量



圖九 (a) 琉球弧溝系統各規模總能量釋放統計圖

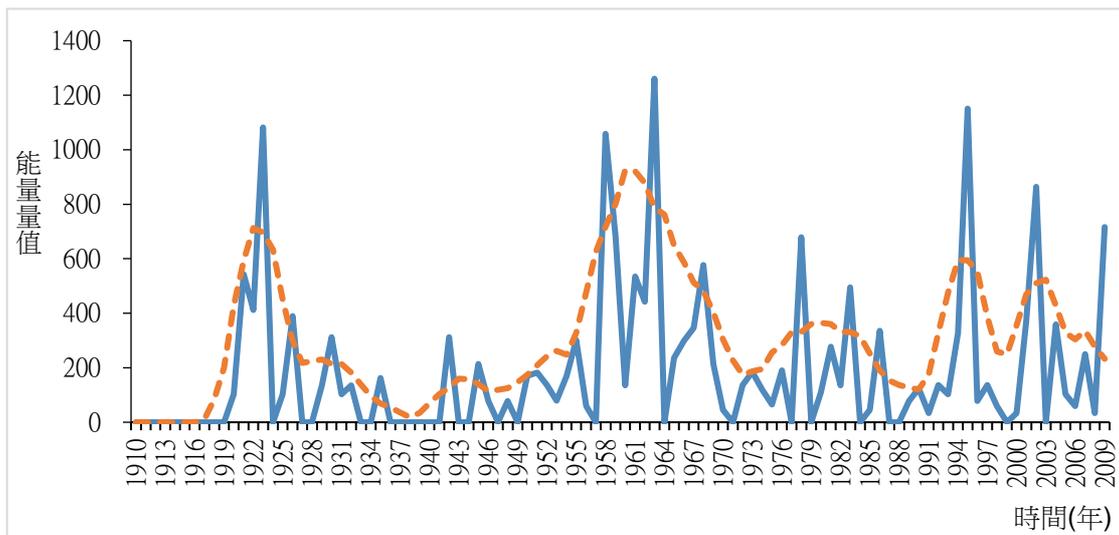


圖九 (b) 呂宋弧溝系統各規模總能量釋放統計圖

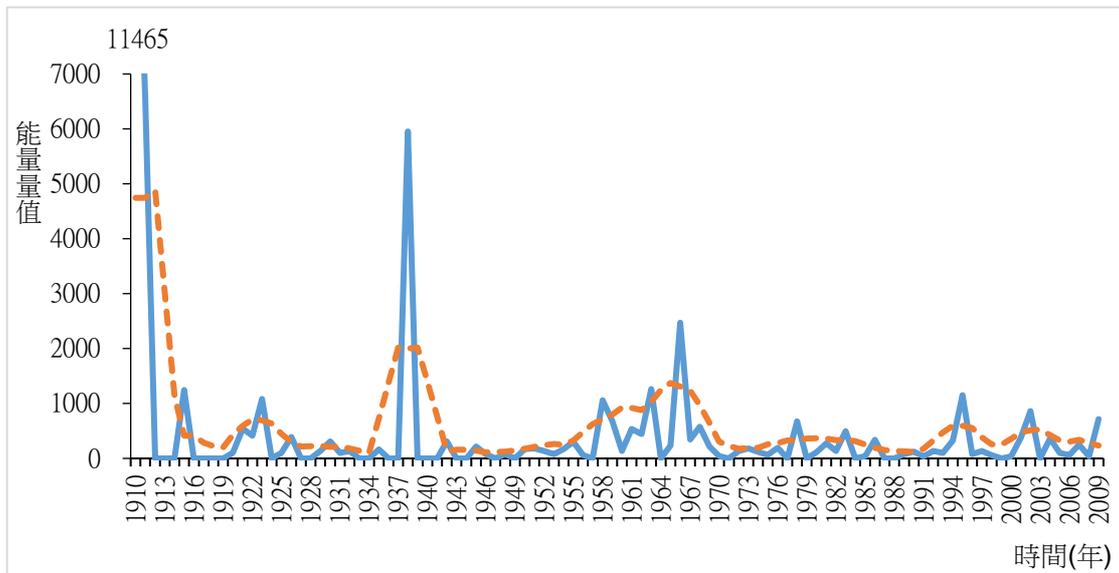
由圖九(a)看出在 1910 年代主要由規模七地震釋放能量，1920 年主要由規模六釋放能量，1930 年主要由規模七釋放能量，1960 年主要由規模六和規模七釋放能量；由圖九(b)看出在 1920 年代主要由規模七地震釋放能量，1950 年主要由規模六和規模七釋放能量，1990 年代主要由規模七地震釋放能量。

從圖九(a-b)可看出，規模五對於能量的貢獻較規模六及規模七小極多，故在接下統計地震能量釋放，也以規模六及規模七為主進行討論分析。

(四)、 分析不同規模地震釋放能量的週期與趨勢

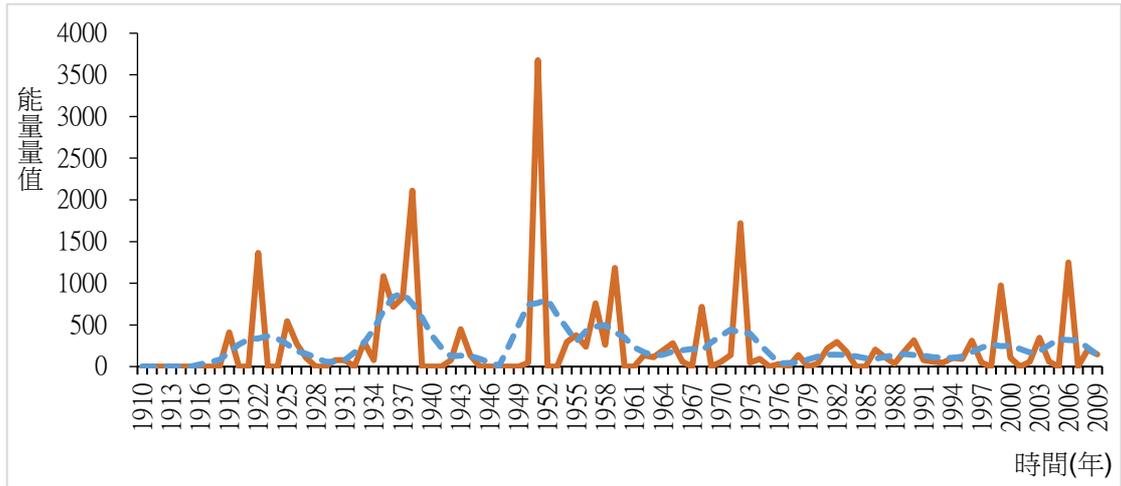


圖十 (a) 琉球系統規模六地震每年釋放能量及 5 年移動平均統計圖

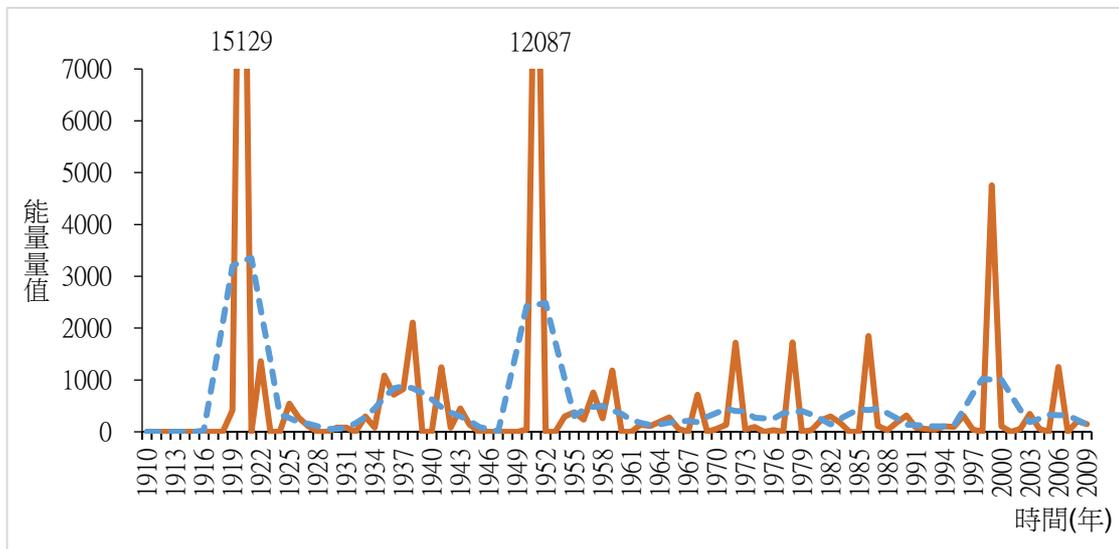


圖十 (b) 琉球系統規模六與規模七每年釋放能量及 5 年移動平均統計圖

經由分析圖十 (b) 後發現在 1912 年、1938 年、1964 年、1996 年與 2002 年間能量釋放較大，且平均週期大約為 30 年。此外，釋放較大能量的年份中，釋放的總能量也漸漸趨弱。



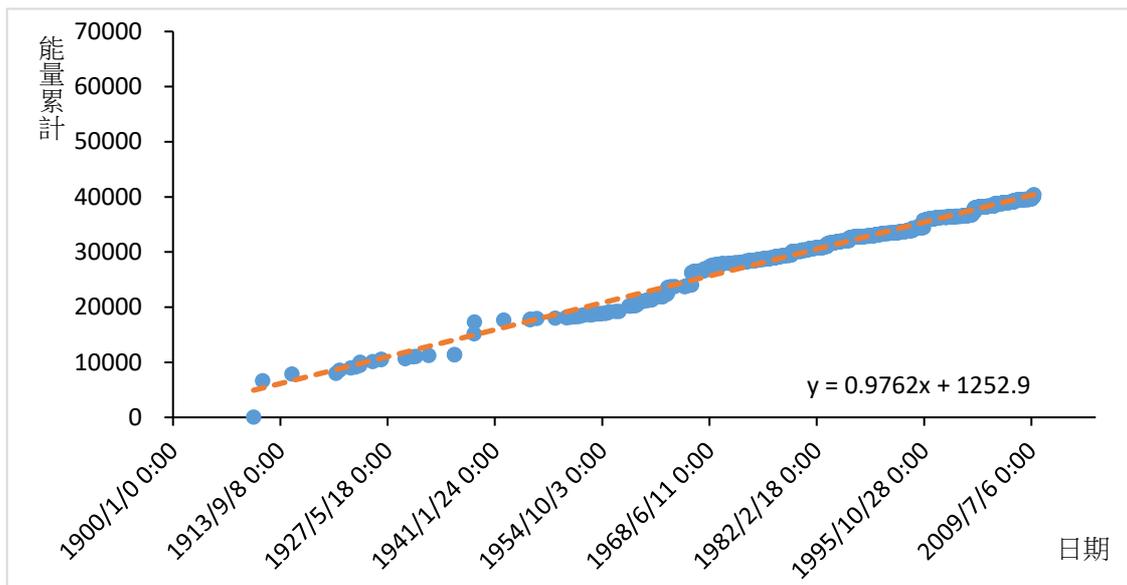
圖十 (c) 呂宋系統規模六每年釋放能量及 5 年移動平均統計圖



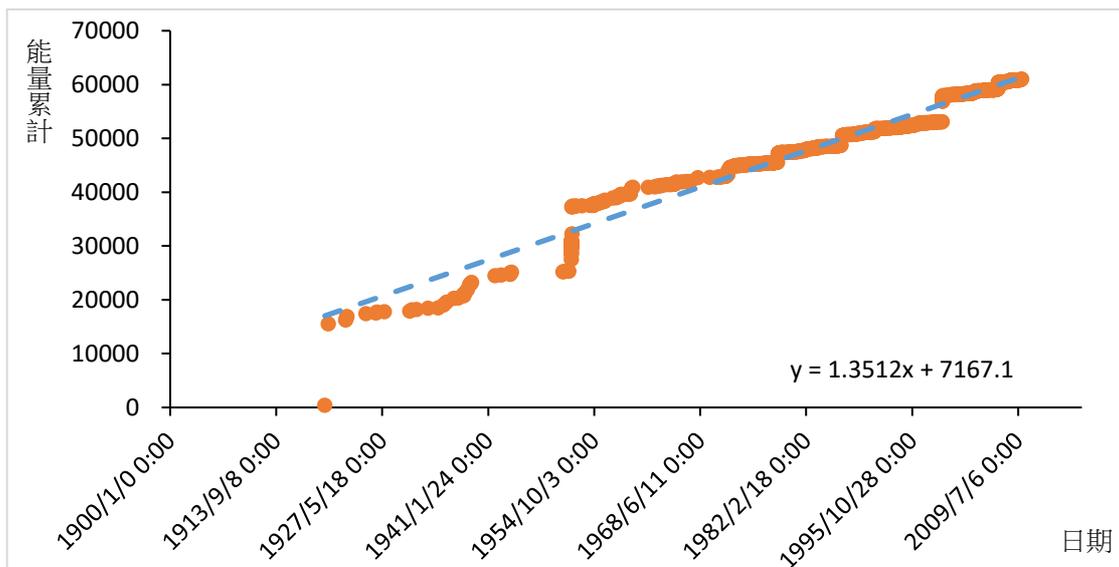
圖十 (d) 呂宋系統規模六與規模七每年釋放能量及 5 年移動平均統計圖

經由分析圖十 (d) 後發現在 1920 年、1939 年、1950 年、1958 年、1972 年、1978 年、1987 年、1999 年與 2002 年間，能量釋放較大，平均能量釋放週期約為 10 年。另外若前一次能量釋放高峰所釋放的能量特別大，則到下一次能量釋放高峰之間的時間較平均週期長。

(五)、分析不同規模地震釋放能量的週期與趨勢

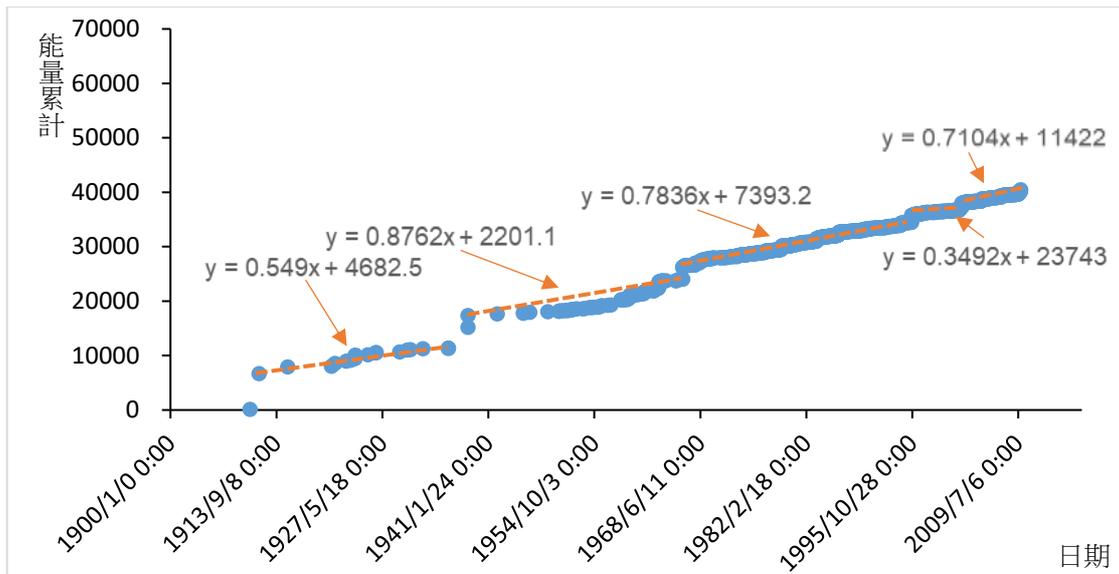


圖十一 (a) 琉球系統地震釋放能量累積圖

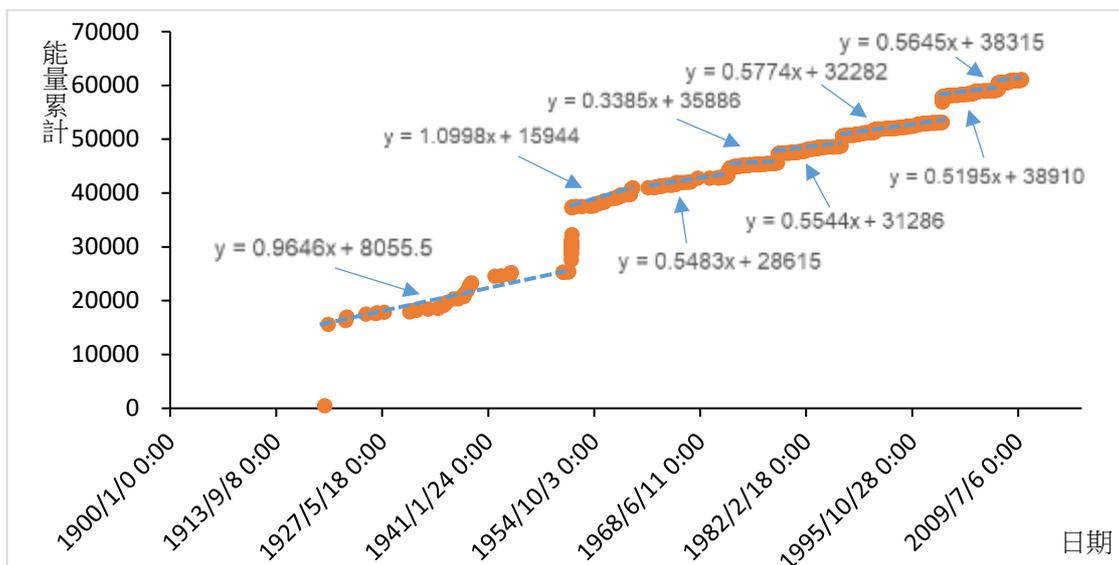


圖十一 (b) 呂宋系統地震釋放能量累積圖

由圖十一(a- b)可發現雖然琉球弧溝系統的地震次數較多，但由能量累積的統計上發現，反而是呂宋弧溝系統的釋放能量較多，是否反映出兩個弧溝系統地質構造不同，仍有待進一步研究。



圖十一 (c) 琉球系統地震釋放能量累積圖 (標有線方程式)



圖十一 (d) 呂宋系統地震釋放能量累積圖 (標有線方程式)

圖十一 (c-d) 以能量快速上升處為間隔，琉球系統分為 5 段，呂宋系統分為 8 段。在琉球系統中，第 2 段、第 3 段與第 5 段為高斜率 (斜率 $>0.6$ )，第 1 段、第 4 段為低斜率 (斜率 $<0.6$ )。在呂宋系統中，除第 1 段為高斜率外，其餘皆屬於低斜率。

從兩圖中發現，若由上一次大地震結束到下一次大地震發生，期間所釋放出來的累積能量斜率為高斜率，代表這段期間內，單位時間釋放的能量較多，則至下一次大地震的時間較晚。反之，若累積能量斜率為低斜率，則至下一次大地震的時間較早。

## 五、結論與應用

- (一)、 琉球系統規模六的地震發生次數與能量釋放目前在小範圍內變動。推測目前不用擔心會有地震次數或能量釋放突然增加的情形。
- (二)、 呂宋系統規模六地震次數大量發生的時間，經由比對之後，發現 1951 及 1999 年部分規模六地震為規模七地震發生後的餘震。若加入 1951 年及 1999 年規模六的地震，則大量發生規模六地震的平均週期大約為 12 年。
- (三)、 琉球系統能量大量釋放的週期大約為 30 年，且從過去 100 年來，數據中釋放大量能量的年份所放出的能量漸漸趨弱。
- (四)、 呂宋系統能量大量釋放的週期大約為 10 年，而若前一次能量高峰所釋放的能量特別大，則距下一次能量釋放高峰之間的時間較平均週期長，較符合時可預測型。
- (五)、 在這 100 年來，琉球系統的地震發生次數較呂宋系統多，但呂宋系統所釋放的能量卻較琉球多，是否為兩弧溝系統地質結構不同，還需深入研究。
- (六)、 由上一次大地震結束至下一次大地震發生，期間累積能量斜率為高斜率，則至下一次大地震的時間較晚。反之，若累積能量斜率為低斜率，則至下一次大地震的時間較早。

經由我們的結論，我們希望未來能夠將此項研究應用在預防地震上，並預測未來是否會出現大型地震或密集出現地震的情形，以提早進行預防對策。

## 六、參考文獻

- (一)、中央氣象局。何謂規模？、如何計算地震規模？以芮氏規模（ML）為例、地震規模與釋放能量的關係為何？、如何以地震規模區分地震之大小？。地震百問。<https://scweb.cwb.gov.tw/eq100/eq100-all.pdf>
- (二)、中央氣象局。1951 年花東縱谷地震系列。地震預報中心  
<https://scweb.cwb.gov.tw/zh-tw/page/disaster/13>
- (三)、維基百科（2019）。921 大地震。維基百科  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/921%E5%A4%A7%E5%9C%B0%E9%9C%87%E9%A4%98%E9%9C%87>
- (四)、維基百科（2017）。地震矩。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E9%9C%87%E7%9F%A9>
- (五)、維基百科（2018）。芮氏地震規模。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%87%8C%E6%B0%8F%E5%9C%B0%E9%9C%87%E8%A6%8F%E6%A8%A1>
- (六)、蒲新杰,郭鎧紋,何美儀,林正洪,呂佩玲（民 101）。以地震累積能量法探討全球地震發生之特性。氣象學報第 49 卷第 1 期。  
[http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/4901\\_web/49-1\\_forWeb-3.pdf](http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/4901_web/49-1_forWeb-3.pdf)
- (七)、陳柏瑋、張庭瑜（2015）。從地震能量及頻率探討台灣地區地震特性。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- (八)、鄭世楠、王子賓、林祖慰、江嘉豪。(2010)。台灣地區地震目錄的建置。清雲科技大學空間資訊與防災科技研究所、清雲科技大學空間資訊與防災研究中心與中央氣象局地震測報中心
- (九)、鄭世楠、王子賓、林祖慰、江嘉豪 (2011)，台灣地區地震目錄的建置（II）。清雲科技大學空間資訊與防災科技研究所、清雲科技大學空間資訊與防災研究中心與中央氣象局地震測報中心。
- (十)、饒瑞鈞（2002）。台灣的地震地體構造。臺灣之活動斷層與地震災害研討會。
- (十一)、Paul Voosen（2017）。Slushing of Earth's core may spike major earthquakes. Science. <http://www.sciencemag.org/news/2017/10/slushing-earth-s-core-may-spike-major-earthquakes>
- (十二)、United States Geological Survey.(2018)。Search Earthquake Catalog. Retrieved April 30, 2018, from Search Earthquake Catalog:  
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

## 【評語】 180010

地震是臺灣最主要的天然災害之一，這類研究課題的選擇本身就具有先天上的重要性，學術及實用性均佳。該研究彙整了 1910~2010 年間百年的強地震資料，針對琉球海溝及呂宋海溝兩個地區規模 6 以上的強地震，將地震規模換算為地震能量，進行統計整理分析，觀察兩個板塊邊界的弧溝系統在地震活動的趨勢上的特性。分析結果可以看出琉球海溝及呂宋海溝的地震活動在頻率、能量釋放、長期趨勢上都有明顯的差異，並且呂宋海溝的地震活動相對活躍甚多，非常具有意義，值得獎勵。如果在分析的過程中，取地震能量與地震次數的比值，也就是單位強震的能量值，配合長期趨勢的觀察，也可以得出另一層的意義。