

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

第一名

080503

大海發怒了-海嘯的成因與海底地形關係之研究

學校名稱：臺中市西區大同國民小學

作者： 小六 張子翊 小六 郭可馨 小六 蔡一妍	指導老師： 陳映均 鄭文福
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：海嘯、波浪、地震

得獎感言

海洋帶給我的科展回憶

這次科展主題是以我們一直都非常有興趣的「水體擾動」為發想，選擇了「海嘯」這個主題下去做實驗。這次的實驗也讓我們嘗試到很多不同的東西，例如我們用壓克力自製台灣海岸模型、自製海嘯起波器、用水泥灌模製作海底斷層。過程中遇到了許多困難，例如，一開始製作起波器支架的時候，我們是先用白膠稍為的固定住，結果因為白膠黏性不夠，所以要一直扶著他，後來用釘子固定的時候，支架還是會歪掉，最後才決定用 L 型固定器，才把起波器完成。而我們的實驗水缸又大又重，每次在結尾的時候都特別辛苦，要把水缸抬出去倒水，擦乾後，再抬進去，費了許多力氣。讓人印象深刻的是，在海底地形固定的時候我們也遇到了許多困難，剛開始用黏土固定，可是海浪太強，海底地形就會塌陷，後來我們使用兩片壓克力板垂直用熱熔膠來固定，並將海底地形用長尾夾來固定，這才解決了危機。

過程中最有趣的就是斷層灌模，我們自己用水泥，自己灌水泥，過程中也有人被珍珠板上的釘子刺到。好幾個月的實驗過程中，雖然途中有很多挫折，但是因為我們之間的信任和老師的支持，所以都一一撐過去了。而今年也是特別的一年，剛開始還會想比賽會不會取消？全國賽呢？幸好政府突破重重困難，照樣舉辦了第 60 屆全國科展，我們也放下了心中的大石頭，努力準備這次的比賽。但人數只有 3 個人，要報告的也比較多，要說最辛苦的應該就是報告吧！說了再改，改了再說，說了再改…經過不斷的改進，造就了一次完美的報告，雖然途中有失誤，但是我們的報告卻受到評審的青睞。我們報告完之後，評審竟然說：「你們的實驗很有趣！」。第二天，評審也說：「回答的很好！」，我聽了，心裡十分興奮，我們的努力不會白費的，果然，我們拿下了第一名，經過了長時間的實驗，一起解決問題，組員和老師的切磋及口頭練習全都化為了今日的成果。

獲得第一名的那刻，心裡五味雜陳，腦袋完全當機了，既開心，又覺得不可思議，因為之前參加第 59 屆科展時只獲得了鄉土教材獎，這一次突飛猛進的進步連老師也嚇一跳，頒獎典禮結束後，也記者來採訪，收穫滿滿，這次的驚喜，很榮幸可以和老師，還有我的組員們一起抱下了這個名次，也為我的國小生活畫下了美好的句點。



用水泥灌模製作海底斷層



自己製作起波器



得獎時的喜悅心情

摘要

我們的研究主要由「海嘯的形成原因」、「不同海底地形對海嘯的影響」、「日本與台灣地區的海底地形與海嘯發生的關係」這三面向進行探討。實驗中，我們發現斷層錯動情形與高度都會影響海嘯波的形成；不同水深會影響海嘯波前進的速度；不同的海底地形，也會影響波浪形成的高度。此外，海岸形狀部分，我們模擬峽灣地形，來瞭解不同的灣口夾角大小對波浪的行進或高度是否有影響。最後，我們藉由「Google Earth」，來觀察日本與台灣地區附近地海底地形，針對日本 311 大地震出現巨大海嘯的地點進行分析，以進一步實際模擬台灣海底地形發生海嘯時的情形，希望藉此了解發生大地震時，台灣附近海域出現巨大海嘯的可能性，並分析可能造成的影響及潛在危機。

壹、研究動機

2018 年 9 月 28 日年度尼西亞蘇拉威西島發生地震規模 7.5 的淺層地震，當局於地震 30 分鐘後，在帕盧海灣觀測到最大至 3 公尺的海嘯，在當地造成嚴重的傷亡。而台灣也常發生地震，再加上四面環海，如果真的發生海嘯且沒有防備，後果一定不堪設想，為了減少海嘯造成的傷害，我們決定模擬海嘯的形成原因，進一步了解海底地形與海嘯之間的關係。因此，我們進行以下一連串的實驗操作。

貳、研究目的

一、探討海嘯的形成原因

- (一) 模擬地殼變動形成海嘯。
- (二) 探討斷層類型與海嘯生成的關係
- (三) 探討斷層移動高度與波浪高度的關係。
- (四) 探討海水深度與波浪前進速度的關係。

二、不同海岸地形對海嘯的影響

- (一) 探討海底坡度與海嘯的關係。
- (二) 探討多樣化海底地形與海嘯的關係。
- (三) 探討不同海岸地形夾角與海嘯關係。

三、探討日本與台灣地區的海底地形與海嘯發生的關係

- (一) 日本附近海底地形與海嘯發生的分析(以311的地震為例)
- (二) 台灣地區海底地形與海嘯發生的探討分析
- (三) 模擬台灣各地區海底地形，探討海嘯發生的情形

參、研究設備與器材

實驗設備與器材



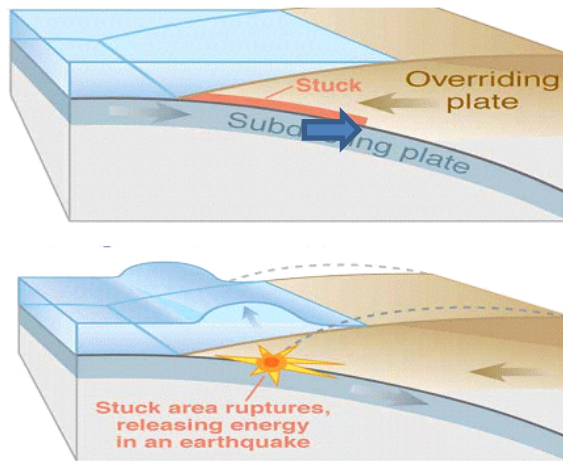
水缸(150cm×60cm×30cm)	透明片	滑輪
水泥塊	木條	棉線
快乾水泥	pp 板	木板
積木	油土	墨水
膠帶	釘子	鐵尺
攝影機	簽字筆	量角器
美工刀	線鋸	熱熔槍
掛勾	彈簧	塑膠墊板

肆、研究過程及方法

一、文獻探討

(一) 海嘯的成因

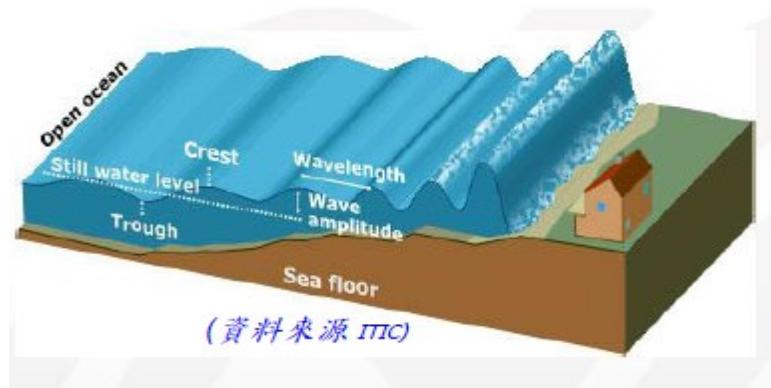
在地球上，海嘯最常發生的原因就是海底地震。根據中央氣象局資料，如果海底地震為淺層地震，亦即地震的震源深度在地表 35 公里以內，而地震規模 6.0 以上，就要警戒海嘯的發生。然而，地震就一定會引發海嘯嗎？這就要從海嘯引發的方式來探討，一般來說海嘯的產生必須有將海水做大規模的垂直方向擾動。而以地殼運動方式來說，可大約分成正斷層、逆斷層、與平移斷層。進一步細分還可以有正斷層與平移斷層的組合，以及逆斷層與平移斷層的組合。其中只有正斷層與逆斷層會造成地表的垂直位移。所以單純就平移斷層而言是無法引發海嘯。至於組合式斷層則端視其正、逆斷層所佔之比例而定。比例越大，垂直位移就越大，則海嘯發生的機會就越大。而無論海平面在地震發生時陷落或是抬昇，地球的重力場都會想要將海水面拉回到原本平順的樣子。以較專業的術語來說，就是由於海水面有擾動，不同的水位高度就會產生壓力差，而這壓力差就會使波浪（或是海嘯）往四周傳播。既然造成傳播最主要的驅動力為重力，海嘯波又被稱為重力波。



(資料來源：<http://tsunami.ihs.ncu.edu.tw/tsunami/tsunami.htm>)

(二) 海嘯的傳播

海嘯波屬於淺水波的一種，淺水波不是水很淺的意思，意思是波長比水深大很多，所以水深相對於波長就顯得很淺。而在開闊的大洋中，海嘯的波長大約為 400~500 公里，而波高只有數公分至數十公分，因此於海上時完全感受不到海嘯之威力。但接近海岸時，海水深度變淺，傳播速度變慢，海嘯的波長變短，波高遽增。當傳播至近岸時，遽然形成水牆衝向海岸。海嘯是隨海洋深度曲折前進，經過淺海部分能量產生折射作用，通過後傳遞的能量減弱。在開闊的大洋中，海嘯波長很長，經過深海途中不容易減弱，能量可以傳遞很遠。其中三種情形會造成海嘯的波高提升：(1)不整齊的海岸地形：如深 V 字形海灣內，容易造成海嘯能量集中，使波高升高。(2)共振效應：港灣週期與海嘯週期相互加乘。(3)反覆現象：有時第二個或第三個到達的海嘯波才是最大的海嘯。



二、模擬地殼變動形成海嘯

【做法一】運用彈力產生海嘯

(一) 實驗步驟

- 1.製作起波器：將 4 個壓力彈簧用熱熔槍黏貼於 2 片塑膠墊板中間。
- 2.在水缸內注水至 15 公分高。
- 3.使用長尾夾將起波器固定於水缸一端後，壓下一邊墊板使其產生回彈力。
- 4.放開墊板，墊板彈至原位，進而產生水波。

(二) 實驗結果

- 1.水的力量過大，在按壓彈簧時相當吃力。
- 2.如需增加水波的大小，必須再增加彈簧的彈力係數，以人力無法進行按壓。
- 3.彈簧會使墊板前後晃動，無法製造出穩定的波形。

【作法二】模擬板塊產生海嘯

(一) 實驗步驟

- 1.製造起波器：我們利用 75 公分四條、38 公分兩條的木條、四個滑輪、兩個磚塊和兩條棉線來製作。(起波器是利用板塊位移的原理來產生海嘯)
- 2.在水槽中裝入高 20 公分的水，並加入紅色墨水。(以便觀察)
- 3.在透明片上畫上間距一公分的方格。(以便測量)
- 4.我們將綁著磚頭的棉線掛上滑輪，用手拉動棉線，棉線帶動磚塊，形成板塊位移，造成波浪。



(二) 實驗結果

- 1.拉動磚塊確實模擬地殼移動的情形，可以了解斷層錯動確實會引發海嘯。

2.使用自製起波器可以成功製造海嘯波。在拉動磚塊的同時，可以看見模擬海岸的一端，先產生海水後退的情形，接著發生穩定的波浪。

(三) 實驗改良

進一步利用珍珠板製作斷層水泥模具，以快乾水泥灌模塑形，實際製成海底斷層模型，以研究正斷層、逆斷層和組合斷層與海嘯生成的關係。



伍、研究結果與討論

【實驗一】 探討斷層移動高度與波浪高度的關係

(一) 實驗步驟

- 1.我們將2塊磚塊以透明膠帶纏繞固定，並用尼龍繩纏繞捆起，使用自製起波器製作出移動的斷層。
- 2.在水槽中注入高15 公分的自來水，並用紅墨水染色以方便觀察。
- 3.缸壁一面將多張A4透明片以每隔1公分繪製網格線，黏貼以測量波浪的高度。另一側的缸壁外黏貼白紙以利觀察。
- 4.將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
- 5.分別將磚塊拉至距離水底2公分、6 公分、10公分、14公分等高度，紀錄水退的最低位置和第一波波浪到達水位高度。

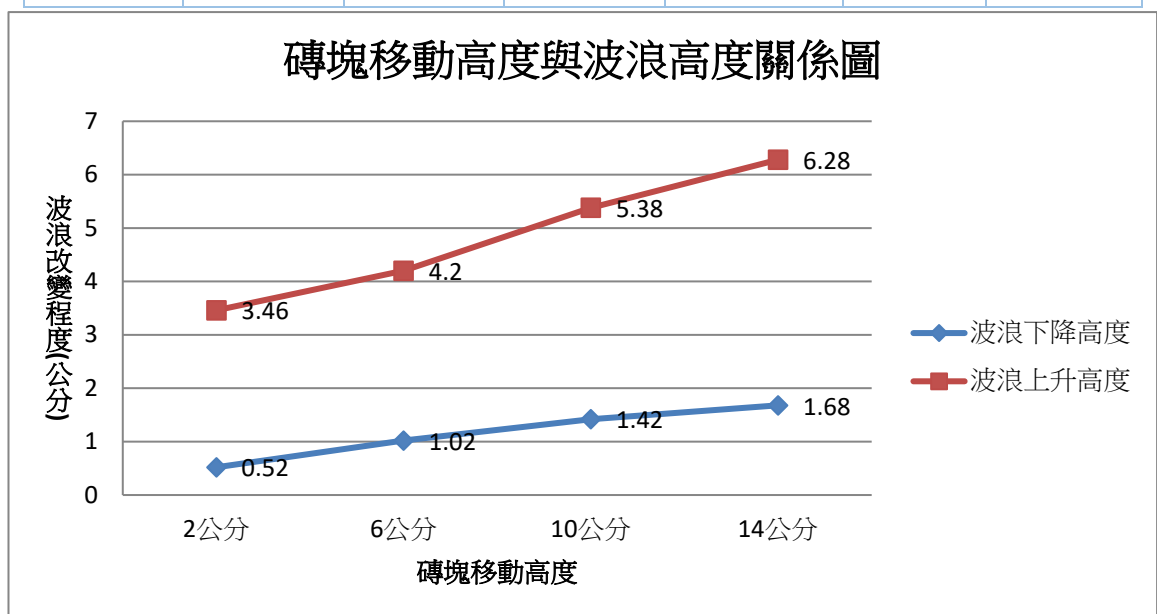
(二) 實驗結果

1.波浪下降高度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2公分	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4	0.52
6公分	1.2	0.9	1.0	1.1	0.9	1.02
10公分	1.4	1.5	1.5	1.5	1.2	1.42
14公分	1.6	1.5	1.8	1.7	1.8	1.68

2.波浪上升高度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2公分	3.5	3.4	3.5	3.5	3.4	3.46
6公分	4.2	4.3	4.1	4.2	4.2	4.2
10公分	5.4	5.5	5.4	5.3	5.3	5.38
14公分	6.2	6.3	6.2	6.4	6.3	6.28



(三) 研究討論

- 1.由實驗結果可以發現，磚塊拉動的高度越高，所形成的波浪也越高。
- 2.在拉動磚塊時，可以看見模擬海岸的一端，先產生海水後退的情形。
- 3.波浪下降高度較小，第一波波浪上升高度。

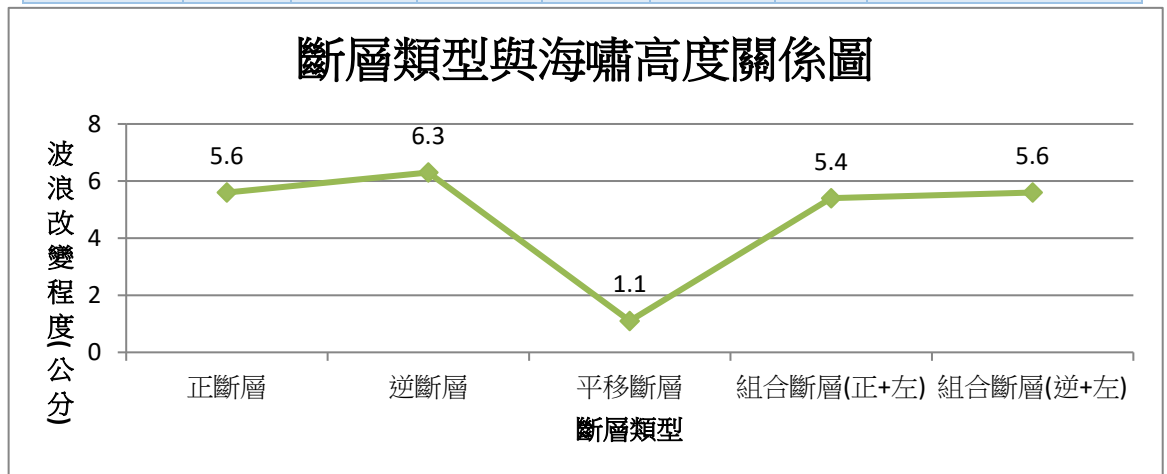
【實驗二】 探討斷層類型與海嘯生成的關係

(一) 實驗步驟

- 1.我們將海底斷層模型，並用尼龍繩纏繞捆起，使用自製起波器製作出移動的正斷層、逆斷層和組合斷層。
- 2.於水缸內依次注入高20公分的水，固定拉動至距離水底10公分處來產生波浪。
- 3.將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
- 4.紀錄波浪高度。

(二) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	備註
正斷層	5.8	5.6	5.5	5.5	5.8	5.6	震源附近海平面的陷落
逆斷層	6.4	6.3	6.2	6.4	6.4	6.3	震源附近海平面的抬昇
平移斷層	1.5	1.0	0.8	1.2	1.1	1.1	未有明顯得海嘯波
組合斷層 (逆+右)	5.3	5.4	5.4	5.5	5.6	5.4	右側海嘯波顯抵達且右側波高較高
組合斷層 (逆+左)	5.6	5.4	5.5	5.8	5.8	5.6	左側海嘯波顯抵達且左側波高較高



(三)研究討論：

1. 正斷層發生的過程中，會將海水面向下拉扯，造成在震源附近海平面的陷落；逆斷層則正好相反，逆斷層會造成在震源附近海平面的抬昇。
2. 平移斷層未有明顯得海嘯波產生。
3. 組合型斷層發生時，平移位置會影響海嘯波抵達的時間和高度，舉例來說：右移型逆斷層，右側海嘯波顯抵達且右側波高較高。

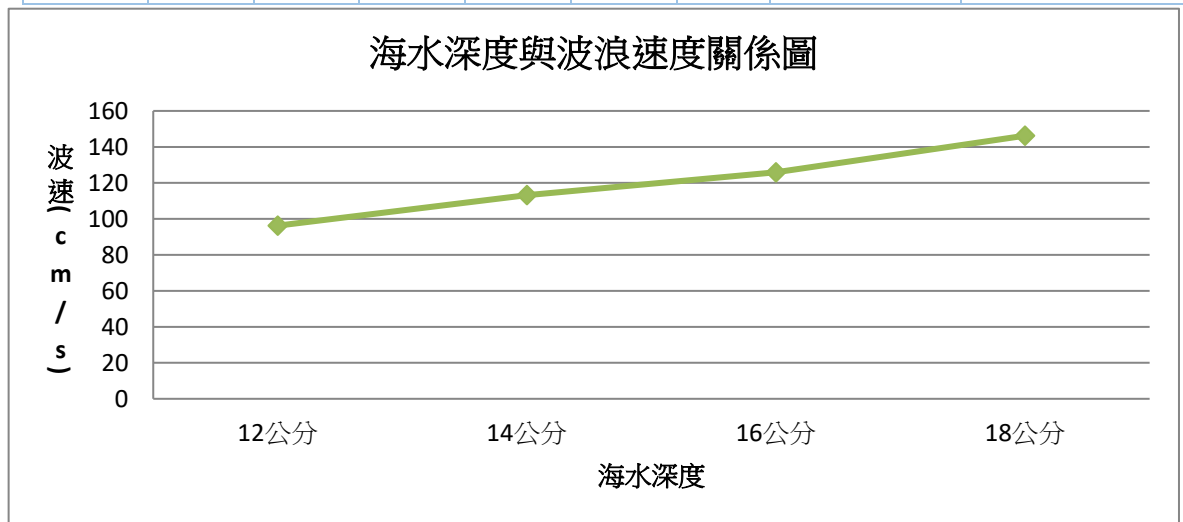
【實驗三】 探討海水深度與波浪前進速度的關係

(一)實驗步驟

- 5.我們將2塊磚塊以透明膠帶纏繞固定，並用尼龍繩纏繞捆起，使用自製起波器製作出移動的斷層。
- 6.於水缸內依次注入高12公分、14公分、16公分、20公分的水，固定拉動至距離水底10公分處來產生波浪。
- 7.將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
- 8.利用電腦影片剪輯軟體，記錄波浪行進所花費的時間，當波浪經過垂直線時，開始計算，到達水槽另一端時則停止計算，觀察波浪所花費之影格數。

(二)實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	換算時間(s)	波速(cm/s)
12公分	36	40	38	38	35	37.4	1.25	96.25
14公分	31	32	31	33	32	31.8	1.06	113.21
16公分	29	28	30	28	28	28.6	0.95	125.87
18公分	25	24	25	25	24	24.6	0.82	146.24



(三)研究討論：

由實驗結果發現，水深越深，波浪前進的速度就越快，水深越淺，波浪前進的速度就越慢。

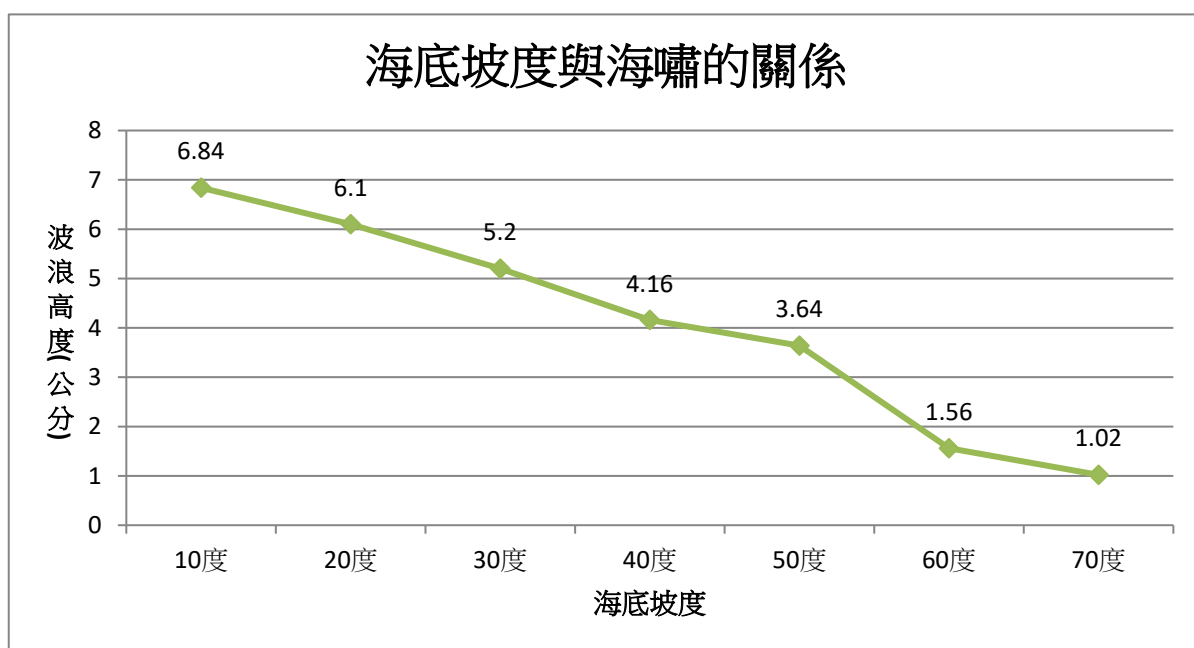
【實驗四】 探討海底坡度與海嘯的關係

(一) 實驗步驟

- 1.我們將2塊磚塊以透明膠帶纏繞固定，並用尼龍繩纏繞捆起，使用自製起波器製作出移動的斷層。
- 2.於水缸內依次注入15公分的水，固定拉動至距離水底10公分處來產生波浪。
- 3.把一塊大木板切割為長60cm、寬29cm，作為海底鞋面。
- 4.於距離斷層錯動70公分處，繪製一條垂直線，作為海底斜坡的入水線。將海底斜面分別傾斜20度、30度、40度、50度、60度、70度，觀察海底坡度與浪高之關係。
- 5.將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
- 6.紀錄波浪高度。

(二) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10度 (海底斜坡 61 公分)	6.7	6.8	7	6.8	6.9	6.84
20度 (海底斜坡 56 公分)	6.1	5.8	6.2	5.9	6.5	6.1
30度 (海底斜坡 51 公分)	5.2	5.5	5	5.1	5.2	5.2
40度 (海底斜坡 45 公分)	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.16
50度 (海底斜坡 38 公分)	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.64
60度 (海底斜坡 30 公分)	1.8	1.5	1.6	1.5	1.4	1.56
70度 (海底斜坡 20 公分)	0.9	1.1	1	0.9	1.2	1.02



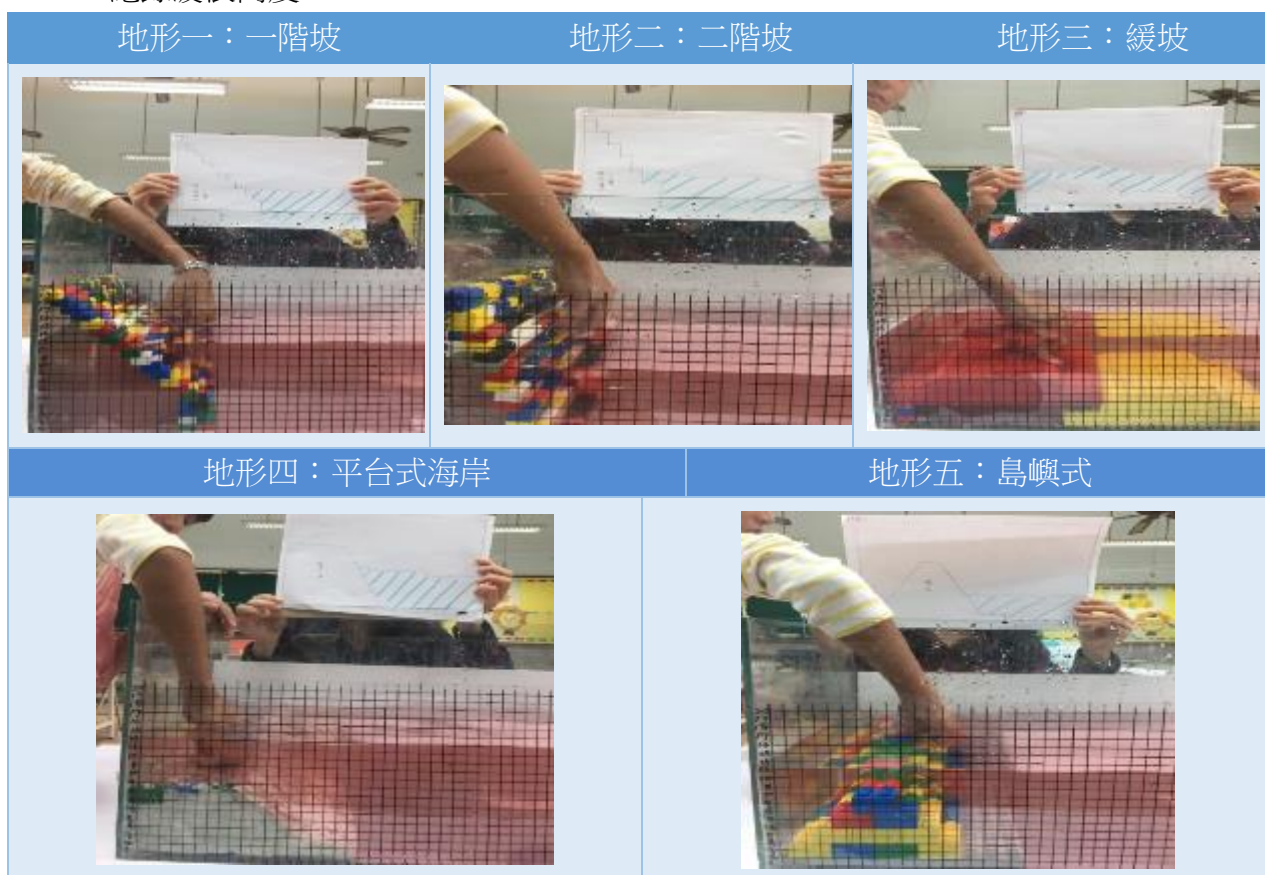
(三)研究討論

- 1.由實驗中我們發現海底斜坡長度越長，也就是斜坡坡度越小，所形成的波浪高度就越高。
- 2.我們觀察錄製的影片後發現，海嘯的形成原因是由於接近陸地時水深漸漸變淺，導致先頭的波浪速度變慢，而後面水深較深的波浪速度較快，追上了前面的波浪，因此波浪就疊加上去形成水牆，如果海底斜坡長度越長，也就是斜坡坡度越小，那從後面追上的波浪量也就越多，疊加的水量也隨之增多，因而使海嘯的水牆高度變得更高了。

【實驗五】 探討多樣化海岸地形與海嘯的關係

(一)實驗步驟

1. 將地形設計稿畫出來。(有 5 種)
2. 把畫出來的地形利用積木、油土做出來，再用透明膠帶包起來。
3. 使用自製起波器製作出移動的斷層。
4. 於水缸內依次注入 15 公分的水，固定拉動至距離水底 10 公分處來產生波浪。
5. 將攝影機架於距水缸 30 公分處拍攝，拍攝後影像使用 iMovie 軟體逐一檢視影格，進行分析。
6. 紀錄波浪高度。

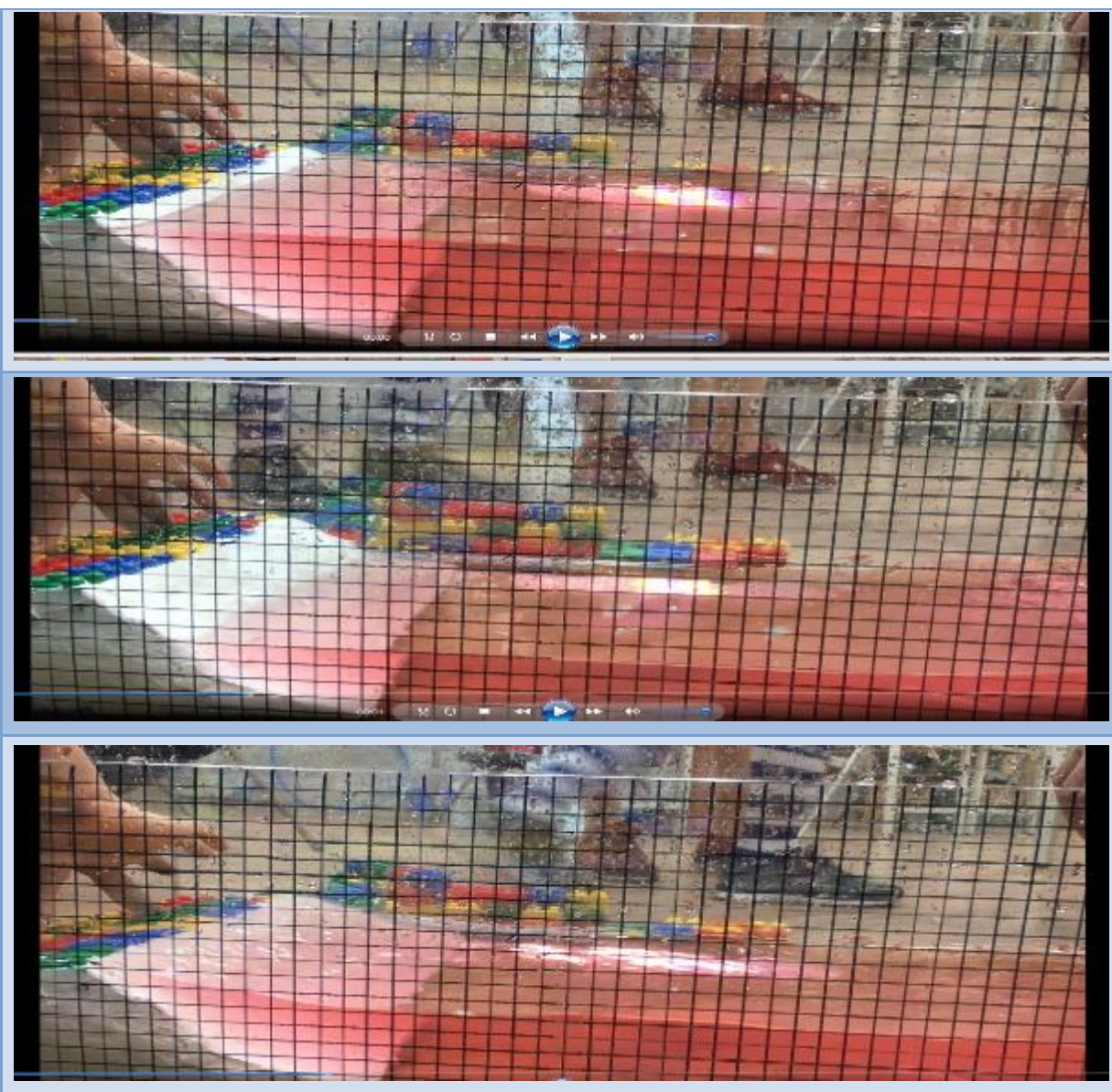


(二)實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
一階坡	3.2	3.4	3.3	3.1	3.1	3.22
二階坡	2.7	2.5	2.3	2.2	2.2	2.38
緩坡	5.8	5.6	5.7	5.4	5.6	5.62
河階式	3.8	3.7	4.1	3.8	3.8	3.84
島嶼式	2.5	2.6	2.5	2.7	2.7	2.60

(三)研究討論

- 1.運用積木模擬實際海岸地形可以發現，越平緩的地形越容易產生較高的波；越陡的形較不容易產生海嘯。此實驗結果與前一個海底坡度的實驗相符。
- 2.模擬海岸地形隨著接近岸邊有規律的趨緩，波浪會隨著波速的改變而有加成的作用，產生地波浪高度較高。
- 3.模擬海岸地形有不規律的高低起伏，可以減緩產生的海嘯高度。
- 4.希望可以進一步運用 3D 列印的方式，實際繪製出海岸地形增加實驗的準確性。



【實驗六】 峽灣地形與海嘯的關係

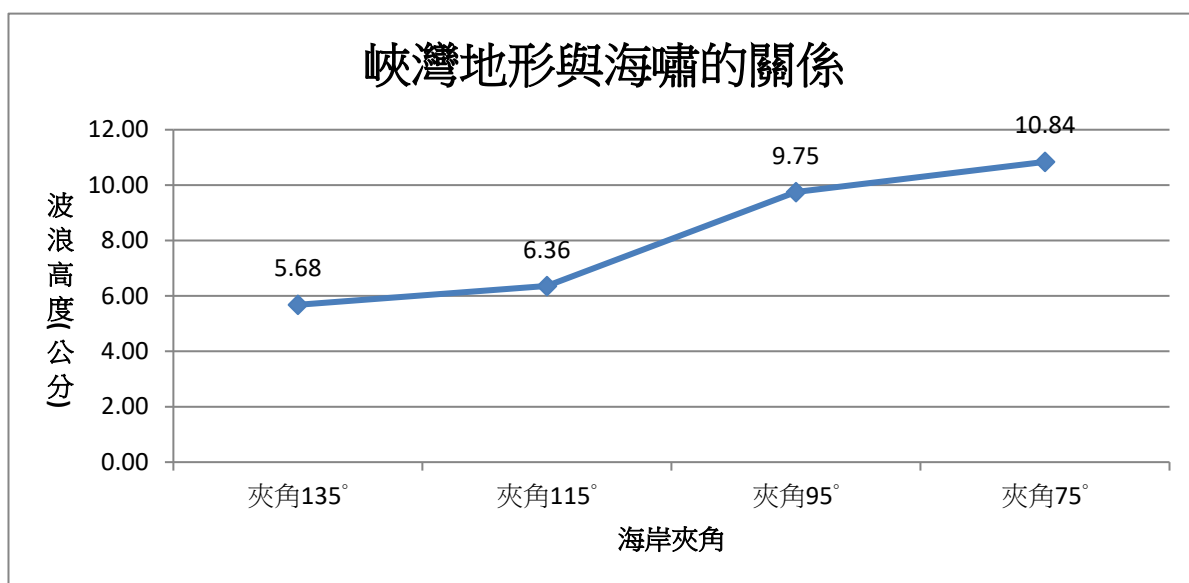
(一) 實驗步驟

- 1.以PP板為材料，製作夾角75度、95度、115度、135度等四種角度的V形谷地，分別放置於水槽一端。
- 2.在pp板上畫上水位刻度，以觀察水位高度。
- 3.使用自製起波器製作出移動的斷層。
- 4.於水缸內依次注入15公分的水，固定拉動至距離水底10公分處來產生波浪。
- 5.將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
- 6.紀錄波浪高度。

(二) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	倍數
夾角135°	5.7	5.65	5.65	5.7	5.7	5.68	1.06
夾角115°	6.3	6.4	6.35	6.34	6.4	6.36	1.18
夾角95°	9.8	9.8	9.7	9.75	9.7	9.75	1.81
夾角75°	10.8	10.9	10.9	10.8	10.8	10.84	2.01

※倍數是以實驗一中水深 15cm，固定拉動至距離水底 10 公分，水槽壁(夾角 180 度)的波浪高度 5.38cm 為基礎值做比較。



(三) 研究討論

- 1.由實驗中，我們發現V形谷地的夾角越小，波浪的高度也就越高。
- 2.當V形谷角度小於95度時，它的水位變化明顯變大很多，夾角95度的峽谷會將波浪高度增幅到1.81倍，夾角75度的峽谷甚至會將波浪高度增幅到2.01倍。

【實驗七】 日本附近海底地形與海嘯發生的探討分析。

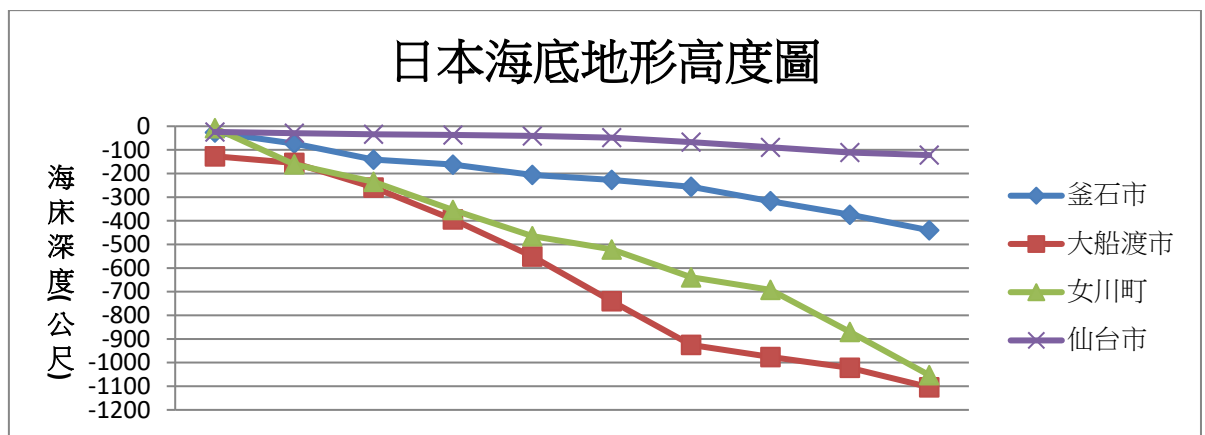
2011 年 3 月 11 日，日本當地時間 14 時 46 分，日本東北部海域發生裏氏 9.0 級地震並引發海嘯，造成重大人員傷亡和財產損失。地震震中位于宮城縣以東太平洋海域，震源深度海下 10 千米。根據報導指出，位於岩手縣大船渡市、釜石市和宮城縣女川町、仙台市都有海嘯發生，造成當地非常嚴重的傷亡於損失。因此，我們希望透過研究 311 地震發生海嘯地區的海底地形和灣口形狀分析，了解海地地形與海嘯發生的關係。

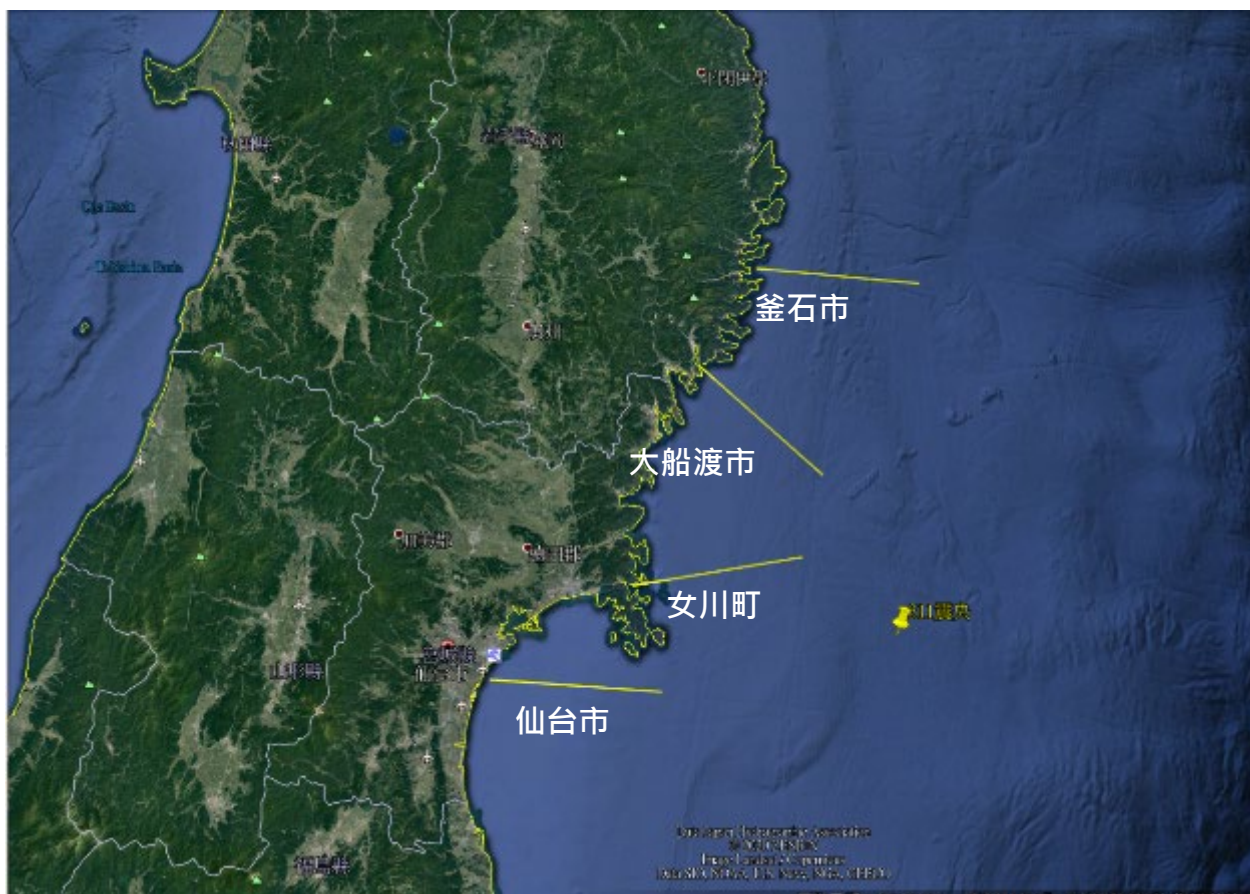
(一) 實驗步驟

1. 利用電腦軟體「Google Earth」來觀察日本附近海域海底地形的變化。
2. 在日本震央附近，我們選擇大岩手縣大船渡市、釜石市和宮城縣女川町、仙台市這四個在報導中出現巨大海嘯地方，利用「Google Earth」來觀察這四個地方以東 50 公里的海底地形的變化，並試著找出造成巨大海嘯的原因。

(二) 實驗結果

釜石市		大船渡市		女川町		仙台市	
5km	-26	5km	-127	5km	-8	5km	-24
10 km	-73	10 km	-155	10 km	-161	10 km	-29
15 km	-141	15 km	-259	15 km	-235	15 km	-34
20 km	-162	20 km	-394	20 km	-354	20 km	-37
25 km	-206	25 km	-551	25 km	-465	25 km	-41
30 km	-227	30 km	-740	30 km	-521	30 km	-48
35 km	-256	35 km	-925	35 km	-639	35 km	-67
40 km	-317	40 km	-976	40 km	-692	40 km	-89
45 km	-374	45 km	-1022	45 km	-870	45 km	-111
50 km	-440	50 km	-1104	50 km	-1053	50 km	-122





(三) 研究討論

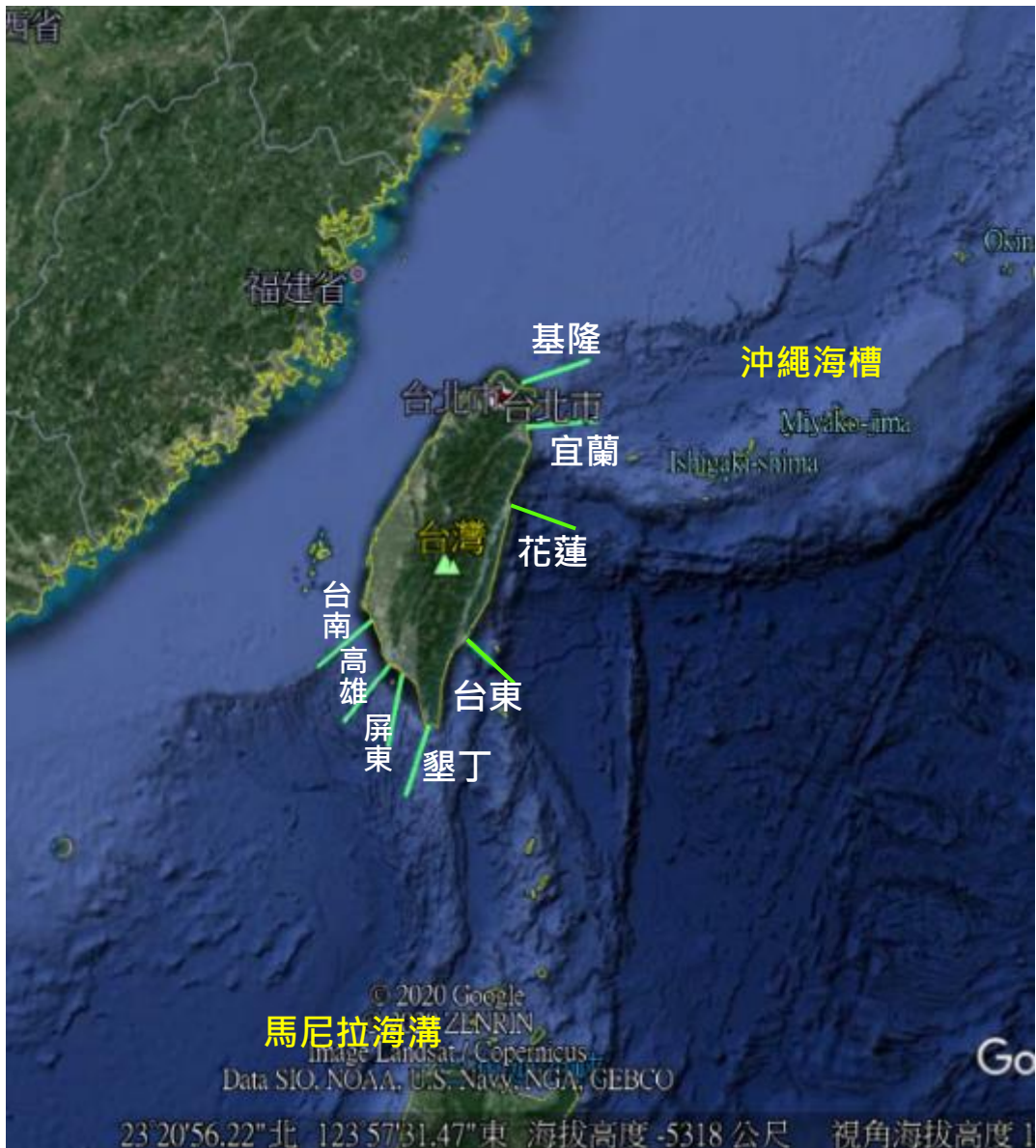
- 1.由海床高度資料中我們發現，發生海嘯的海底地形有些許的不同，仙台市與釜石市兩地海底地形比較平緩，由實驗結果推估，當海嘯來臨時，這兩個地方接近岸邊水深變淺，底床效應造成海嘯波隨地形被抬起，海嘯波減速，後方的海嘯累積上來，造成整個海嘯波高增高，因而形成浪高很高的海嘯。
- 2.大船渡市與女川町這兩個地方，海底深度比較深，且沒有較為平緩的地方，理論上應該不會形成很大的海嘯，但在海嘯資料顯示這兩個地區海嘯高度很高。所以我們進一步研究灣口形狀，從Google Earth所看到的圖片中，我們發現大船渡市與女川町的灣口狹小。由上面的實驗結果推估，雖這兩個地區的海岸坡度較陡，但屬於狹窄型的灣口，所以當海嘯來襲時，會造成加乘效應形成滔天巨浪。
- 3.透過過去海嘯資料(311地震海嘯資料)、Google Earth地形資料與實驗結果相互驗證，我們確實發現海地地形與灣口形狀確實會影響海嘯的發生。

【實驗八】 台灣海底地形與海嘯發生的探討分析

我們從台灣的海嘯歷史資料中發現，琉球海溝、馬尼拉海溝附近的斷層錯動都有引發海嘯侵襲台灣的紀錄。近年來，台灣地區發生多起 6 級以上的強震，雖未造成海嘯的威脅，但仍需防患未然。因此，我們利用「Google Earth」針對台灣東部與西部的海床地形進行分析，希望進一步了解當琉球海溝、馬尼拉海溝附近斷層錯動時，哪些地區容易有具威脅性的海嘯發生。

(一) 實驗步驟

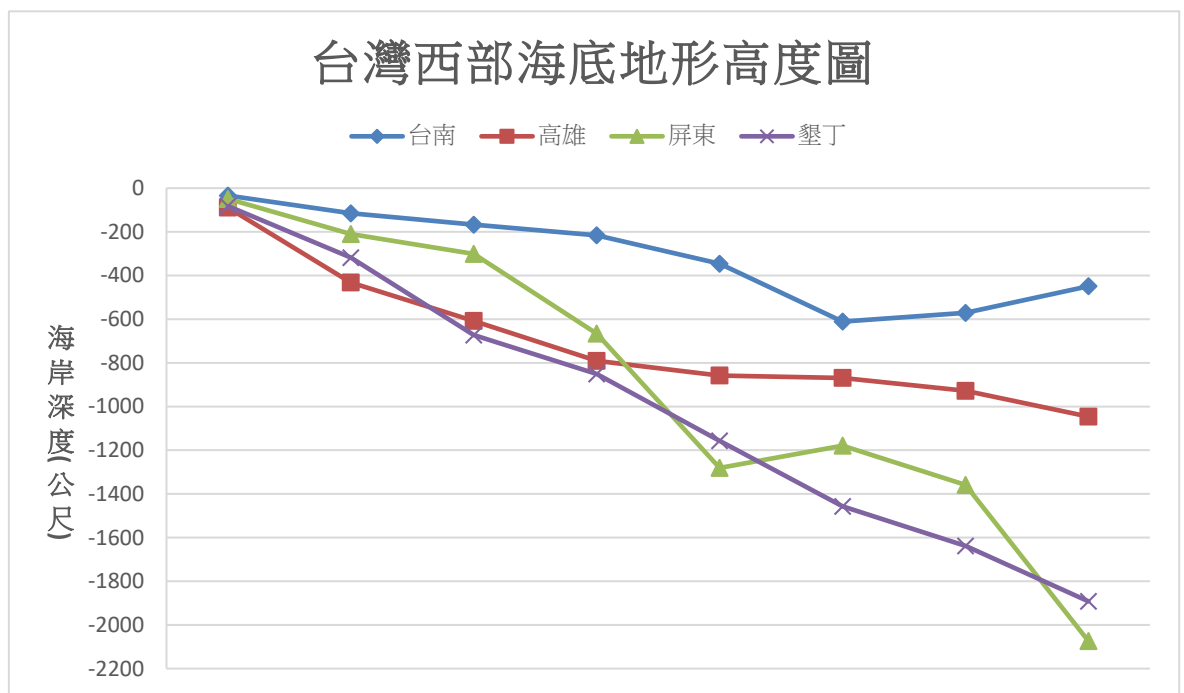
1. 利用「Google Earth」來觀察台灣附近海域海底地形的變化。
2. 台灣東部靠近琉球海溝，所以我們在台灣東部選擇基隆、宜蘭、花蓮、台東四個地方，利用「Google Earth」來觀察這三個地方以東 80 公里的海底地形的變化。
3. 台灣西南部因靠近琉球海溝，所以我們選擇台灣西南部台南、高雄、屏東、墾丁四個地方，利用「Google Earth」來觀察這四個地方以南 80 公里的海底地形的變化。
4. 探討若台灣附近發生大地震，這些地區是否容易有巨大海嘯的發生。



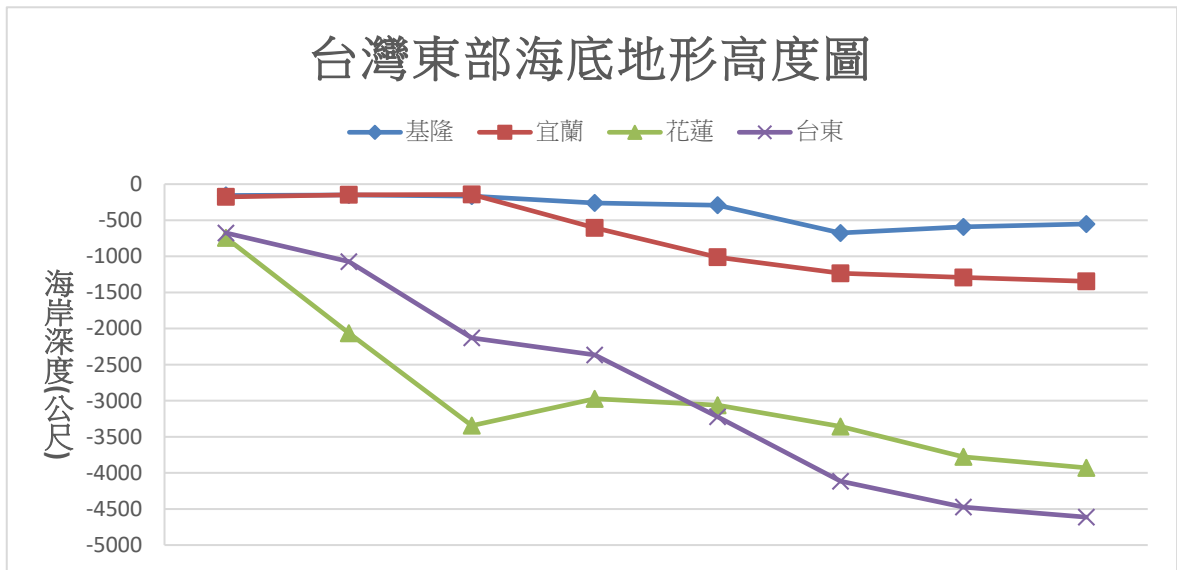
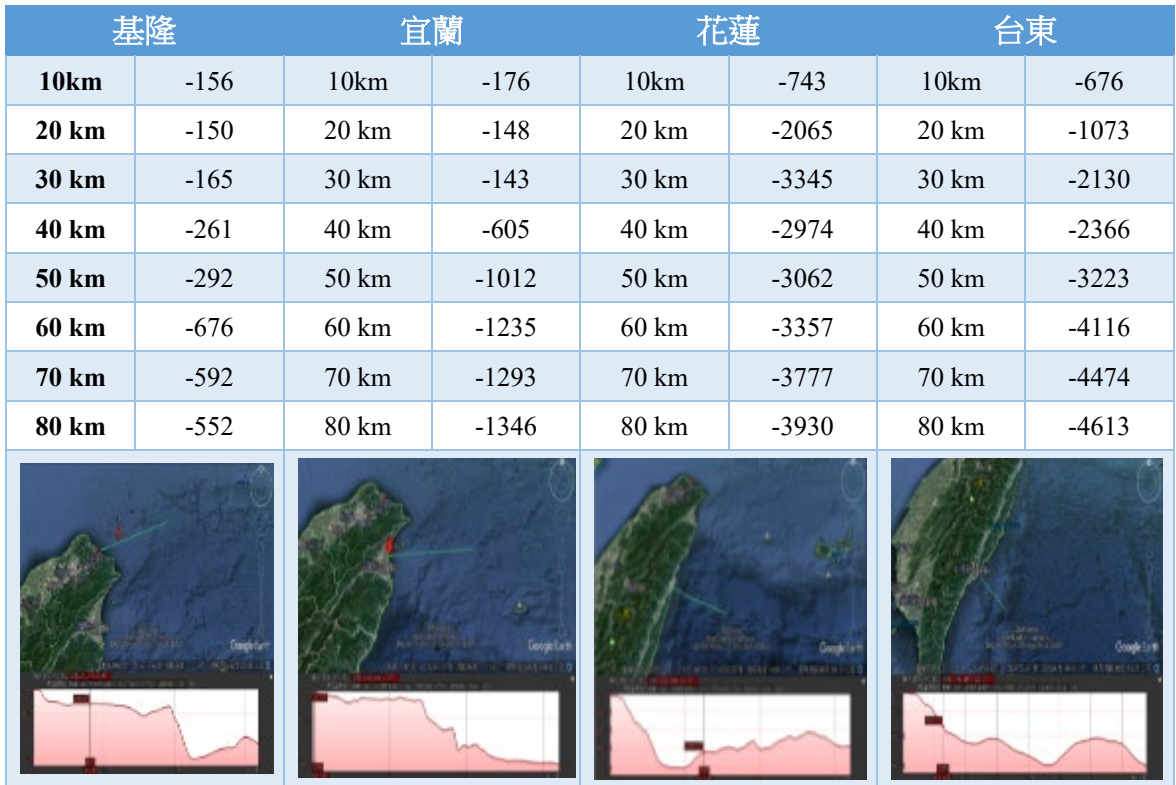
(二) 實驗結果

1. 西部海底地形分析

	台南	高雄	屏東	墾丁
10km	-34	10km -89	10km -49	10km -82
20 km	-115	20 km -432	20 km -210	20 km -318
30 km	-167	30 km -608	30 km -301	30 km -673
40 km	-216	40 km -791	40 km -666	40 km -851
50 km	-346	50 km -858	50 km -1281	50 km -1157
60 km	-611	60 km -869	60 km -1179	60 km -1457
70 km	-571	70 km -928	70 km -1359	70 km -1638
80 km	-449	80 km -1046	80 km -2074	80 km -1892



2. 東部海底地形分析



(三) 研究討論

1. 台灣西南部靠近馬尼拉海溝，若是在這附近發生大地震，台南及高雄兩地海底地形坡度較為平緩，依照我們前面實驗所獲得的結果，坡度較小的地形，波浪的高度會越高。墾丁及屏東兩地因為海底地形較陡，坡度較大，波浪的高度會相對的較低。
2. 台灣東部靠近琉球海溝，若是台灣東部發生大地震，依照我們前面實驗所獲得的推估，因為花蓮與台東兩地地形較深，沒有坡度較緩的地方，所以不容易形成海嘯。而坡度較緩的宜蘭、基隆地區，發生大海嘯的機會比較高。

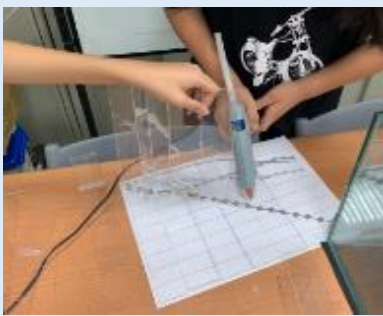
【實驗九】 模擬台灣各地區海底地形，探討海嘯發生的情形

依【實驗八】的海床數據與海嘯預測，我們實際進行模擬實驗，以了解實際發生地震時，在各地區形成的海嘯情形與影響。

(一) 實驗步驟

1. 依據「Google Earth」的數據資料，利用壓克力片和油土製作台灣東西部海岸海底地形。
2. 使用自製起波器製作出斷層錯動。
3. 於水缸內依次注入高20公分的水，固定拉動至距離水底10公分處來產生海嘯波。
4. 將攝影機架於距水缸30公分處拍攝，拍攝後影像使用iMovie軟體逐一檢視影格，進行分析。
5. 紀錄波浪高度。

以壓克力板製作海岸地形



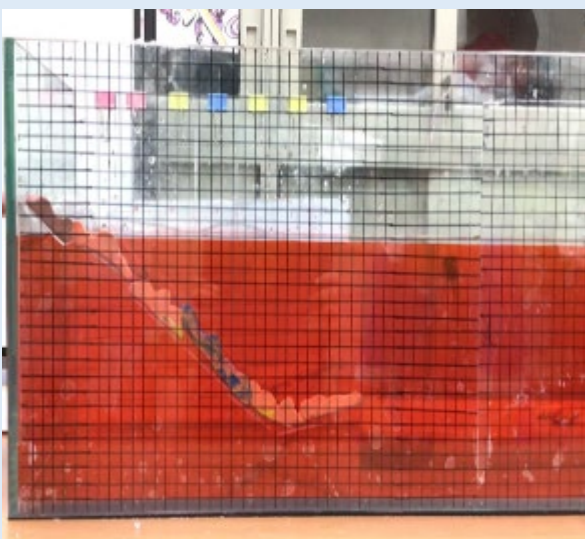
將地形固定於水缸內



以油土標示地形變化



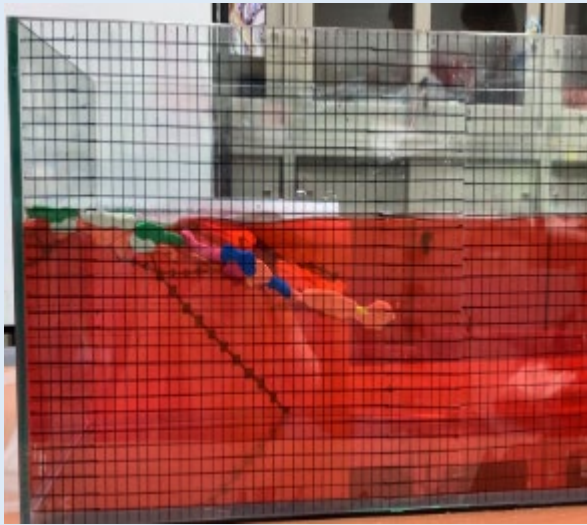
花蓮海底地形



台東海底地形



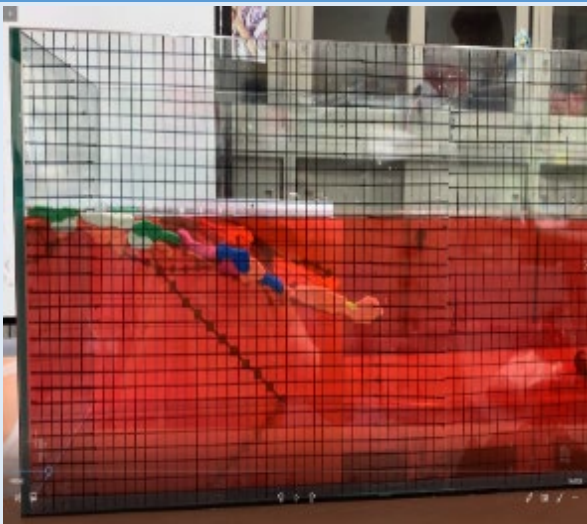
宜蘭海底地形



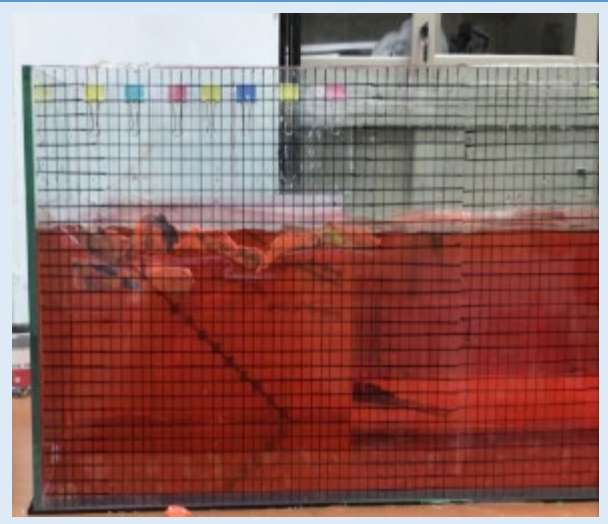
基隆海底地形



高雄海底地形



台南海底地形



屏東海底地形



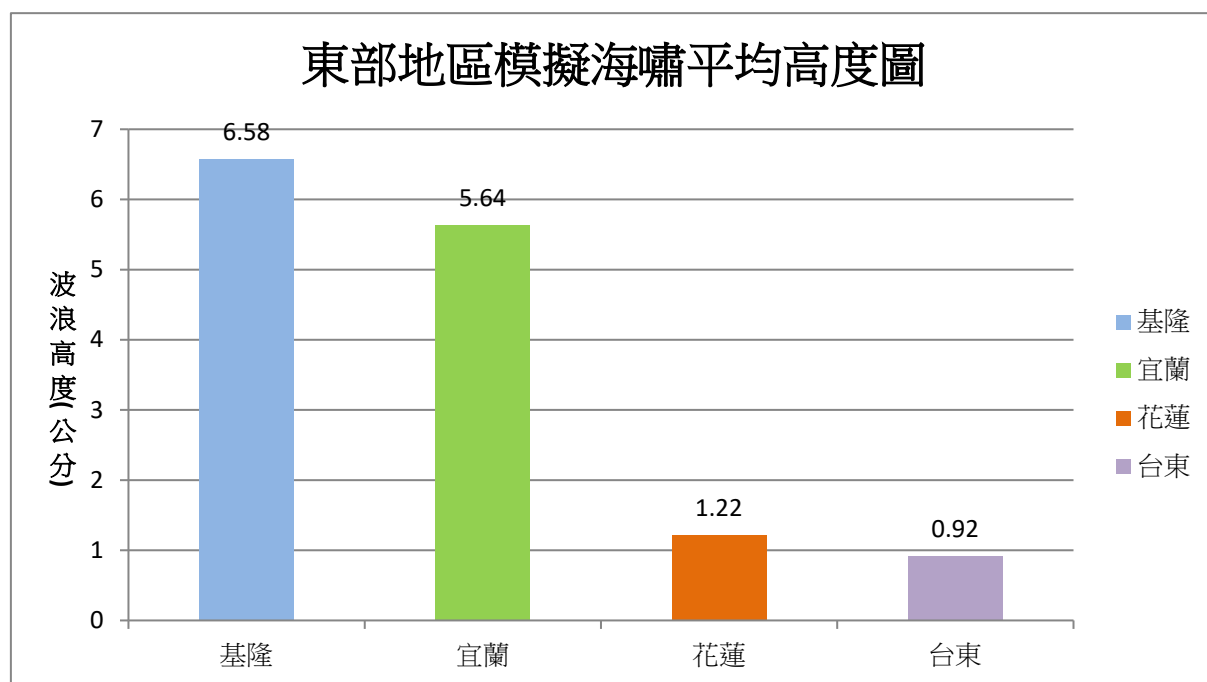
墾丁海底地形



(二) 實驗結果

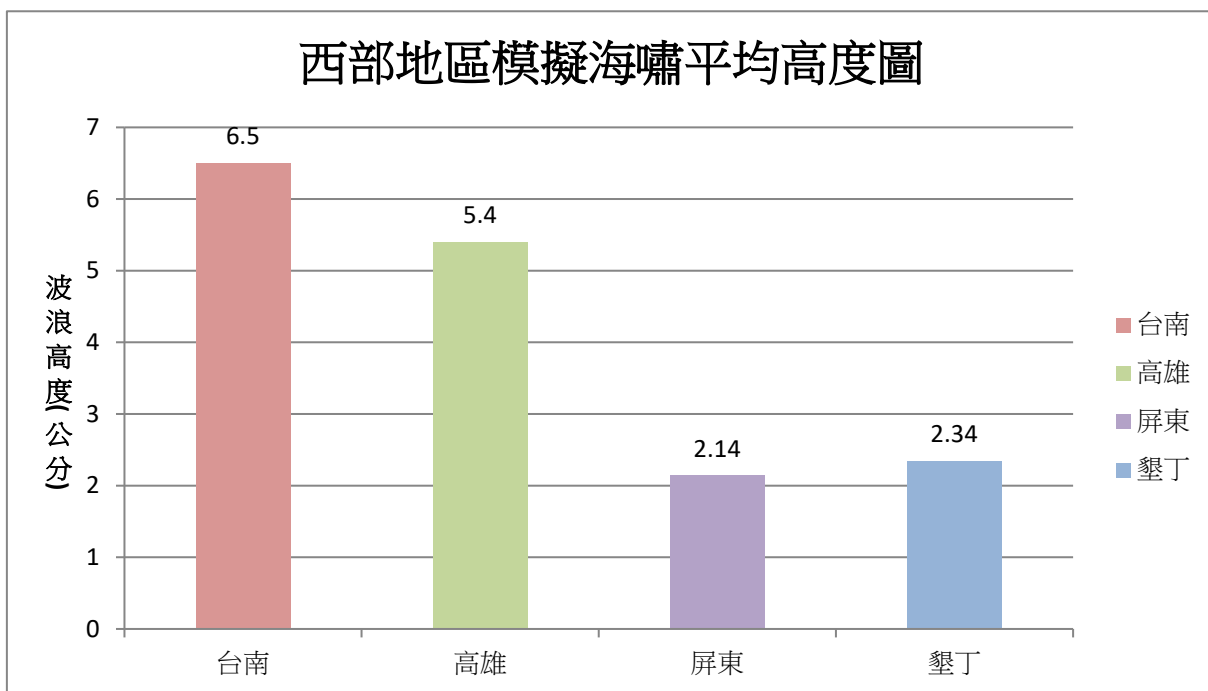
1. 東部地區

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
基隆	6.7	6.6	6.5	6.6	6.5	6.58
宜蘭	5.6	5.4	5.7	5.8	5.7	5.64
花蓮	1.5	1.2	1.1	1.2	1.1	1.22
台東	1.1	1	0.8	0.8	0.9	0.92



2. 西部地區

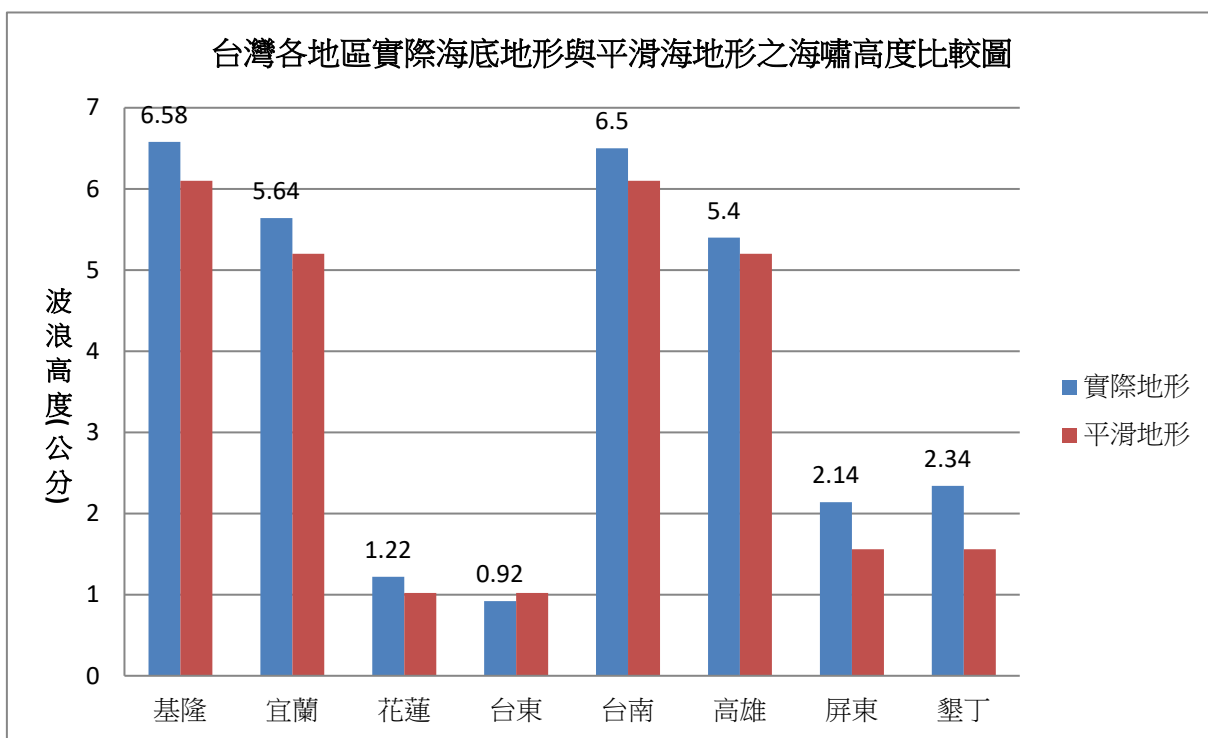
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
台南	6.3	6.5	6.6	6.5	6.6	6.50
高雄	5.5	5.4	5.5	5.3	5.3	5.40
屏東	2.4	2.1	2	2	2.2	2.14
墾丁	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.34



3. 實際海底地形與平滑海地形之海嘯高度比較

	基隆	宜蘭	花蓮	台東	台南	高雄	屏東	墾丁
實際海底地形	6.58	5.64	1.22	0.92	6.5	5.4	2.14	2.34
平滑海底地形	6.1 (20 度)	5.2 (30 度)	1.02 (70 度)	1.02 (70 度)	6.1 (20 度)	5.2 (30 度)	1.56 (60 度)	1.56 (60 度)

※是以【實驗四】平滑海底地形為基礎值做比較。



(三)研究討論：

1. 台南及高雄兩地海底地形坡度較為平緩，形成的海嘯高度較高。尤其是台南地區至離岸 80 公里，海床深度未達 500 公尺，以致底床效應造成海嘯波隨地形被抬起，摩擦力增加，使海嘯速度減慢，波浪高度抬昇最多。
2. 墾丁及屏東兩地因為海底地形較陡，坡度較大，波浪的高度會相對的較低。其中，雖屏東地區海床坡度變化較墾丁地區小，但因 50 公里處有一處陷落的地形，更減緩海嘯生成的高度。
3. 花蓮與台東兩地海底地形較深，沒有坡度較緩的地方，形成海嘯高度幾乎沒有太大的變化。
4. 坡度較緩的宜蘭、基隆地區，坡度較為平緩，底床效應明顯，越接近摩擦力越大，因而海嘯波抬昇情形明顯。
5. 台南、基隆地區緩坡海岸的實驗結果，海嘯波抬昇高度皆大於 6.5 公分，平均坡度為 20 度左右；相較於【實驗四】海底坡度 20 度，海浪抬昇高度為 6.1 公分，實際模擬的抬昇情形較明顯，顯示實際緩坡海岸在海嘯產生時的路徑效應明顯。
6. 花蓮、台東地區陡坡海岸的實驗結果，海嘯波抬昇高度介於 0.92-1.22 公分，平均坡度為 70-80 度左右；對照於【實驗四】海底坡度 70 度，海浪抬昇高度為 1.02 公分，實驗結果相近，顯示陡坡在海嘯產生時較不受路徑效應影響。

陸、結論

- 一、 波浪產生的高度會因為斷層移動高度、移動體積增加而增高，也就是說當海底地震發生的時候，如果其速度越快或是體積越大，所產生的海嘯也就越大。
- 二、 波浪前進速度因為水的深淺度而有所不同，水越深速度越快，反之則越慢。也就是說當海嘯在深海之中速度比較快，但在進入淺水區時速度會變慢。
- 三、 正斷層發生的過程中，會將海面向下拉扯，造成在震源附近海平面的陷落；逆斷層則正好相反，逆斷層會造成在震源附近海平面的抬昇；平移斷層未有明顯得海嘯波產生。
- 四、 組合型斷層發生時，平移位置會影響海嘯波抵達的時間和高度。
- 五、 在「海底斜坡長度與海嘯」實驗中，坡度的角度會影響海嘯的形成，太過直立的斜坡無法形成海嘯，也說明台灣海岸地形多為岩岸，海岸坡度較為直立，所以不容易形成海嘯。
- 六、 我們發現可以利用模擬海岸的地形來研究海嘯發生的情形與嚴重程度。
- 七、 海岸地形有不規律的高低起伏，可以減緩產生的海嘯高度。
- 八、 我們發現不同夾角的地形，會影響波浪形成的高度，夾角越小的峽灣，會形成較高的波浪，夾角越大的峽灣，波浪的高度就會相對的比較低。這也說明了在這一次日本大地震所引發的海嘯，地處峽灣地形的地方，都出現巨大的海嘯並造成重大的傷亡。
- 九、 311 日本大地震引出現巨大海嘯的地點中，仙台市、釜石市海底地形比較平緩，

容易有巨大海嘯發生。另外，大船渡市和女川町海底地形雖較深，但因海岸灣口狹窄的關係，也出現驚人的海嘯。

- 十、台灣地區而言，因我國附近有琉球海溝與馬尼拉海溝，東北部以基隆和宜蘭地區，因海底地形較為平緩，容易出現巨大的海嘯；西南部則以台南跟高雄地區較容易出現巨大海嘯。其他如：花蓮、台東、屏東和墾丁地區，雖靠近斷層帶，但因海底地形較深，也海岸非灣口地形，因此出現巨大海嘯的機會相對的較低。
- 十一、以實驗模擬台灣各地海嘯發生之情形，發現基隆和台南因斷層錯動形成的海嘯最高，過去文獻也有曾經發生海嘯的歷史紀錄，顯示該地區在地震發生後應多留意是否有海嘯伴隨發生。
- 十二、模擬台灣各地海嘯發生之情形中，實驗結果顯示實際緩坡海岸在海嘯產生時的路徑效應明顯，陡坡在海嘯產生時較不受路徑效應影響。
- 十三、目前著手將 Google Earth 中 2D 海底地形繪製出 3D 的海地地形，使用 3D 列印技術印製真實的海底地形。希望能進一步精確模擬台灣地區海嘯發生的情形。

柒、參考資料及其他

- 一、姚凱文等(2011)/兵來將擋，水來土掩——海嘯的成因與影響/中華民國第 51 屆中小學科學展覽會/國立台灣科學教育館。
- 二、海洋學教材 網址: <http://140.112.68.243/>
- 三、南亞海嘯 <http://ihouse.hkedcity.net/~hm1203/hazard/tsunami-2004.htm>
- 四、海嘯如何形成 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1004122700948>
- 五、終極天災：海嘯 <http://tsunami.ihs.ncu.edu.tw/tsunami/tsunami.htm>

【評語】 080503

研究主題清楚且有聚焦。小型實驗具原創性。科學方法數據足以證實結論及釋義。海報資料有邏輯性，實驗紀錄完整。回答問題清楚簡潔。

這個作品不但科學性強，對臺灣的防災工作也極為重要。研究團隊利用模型和水波槽模擬海嘯發生與地形的關係，利用影像拍攝的資料分析來作為浪高估算方法，並改變地形坡度來檢測其對海嘯浪高的影響。除探討不同海底地形對海嘯的影響，並實際觀察日本 311 大地震的案例做實例驗證，最後再應用到臺灣東部及西部海岸附近地形，檢討發生海嘯可能的風險高低。整個研究主題佳，實驗步驟完整，進行量度多次進行與平均，數據足以解釋觀察的海嘯，分析的結果也十分合理，甚有參考價值。

整體而言，該作品實驗方法起波器建立及斷層之模擬具挑戰性，實驗模型簡單但準確，有創意，並能與台灣現實狀況做連結，值得鼓勵。

未來可以延伸全球不同地點與海深海嘯之研究，以及更多元實驗。

作品海報

摘要

我們的研究主要由「海嘯的形成原因」、「不同海底地形對海嘯的影響」、「日本與台灣地區的海底地形與海嘯發生的關係」這三面向進行探討。實驗中，我們發現斷層錯動情形與高度都會影響海嘯波的形成；不同水深會影響海嘯波前進的速度；不同的海底地形，也會影響波浪形成的高度。此外，海岸形狀部分，我們模擬峽灣地形，來瞭解不同的灣口夾角大小對波浪的行進或高度是否有影響。最後，我們藉由「GoogleEarth」，來觀察日本與台灣地區附近海底地形，針對日本311大地震出現巨大海嘯的地點進行分析，以進一步實際模擬台灣海底地形發生海嘯時的情形，希望藉此了解發生大地震時，台灣附近海域出現巨大海嘯的可能性，並分析可能造成的影響及潛在危機。

壹、研究動機

2018年9月28日年度尼西亞蘇拉威西島發生地震規模7.5的淺層地震，當局於地震30分鐘後，在帕盧海灣觀測到最大至3公尺的海嘯，在當地造成嚴重的傷亡。而台灣也常發生地震，再加上四面環海，如果真的發生海嘯且沒有防備，後果一定不堪設想，為了減少海嘯造成的傷害，我們決定模擬海嘯的形成原因，進一步了解海底地形與海嘯之間的關係。因此，我們進行以下一連串的實驗操作。

貳、研究目的

- 一、探討海嘯的形成原因
 - (一) 模擬地殼變動形成海嘯。
 - (二) 探討斷層類型與海嘯生成的關係
 - (三) 探討斷層移動高度與波浪高度的關係。
 - (四) 探討海水深度與波浪前進速度的關係。
- 二、不同海岸地形對海嘯的影響
 - (一) 探討海底坡度與海嘯的關係。
 - (二) 探討多樣化海底地形與海嘯的關係。
 - (三) 探討不同海岸地形夾角與海嘯關係。
- 三、探討日本與台灣地區的海底地形與海嘯發生的關係
 - (一) 日本附近海底地形與海嘯發生的分析(以311的地震為例)
 - (二) 台灣地區海底地形與海嘯發生的探討分析
 - (三) 模擬台灣各地區海底地形，探討海嘯發生的情形

參、研究設備與器材

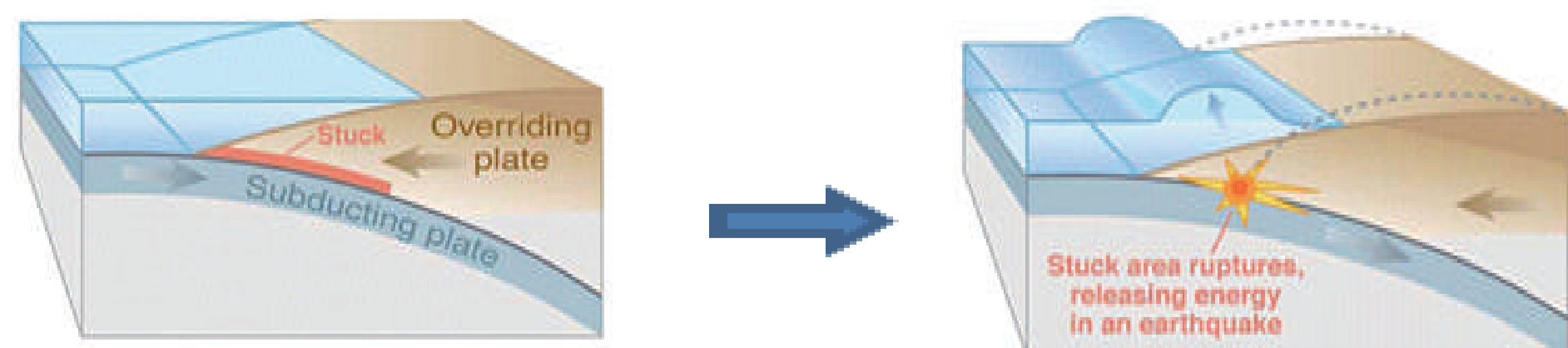
實驗設備與器材



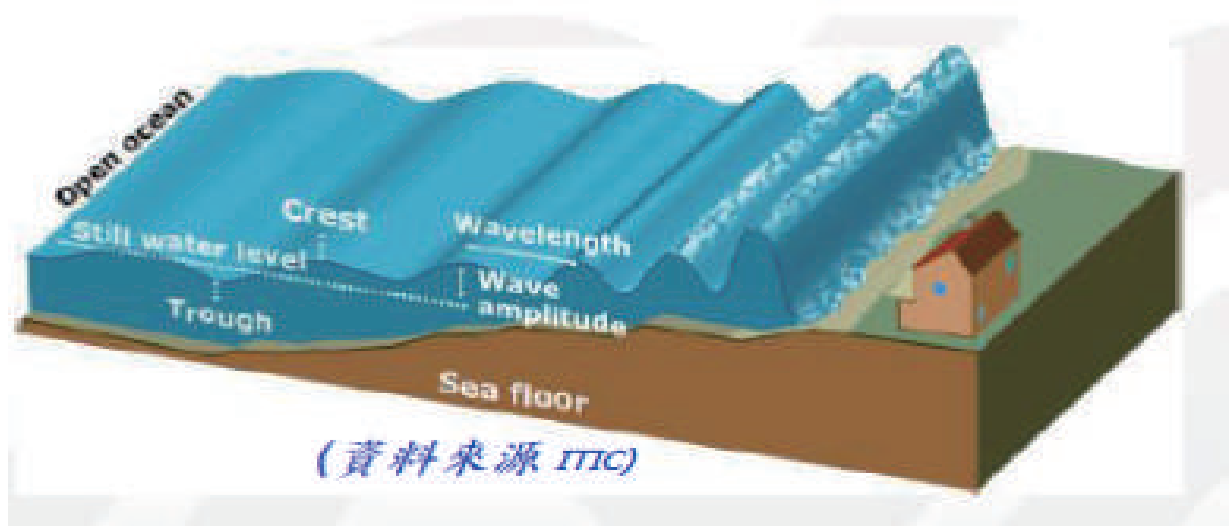
水缸(150cm*60cm*30cm)	透明片	滑輪
水泥塊	木條	棉線
快乾水泥	PP板	木板
積木	油土	墨水
膠帶	釘子	鐵尺
攝影機	簽字筆	量角器
美工刀	線鋸	熱熔槍
掛勾	彈簧	塑膠墊板

肆、研究過程與方法

- 一、文獻探討
 - (一) 海嘯的成因



- (二) 海嘯的傳播



二、模擬地殼變動形成海嘯

【做法一】運用彈力產生海嘯

(二) 實驗結果

1. 水的力量過大，在按壓彈簧時相當吃力。
2. 如需增加水波的大小，必須再增加彈簧的彈力係數，以人力無法進行按壓。
3. 彈簧會使墊板前後晃動，無法製造出穩定的波形。

【作法二】模擬板塊產生海嘯



(二) 實驗結果

1. 拉動磚塊確實模擬地殼移動的情形，可以了解斷層錯動確實會引發海嘯。
2. 使用自製起波器可以成功製造海嘯波。在拉動磚塊的同時，可以看見模擬海岸的一端，先產生海水後退的情形，接著發生穩定的波浪。

(三) 實驗改良

進一步利用珍珠板製作斷層水泥模具，以水泥灌模型形，實際製成海底斷層模型，以研究正斷層、逆斷層和組合斷層與海嘯生成的關係。



伍、研究結果與討論

【實驗一】探討斷層移動高度與波浪高度的關係

(一) 實驗結果

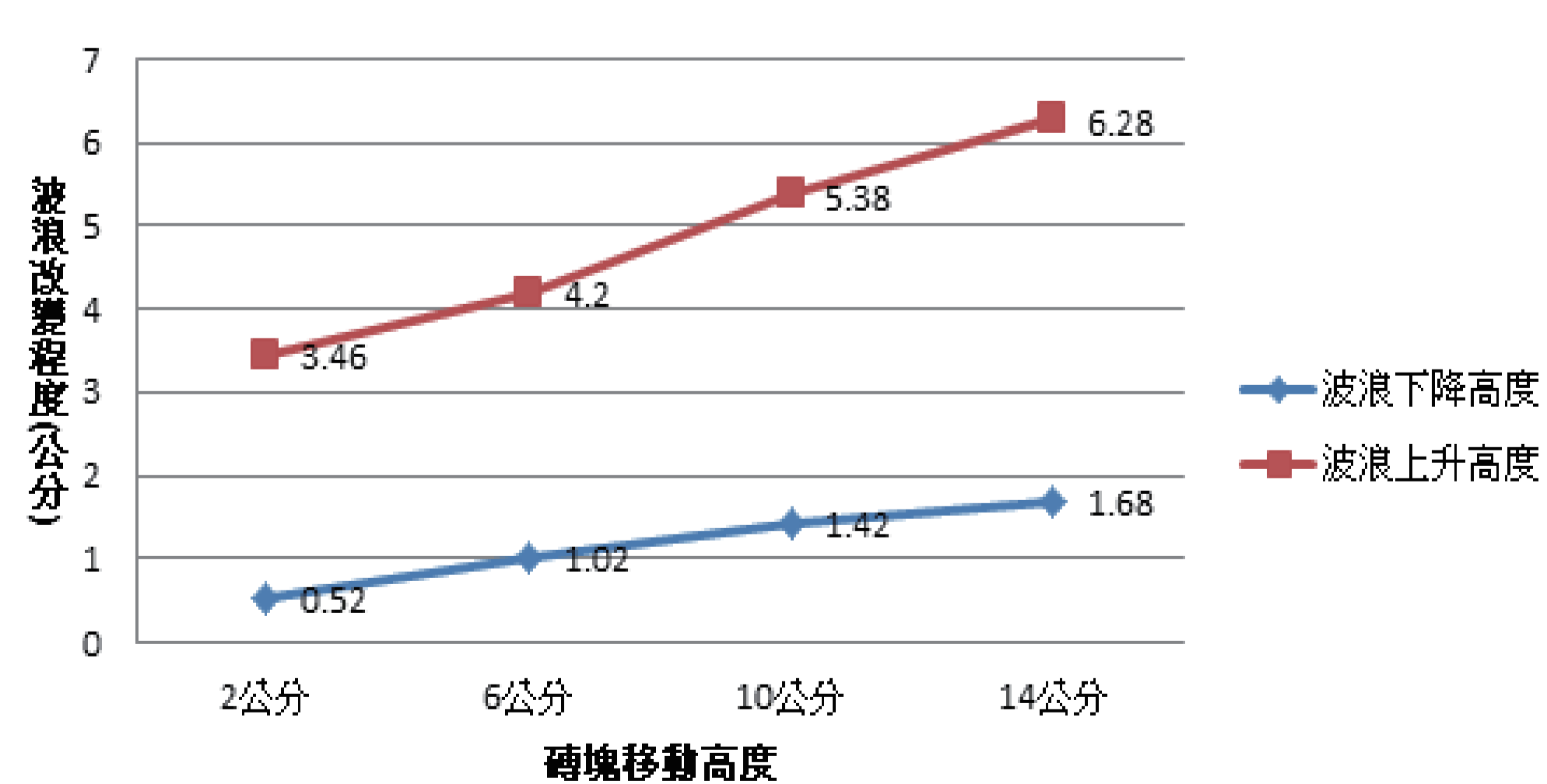
1. 波浪下降高度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2公分	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4	0.52
6公分	1.2	0.9	1.0	1.1	0.9	1.02
10公分	1.4	1.5	1.5	1.5	1.2	1.42
14公分	1.6	1.5	1.8	1.7	1.8	1.68

2. 波浪上升高度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2公分	3.5	3.4	3.5	3.5	3.4	3.46
6公分	4.2	4.3	4.1	4.2	4.2	4.2
10公分	5.4	5.5	5.4	5.3	5.3	5.38
14公分	6.2	6.3	6.2	6.4	6.3	6.28

磚塊移動高度與波浪高度關係圖



(二) 研究討論

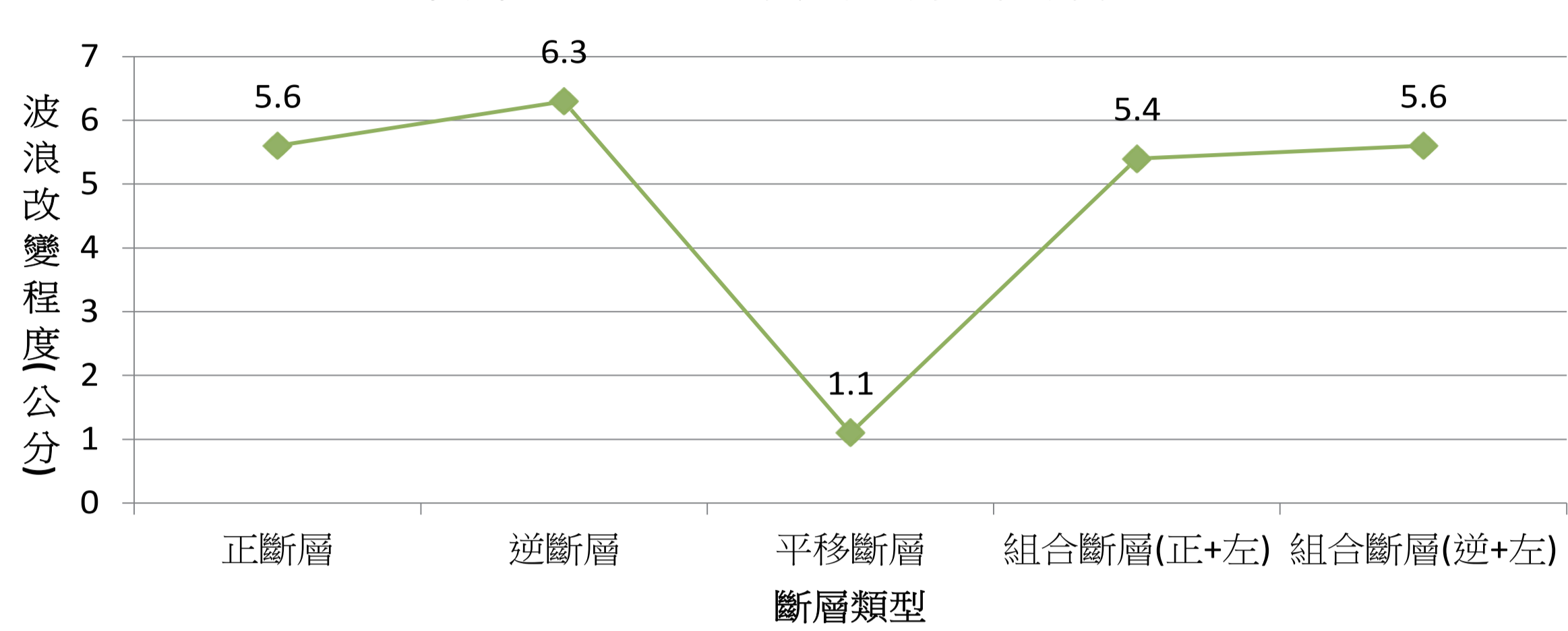
1. 由實驗結果可以發現，磚塊拉動的高度越高，所形成的波浪也越高。
2. 在拉動磚塊時，可以看見模擬海岸的一端，先產生海水後退的情形。
3. 波浪下降高度小於第一波波浪上升高度。

【實驗二】 探討斷層類型與海嘯生成的關係

(一) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	備註
正斷層	5.8	5.6	5.5	5.5	5.8	5.6	震源附近海平面的陷落
逆斷層	6.4	6.3	6.2	6.4	6.4	6.3	震源附近海平面的抬昇
平移斷層	1.5	1.0	0.8	1.2	1.1	1.1	未有明顯得海嘯波
組合斷層 (逆+右)	5.3	5.4	5.4	5.5	5.6	5.4	右側海嘯波顯抵達且右側波高較高
組合斷層 (逆+左)	5.6	5.4	5.5	5.8	5.8	5.6	左側海嘯波顯抵達且左側波高較高

斷層類型與海嘯高度關係圖



(三) 研究討論：

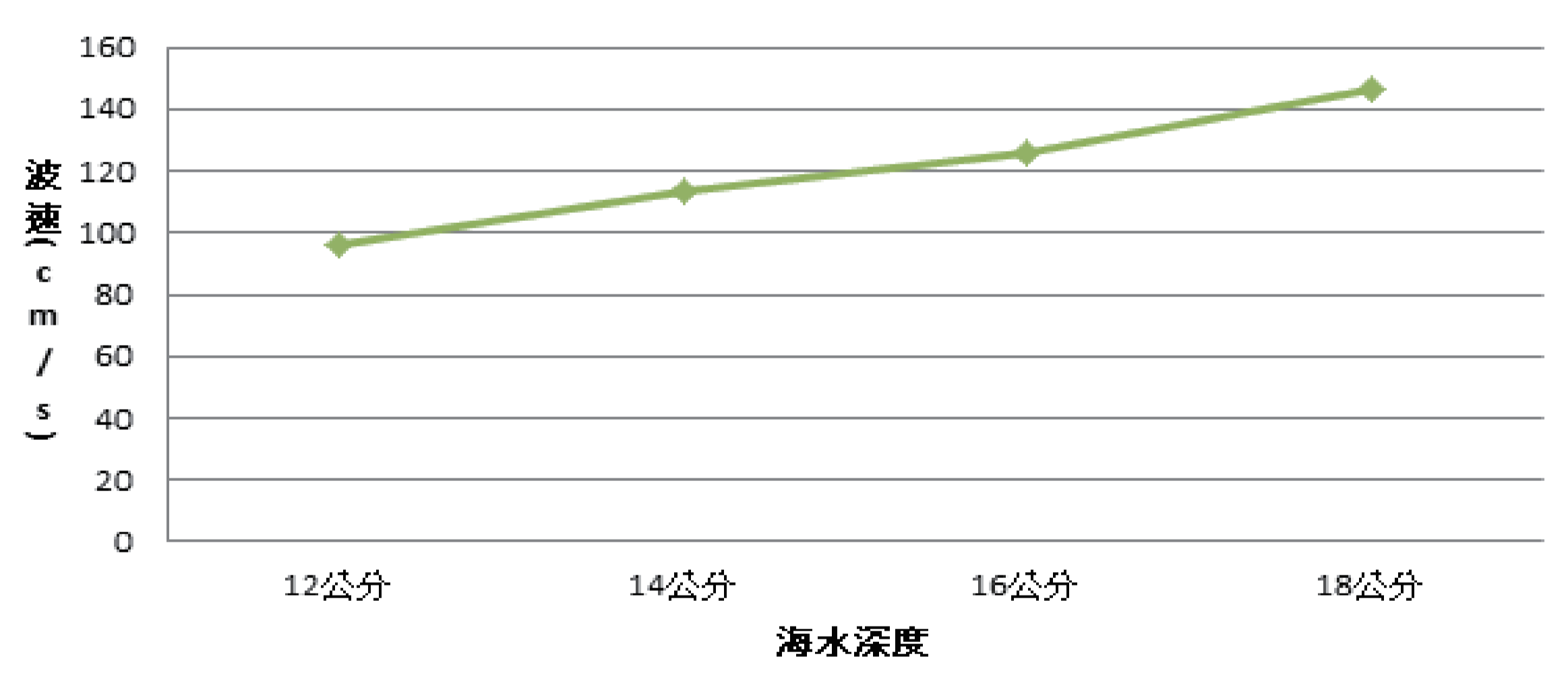
- 1.正斷層發生的過程中，會將海水面向下拉扯，造成造成在震源附近海平面的陷落；逆斷層則正好相反，逆斷層會造成在震源附近海平面的抬昇。
- 2.平移斷層未有明顯得海嘯波產生。
- 3.組合型斷層發生時，平移位置會影響海嘯波抵達的時間和高度，舉例來說：右移行逆斷層，右側海嘯波顯抵達且右側波高較高。

【實驗三】 探討海水深度與波浪前進速度的關係

(一) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	換算時間(s)	波速(cm/s)
12公分	36	40	38	38	35	37.4	1.25	96.25
14公分	31	32	31	33	32	31.8	1.06	113.21
16公分	29	28	30	28	28	28.6	0.95	125.87
18公分	25	24	25	25	24	24.6	0.82	146.24

海水深度與波浪速度關係圖



(三) 研究討論：

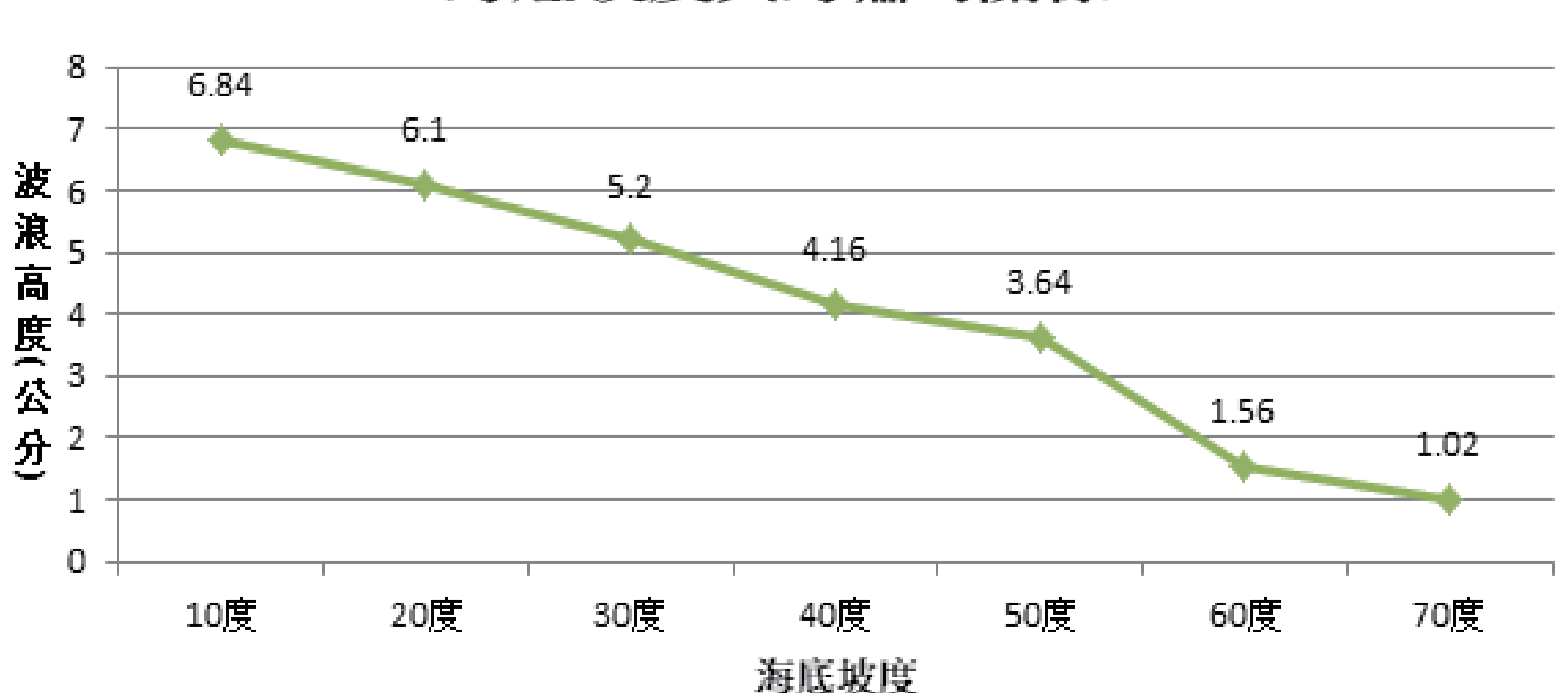
由實驗結果發現，水深越深，波浪前進的速度就越快，水深越淺，波浪前進的速度就越慢。

【實驗四】 探討海底坡度與海嘯的關係

(一) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10度 (海底斜坡 61 公分)	6.7	6.8	7	6.8	6.9	6.84
20度 (海底斜坡 56 公分)	6.1	5.8	6.2	5.9	6.5	6.1
30度 (海底斜坡 51 公分)	5.2	5.5	5	5.1	5.2	5.2
40度 (海底斜坡 45 公分)	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.16
50度 (海底斜坡 38 公分)	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.64
60度 (海底斜坡 30 公分)	1.8	1.5	1.6	1.5	1.4	1.56
70度 (海底斜坡 20 公分)	0.9	1.1	1	0.9	1.2	1.02

海底坡度與海嘯的關係

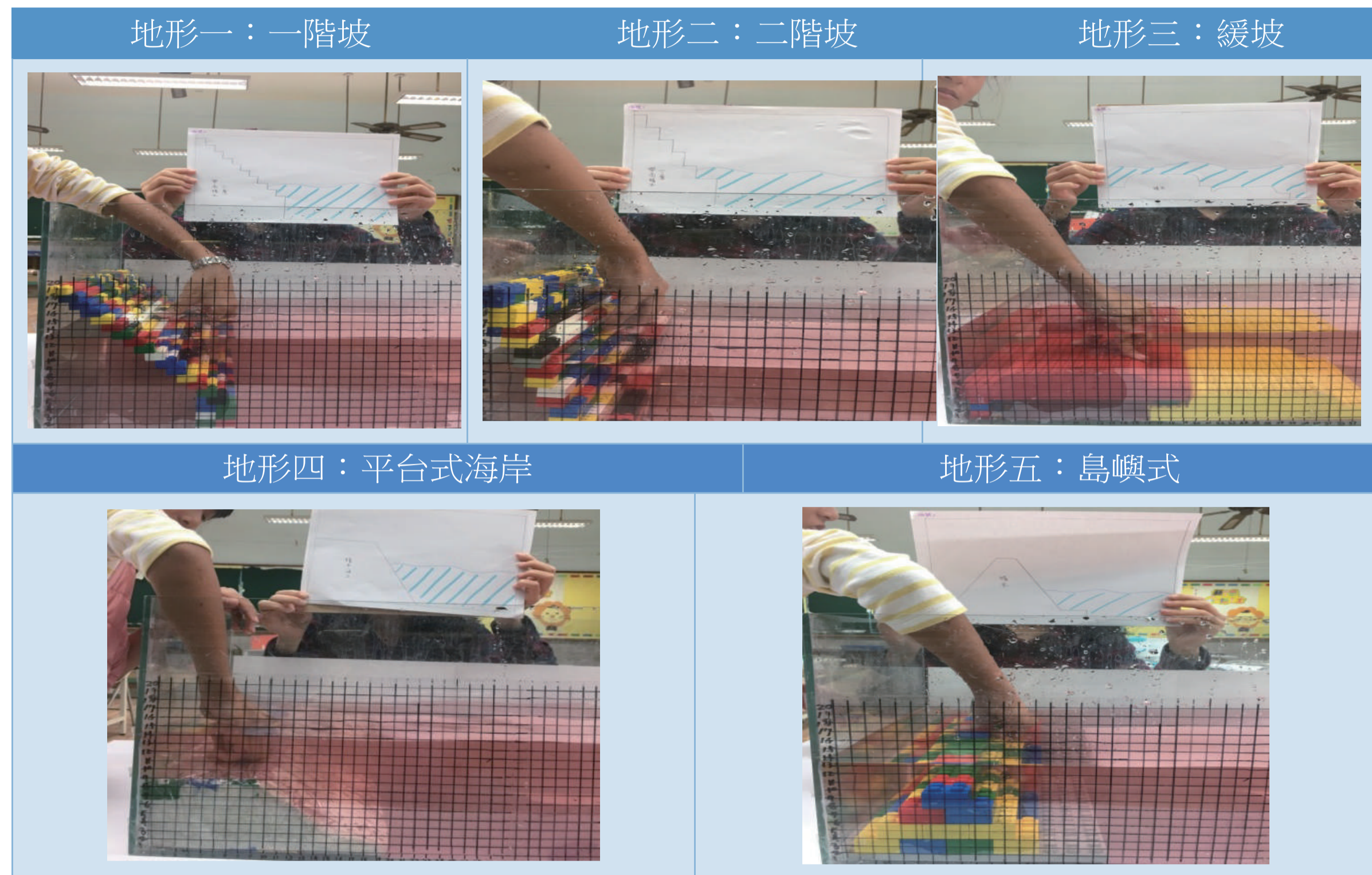


(三) 研究討論

- 1.由實驗中我們發現海底斜坡長度越長，也就是斜坡坡度越小，所形成的波浪高度就越高。
- 2.我們觀察錄製的影片後發現，海嘯的形成原因是由於接近陸地時水深漸漸變淺，導致先頭的波浪速度變慢，而後面水深較深的波浪速度較快，追上了前面的波浪，因此波浪就疊加上去形成水牆，如果海底斜坡長度越長，也就是斜坡坡度越小，那從後面追上的波浪量也就越多，疊加的水量也隨之增多，因而使海嘯的水牆高度變得更高了。

【實驗五】 探討多樣化海岸地形與海嘯的關係

(一) 實驗結果



	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
一階坡	3.2	3.4	3.3	3.1	3.1	3.22
二階坡	2.7	2.5	2.3	2.2	2.2	2.38
緩坡	5.8	5.6	5.7	5.4	5.6	5.62
河階式	3.8	3.7	4.1	3.8	3.8	3.84
島嶼式	2.5	2.6	2.5	2.7	2.7	2.60

(三) 研究討論

- 1.運用積木模擬實際海岸地形可以發現，越平緩的地形越容易產生較高的波；越陡的的形較不容易產生海嘯。此實驗結果與前一個海底坡度的實驗相符。
- 2.模擬海岸地形隨著接近岸邊有規律的趨緩，波浪會隨著波速的改變而有加成的作用，產生地波浪高度較高。
- 3.海岸地形有不規律的高低起伏，可以減緩產生的海嘯高度。
- 4.希望可以進一步運用3D 列印的方式，實際繪製出海岸地形增加實驗的準確性。

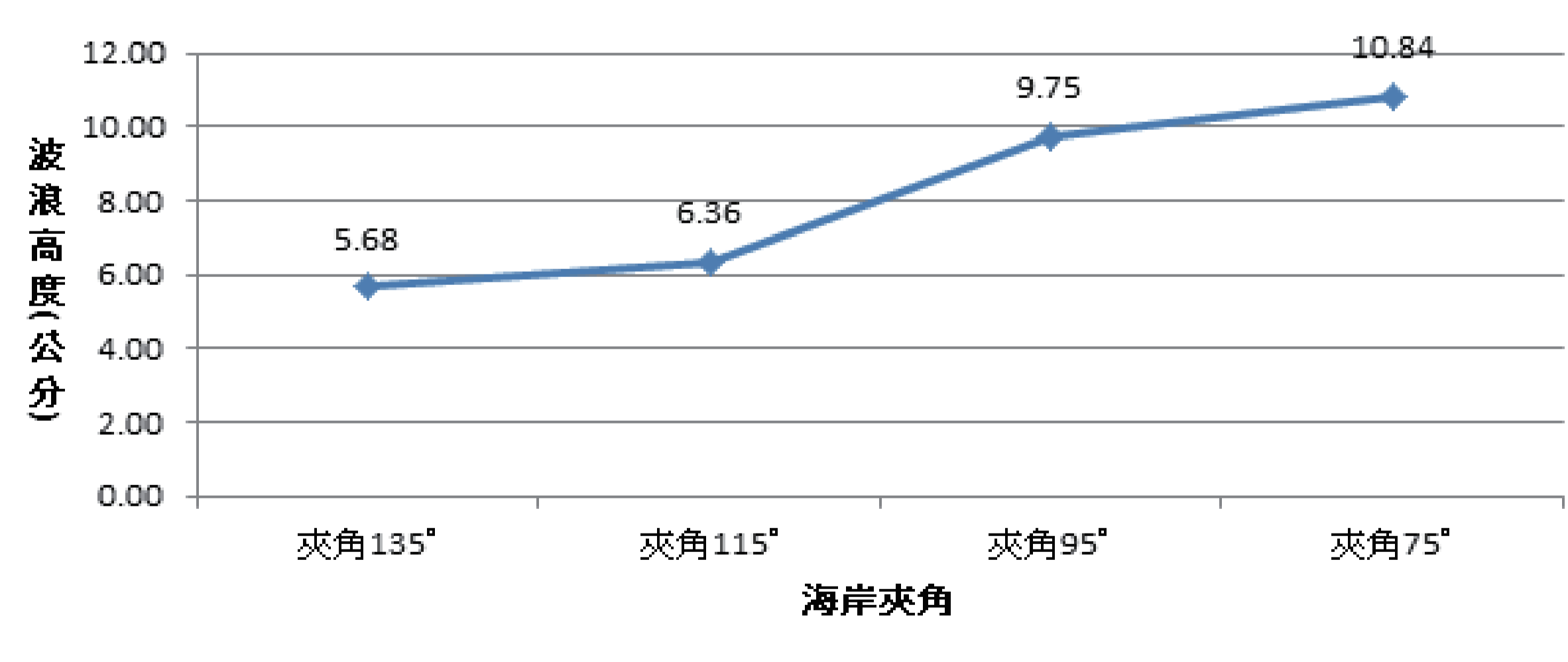
【實驗六】 峽灣地形與海嘯的關係

(一) 實驗結果

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	倍數
夾角135°	5.7	5.65	5.65	5.7	5.7	5.68	1.06
夾角115°	6.3	6.4	6.35	6.34	6.4	6.358	1.18
夾角95°	9.8	9.8	9.7	9.75	9.7	9.75	1.81
夾角75°	10.8	10.9	10.9	10.8	10.8	10.84	2.01

※倍數是以實驗一中水深15cm，固定拉動至距離水底10公分，水槽壁(夾角180度)的波浪高度5.38cm 為基礎值做比較。

峽灣地形與海嘯的關係



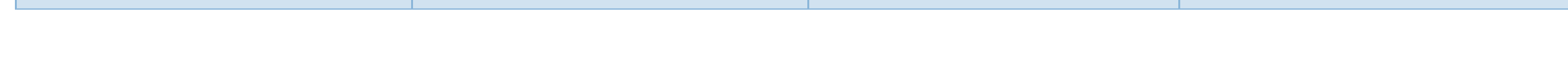
(二)研究討論

- 1.由實驗中，我們發現V形谷地夾角越小，波浪的高度也就越高。
- 2.當V形谷角度小於95度時，它的水位變化明顯變大很多，夾角95度的峽谷會將波浪高度增幅到 1.81倍，夾角75度的峽谷甚至會將波浪高度增幅到2.01倍。

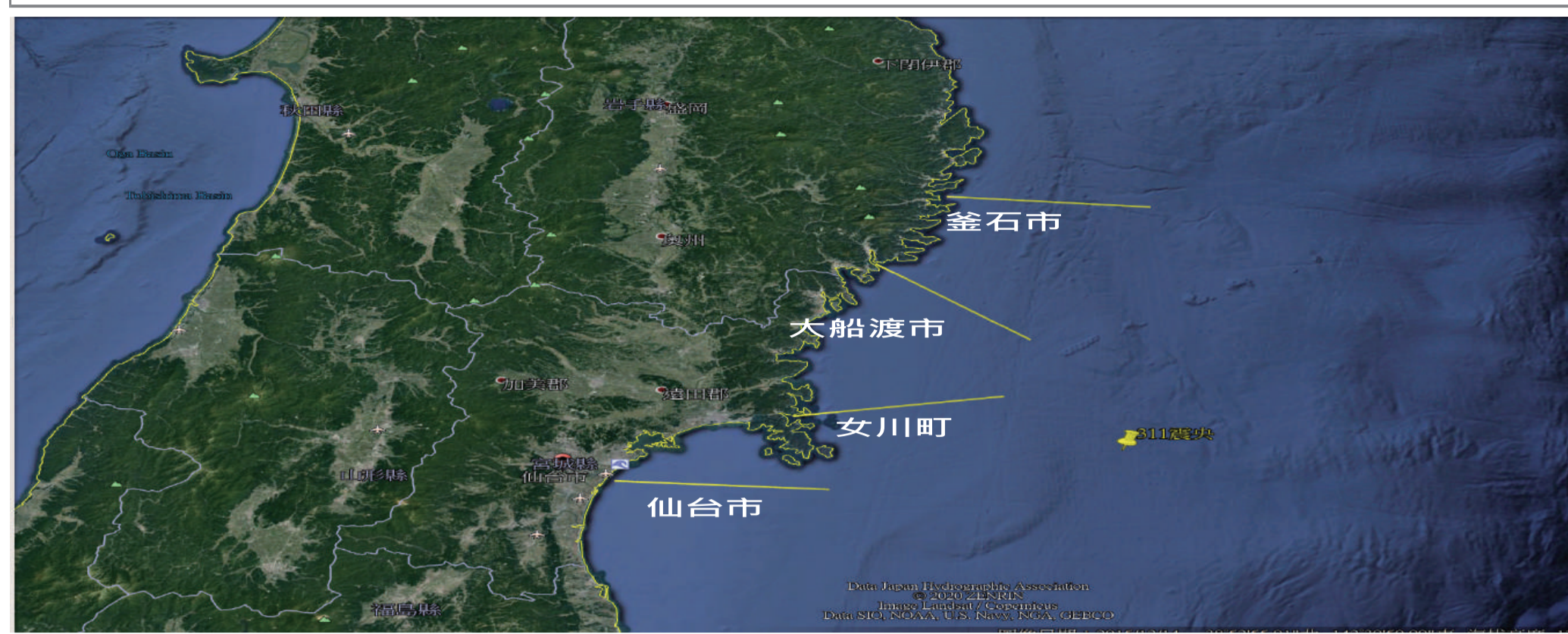
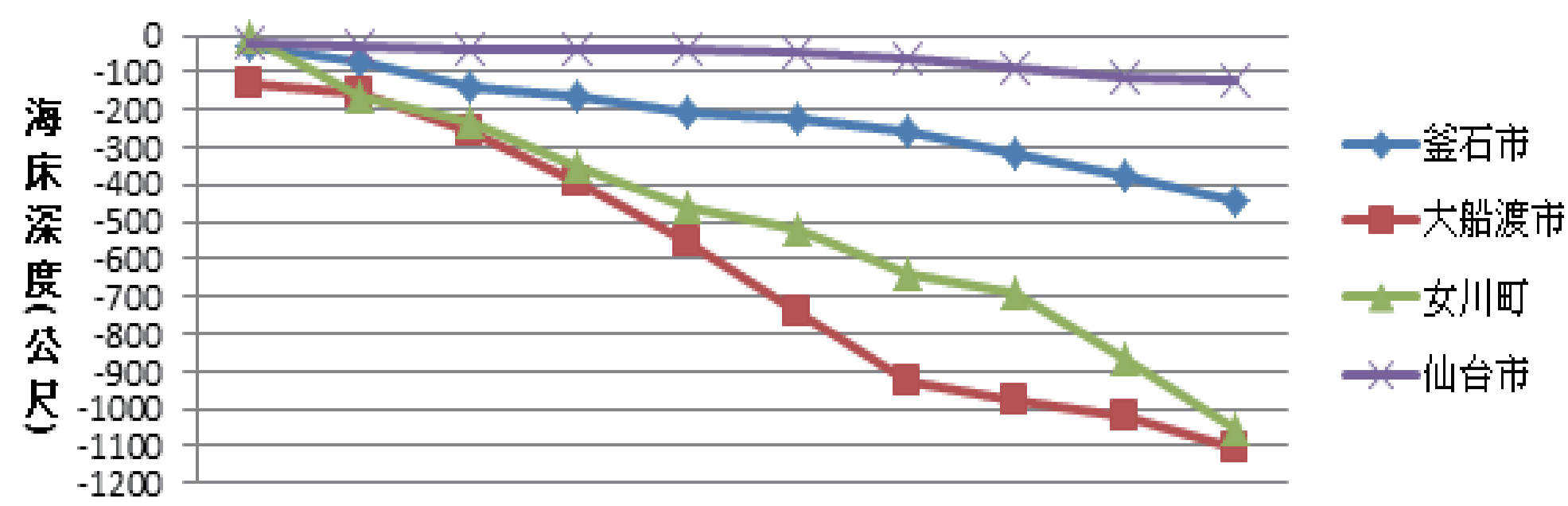
【實驗七】 日本附近海底地形與海嘯發生的探討分析

(一)實驗結果

釜石市		大船渡市		女川町		仙台市	
5km	-26	5km	-127	5km	-8	5km	-24
10 km	-73	10 km	-155	10 km	-161	10 km	-29
15 km	-141	15 km	-259	15 km	-235	15 km	-34
20 km	-162	20 km	-394	20 km	-354	20 km	-37
25 km	-206	25 km	-551	25 km	-465	25 km	-41
30 km	-227	30 km	-740	30 km	-521	30 km	-48
35 km	-256	35 km	-925	35 km	-639	35 km	-67
40 km	-317	40 km	-976	40 km	-692	40 km	-89
45 km	-374	45 km	-1022	45 km	-870	45 km	-111
50 km	-440	50 km	-1104	50 km	-1053	50 km	-122



日本海底地形高度圖

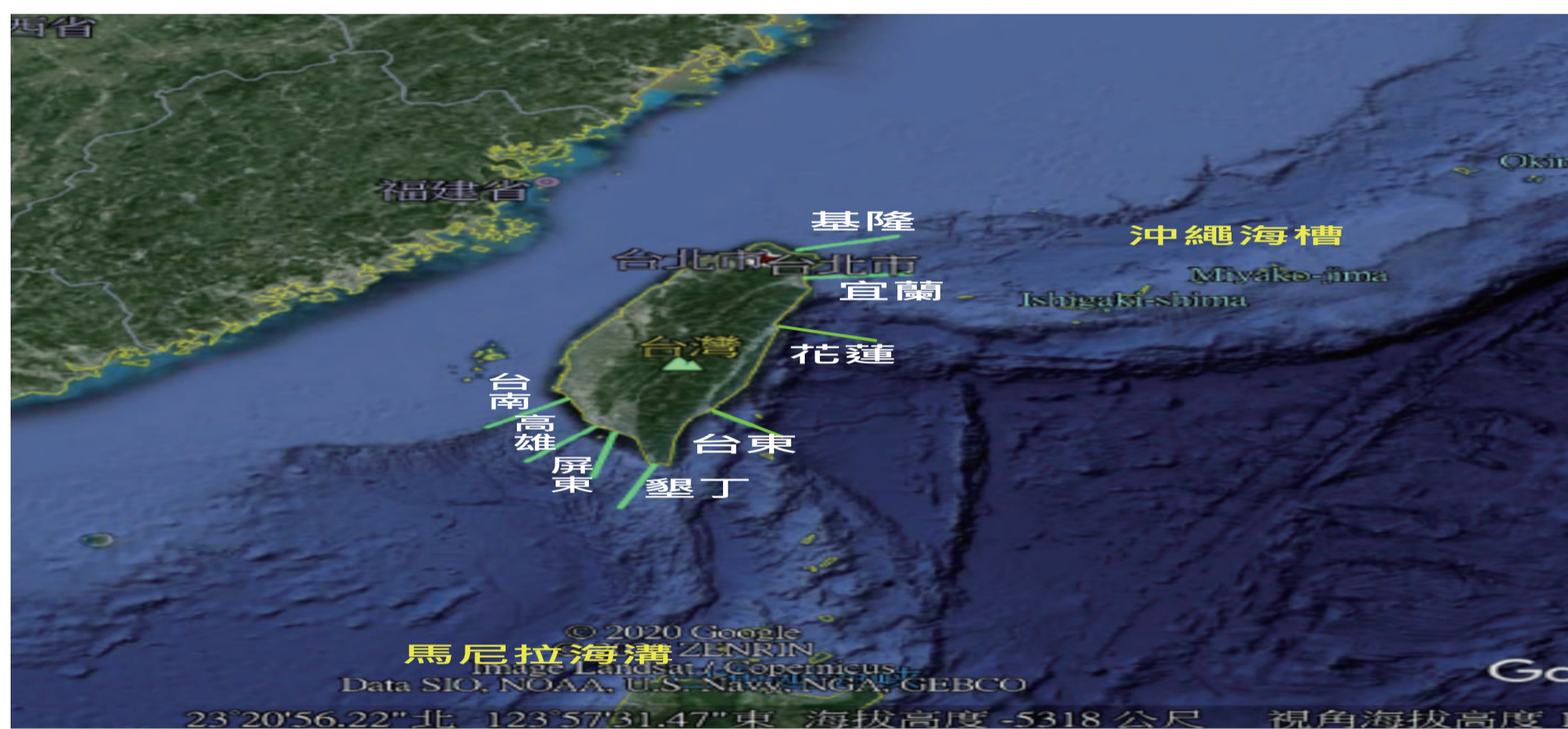


(二) 研究討論

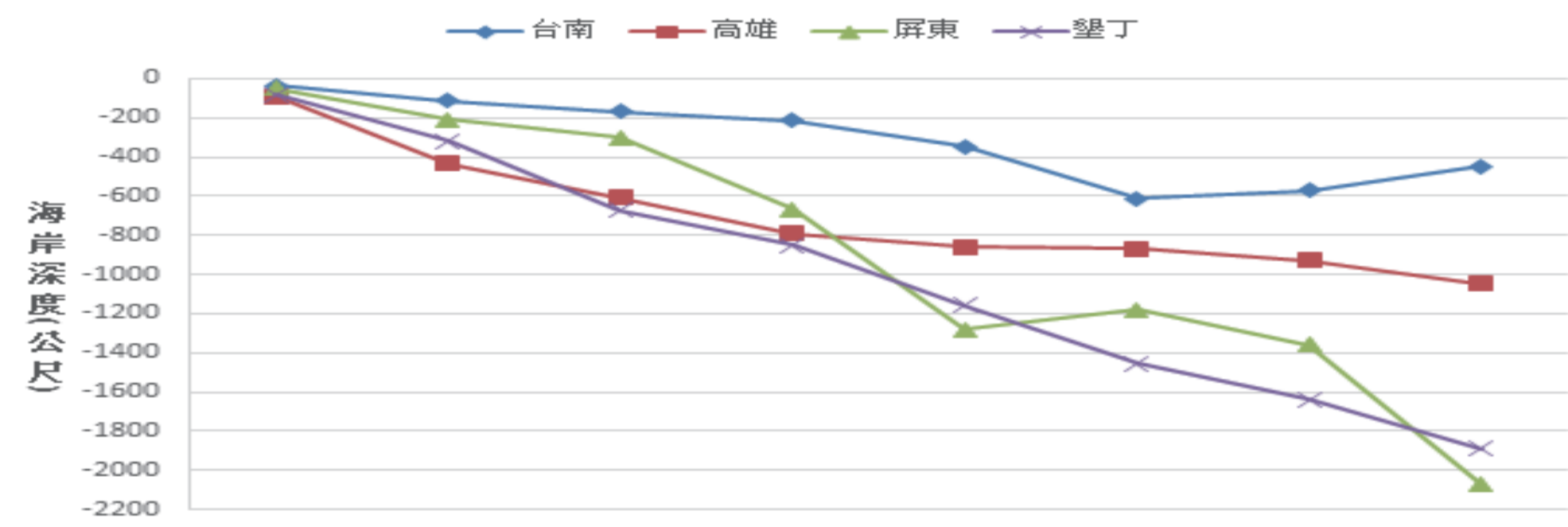
- 由海床高度資料中我們發現，發生海嘯的海底地形有些許的不同，仙台市與釜石市兩地海底地形比較平緩，由實驗結果推估，當海嘯來臨時，這兩個地方接近岸邊水深變淺，底床效應造成海嘯波隨地形被抬起，海嘯波減速，後方的海嘯累積上來，造成整個海嘯波高增高，因而形成浪高很高的海嘯。
- 大船渡市與女川町這兩個地方，海底深度比較深，且沒有較為平緩的地方，理論上應該不會形成很大的海嘯，但在海嘯資料顯示這兩個地區海嘯高度很高。所以我們進一步研究灣口形狀，從Google Earth所看到的圖片中，我們發現大船渡市與女川町的灣口狹小。由上面的實驗結果推估，雖這兩個地區的海岸坡度較陡，但屬於狹窄型的灣口，所以當海嘯來襲時，會造成加乘效應形成滔天巨浪。
- 透過過去海嘯資料(311地震海嘯資料)、Google Earth地形資料與實驗結果相互驗證，我們確實發現海地地形與灣口形狀確實會影響海嘯的發生。

【實驗八】台灣海底地形與海嘯發生的探討分析

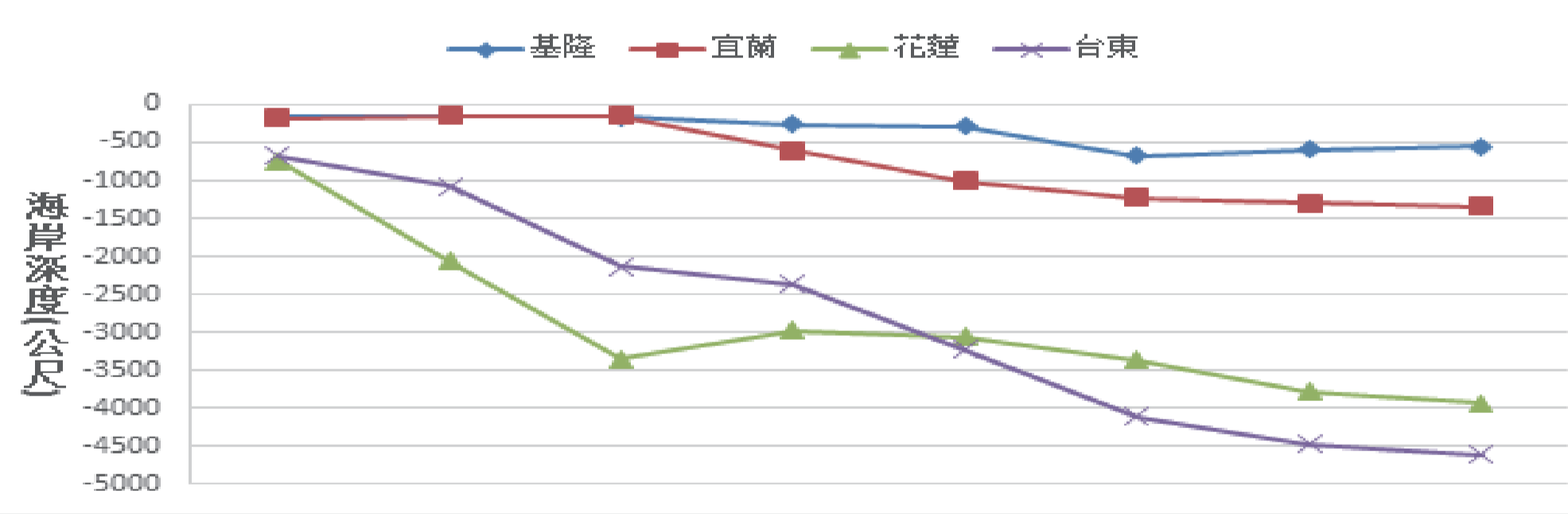
(一) 實驗結果



台灣西部海底地形高度圖



台灣東部海底地形高度圖

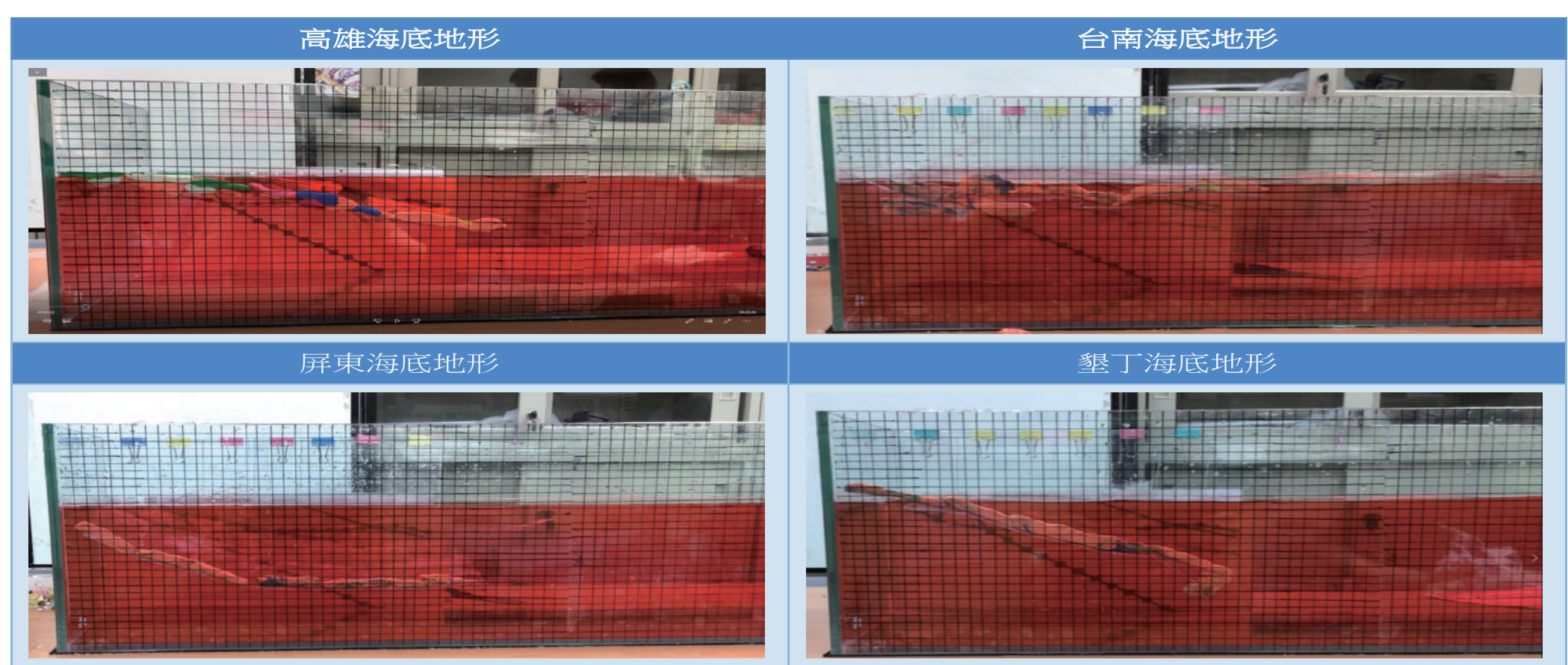
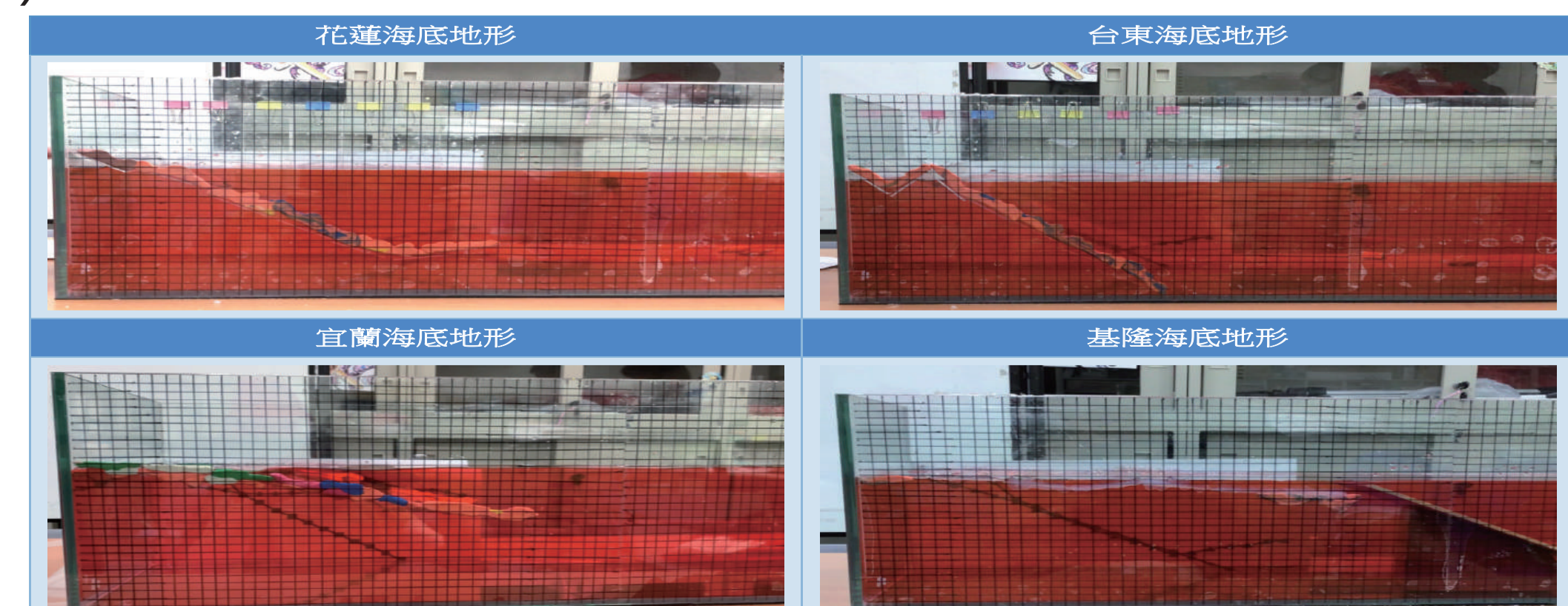


(二) 研究討論

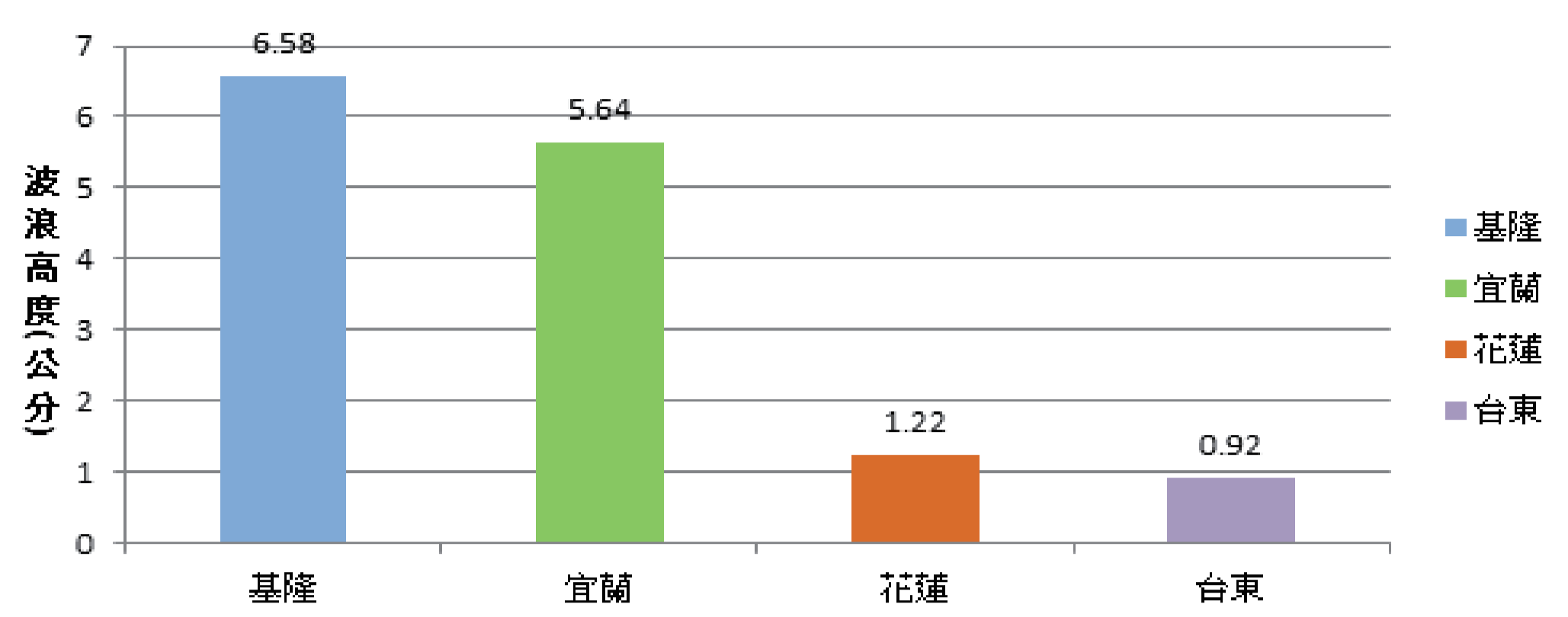
- 由海床高度資料中我們發現，發生海嘯的海底地形有些許的不同，仙台市與釜石市兩地海底地形比較平緩，由實驗結果推估，當海嘯來臨時，這兩個地方接近岸邊水深變淺，底床效應造成海嘯波隨地形被抬起，海嘯波減速，後方的海嘯累積上來，造成整個海嘯波高增高，因而形成浪高很高的海嘯。
- 大船渡市與女川町這兩個地方，海底深度比較深，且沒有較為平緩的地方，理論上應該不會形成很大的海嘯，但在海嘯資料顯示這兩個地區海嘯高度很高。所以我們進一步研究灣口形狀，從Google Earth所看到的圖片中，我們發現大船渡市與女川町的灣口狹小。由上面的實驗結果推估，雖這兩個地區的海岸坡度較陡，但屬於狹窄型的灣口，所以當海嘯來襲時，會造成加乘效應形成滔天巨浪。
- 透過過去海嘯資料(311地震海嘯資料)、Google Earth地形資料與實驗結果相互驗證，我們確實發現海地地形與灣口形狀確實會影響海嘯的發生。

【實驗九】模擬台灣各地區海底地形之海嘯發生情形

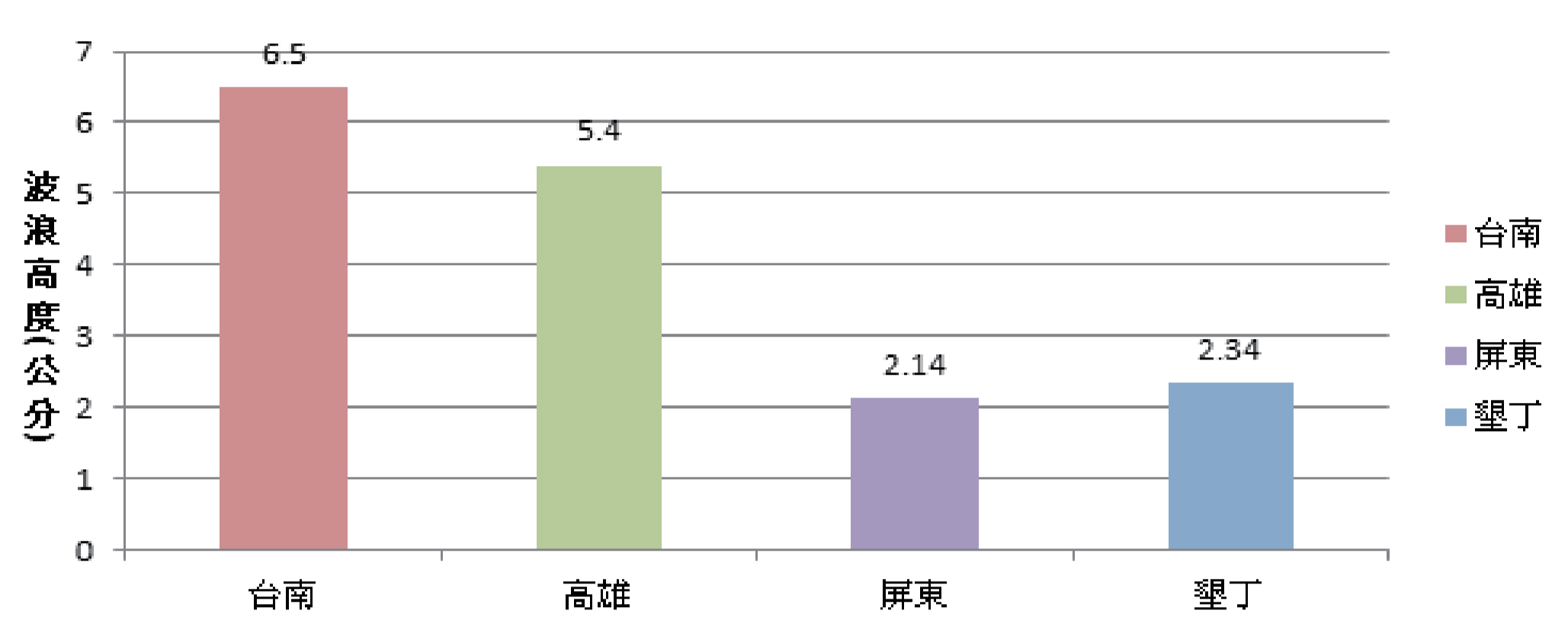
(一) 實驗結果



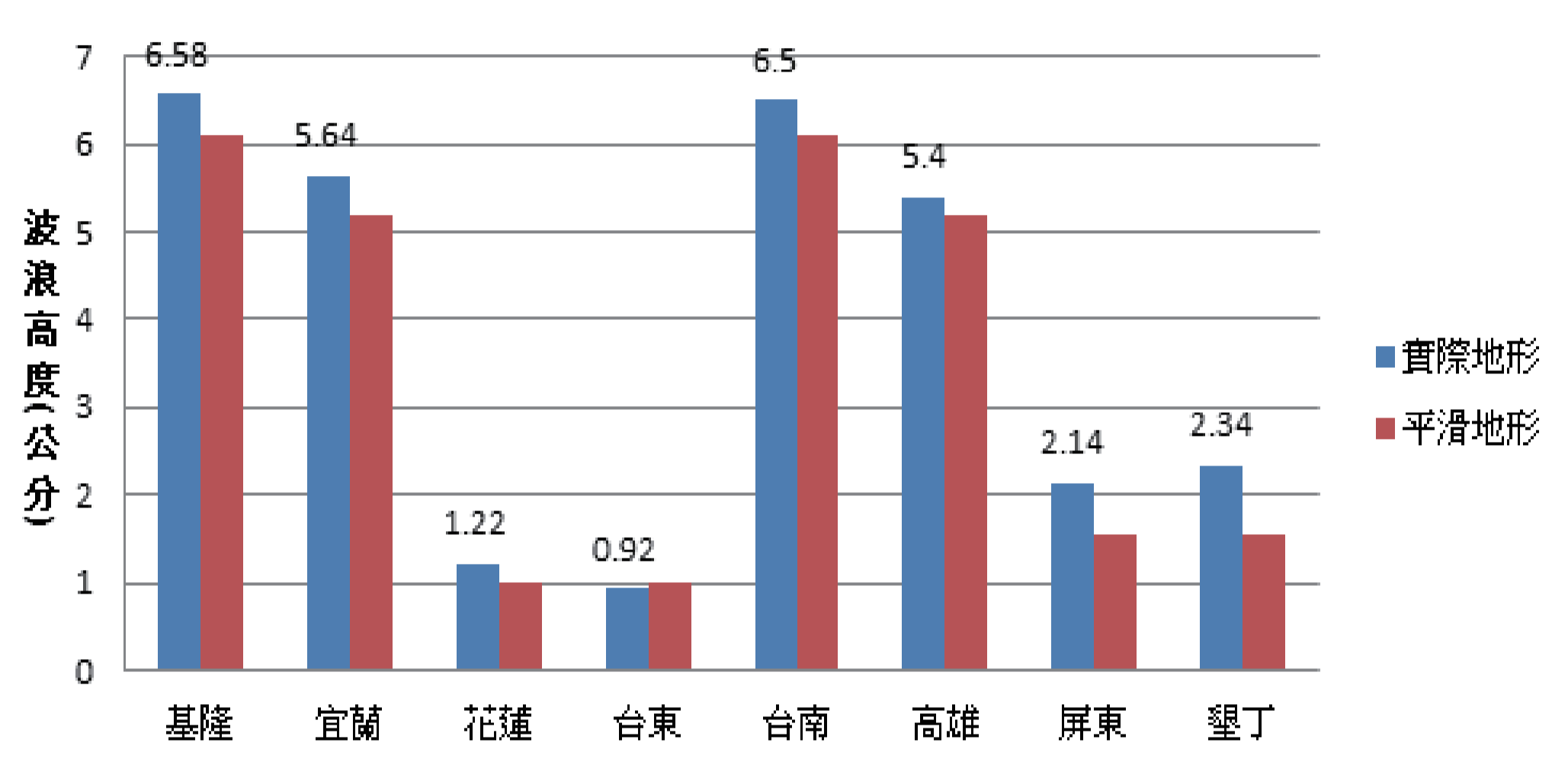
東部地區模擬海嘯平均高度圖



西部地區模擬海嘯平均高度圖



台灣各地區實際海底地形與平滑地形之海嘯高度比較圖



陸、結論

- 波浪產生的高度會因為斷層移動高度、移動體積增加而增高，也就是說當海底地震發生的時候，如果其速度越快或是體積越大，所產生的海嘯也就越大。
- 波浪前進速度因為水的深淺度而有所不同，水越深速度越快，反之則越慢。也就是說當海嘯在深海之中速度比較快，但在進入淺水區時速度會變慢。
- 正斷層發生的過程中，會將海水面向下拉扯，造成造成在震源附近海平面的陷落；逆斷層則正好相反，逆斷層會造成在震源附近海平面的抬昇；平移斷層未有明顯得海嘯波產生。
- 組合型斷層發生時，平移位置會影響海嘯波抵達的時間和高度。
- 在「海底斜坡長度與海嘯」實驗中，坡度的角度會影響海嘯的形成，太過直立的斜坡無法形成海嘯，也說明台灣海岸地形多為岩岸，海岸坡度較為直立，所以不容易形成海嘯。
- 我們發現可以利用模擬海岸的地形來研究海嘯發生的情形與嚴重程度。
- 海岸地形有不規律的高低起伏，可以減緩產生的海嘯高度。
- 我們發現不同夾角的地形，會影響波浪形成的高度，夾角越小的峽灣，會形成較高的波浪，夾角越大的峽灣，波浪的高度就會相對的比較低。這也說明了在這次日本大地震所引發的海嘯，地處峽灣地形的地方，都出現巨大的海嘯並造成重大的傷亡。
- 311日本大地震引出現巨大海嘯的地點中，仙台市、釜石市海底地形比較平緩，容易有巨大海嘯發生。另外，大船渡市和女川町海底地形雖較深，但因海岸灣口狹窄的關係，也出現驚人的海嘯。
- 台灣地區而言，因我國附近有琉球海溝與馬尼拉海溝，東北部以基隆和宜蘭地區，因海底地形較為平緩，容易出現巨大的海嘯；西南部則以台南跟高雄地區較容易出現巨大海嘯。其他如：花蓮、台東、屏東和墾丁地區，雖靠近斷層帶，但因海底地形較深，也海岸非灣口地形，因此出現巨大海嘯的機會相對的較低。
- 以實驗模擬台灣各地海嘯發生之情形，發現基隆和台南因斷層錯動形成的海嘯最高，過去文獻也有曾經發生海嘯的歷史紀錄，顯示該地區在地震發生後應多留意是否有海嘯伴隨發生。
- 目前著手將Google Earth中2D海底地形繪製出3D的海地地形，使用3D列印技術印製真實的海底地形。希望能進一步精確模擬台灣地區海嘯發生的情形。

柒、參考資料

詳如作品說明書