

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：天翻地富--富岡地質公園地質調查與研究

一、摘要：

本研究主要在調查富岡地質公園至加路蘭沿岸的單面山走向及傾角，小野柳採樣由南至北分 A-D 四區，北方的加路蘭為 E 區，結果發現岩層走向由南向北有越偏北的趨勢，由 A 區的北偏西約 70-50 度，到 C、D 區的北偏西約 50，至加路蘭的北偏西 10 度，往東則較偏西；而傾角的變化不大。岩塊在崩移過程不僅翻轉也發生扭轉。扁長麵團的模擬實驗發現麵團越長，斜坡越陡，發生翻轉與扭轉的機會越大。實地調查與模擬實驗支持我們的假設：小野柳到加路蘭的沉積岩層由大陸斜坡崩移，在過程中發生翻轉與扭轉。然後因板塊擠壓隆起，在接近海面時，上層部分岩層遭海浪作用侵蝕，接著造礁珊瑚生長形成不整合面。日後持續隆起終至整個岩層露出海面。海岸走向與岩層走向的扭轉造成小野柳幾乎垂直而加路蘭幾乎平行海岸的單面山景觀。

二、探究題目與動機

文獻資料顯示，富岡地質公園(小野柳)至加路蘭一帶，其沿岸的單面山岩層應屬同一外來岩塊，在崩移的過程中發生翻轉。我們好奇如此巨大的岩層，究竟是如何被翻轉的呢？其次，富岡地質公園裡單面山的走向與海岸線近乎垂直，但在加路蘭遊憩區的單面山走向則近乎與海岸線平行(如下圖)，如此巨大的同一岩塊，為何岩層走向由南向北轉了將近 90 度？是海岸走向關係，還是岩層發生了扭轉？因此，我們決定藉由文獻探討及實地調查，確認整個岩塊各岩層的走向及傾角，再藉由模擬實驗來模擬岩層滑落崩移過程中發生翻轉及扭轉的可能性。



加路蘭



富岡地質公園

三、探究目的與假設

為回答上述的問題，我們擬定三項探究目的，並提出假設如下：

- (一) 調查富岡地質公園的岩層的沉積構造，以了解露出的岩層是否全部翻轉。
- (二) 抽樣調查小野柳至加路蘭段露出的單面山的岩層走向與傾角，以了解全區的岩層走向與傾角是否有變化。
- (三) 以扁長麵團模擬岩層滑落，探討崩移過程中岩層翻轉及扭轉的可能性。

(四) 假設：小野柳到加路蘭的沉積岩層由大陸斜坡崩移，在過程中因為速度變化發生翻轉與扭轉。後因板塊擠壓隆起，在接近海面時，上層部分岩層遭海浪作用而侵蝕，後有造礁珊瑚生長。持續的隆起終至整個岩層露出海面。

四、探究方法與驗證步驟

(一)、實地沉積構造調查

1. 調查結果如下圖



倒轉波馬序列



倒轉交錯層



倒轉火焰構造



倒轉荷重構造及波痕



倒轉球枕構造及波痕

2. 石膏模擬荷重構造

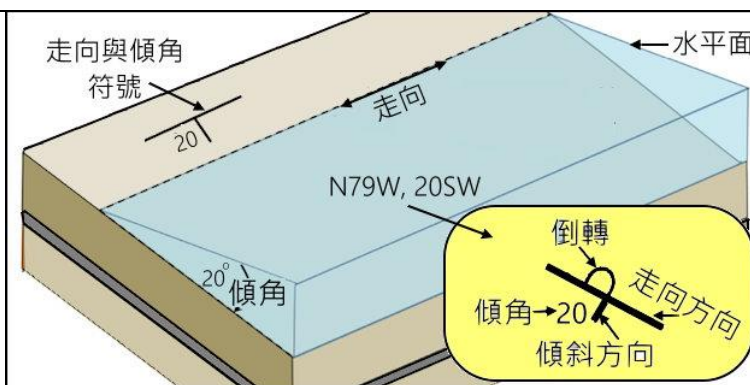


水與石膏以 80:100 的比例混合，把石膏倒進水中，等待 1 分鐘後攪拌，最底層攪拌 2 分鐘，中層攪拌 3 分鐘(粉紅色)，上層攪拌 4 分鐘，攪拌越久石膏乾硬越快，最後依序倒進容器中並等待石膏乾燥硬化。可以發現下層較軟的石膏有向上逃脫的現象。

3. 小結：比對從小野柳至加路蘭現地調查的沉積構造與文獻的正向沉積構造方向相反，及模擬的荷重構造，顯示整塊外來岩塊發生岩層翻轉。

(二)、岩層傾角與走向的測量

1. 測量方法：



(1) 岩層走向為岩層面與水平面的交線，傾角為垂直於走向向下的傾斜角度。手機配合 GeoClinoFree App 可作為傾斜儀。手機長邊貼合岩層，手機面呈水平時，長邊的方向即走向，手機向下倒下的角度即傾角。紀錄符號如左圖。



- (2) 因為岩層凹凸不平，我們使用平板取得測量點的平均坡度。開啟手機程式，手扶至水平歸零。再沿著斜傾斜下放，即測得走向及傾角，(如左圖)，並記下測量點的經緯度。
- (3) 以左圖為例，走向為北偏西 50 度，傾角為向西南傾斜 25 度。

2. 採樣方法

(1) 選區:

為安全起見，我們將有道路能走向岩層的區域為一區(如下圖)。由南向北，從富岡地質公園往加路蘭遊憩區取五個測量區。

(2) 採樣點：

每一區則由內向外，每區依岩層長短不同取 3~5 個量測點，每個點相隔約 5 公尺。共計 65 個採樣點。

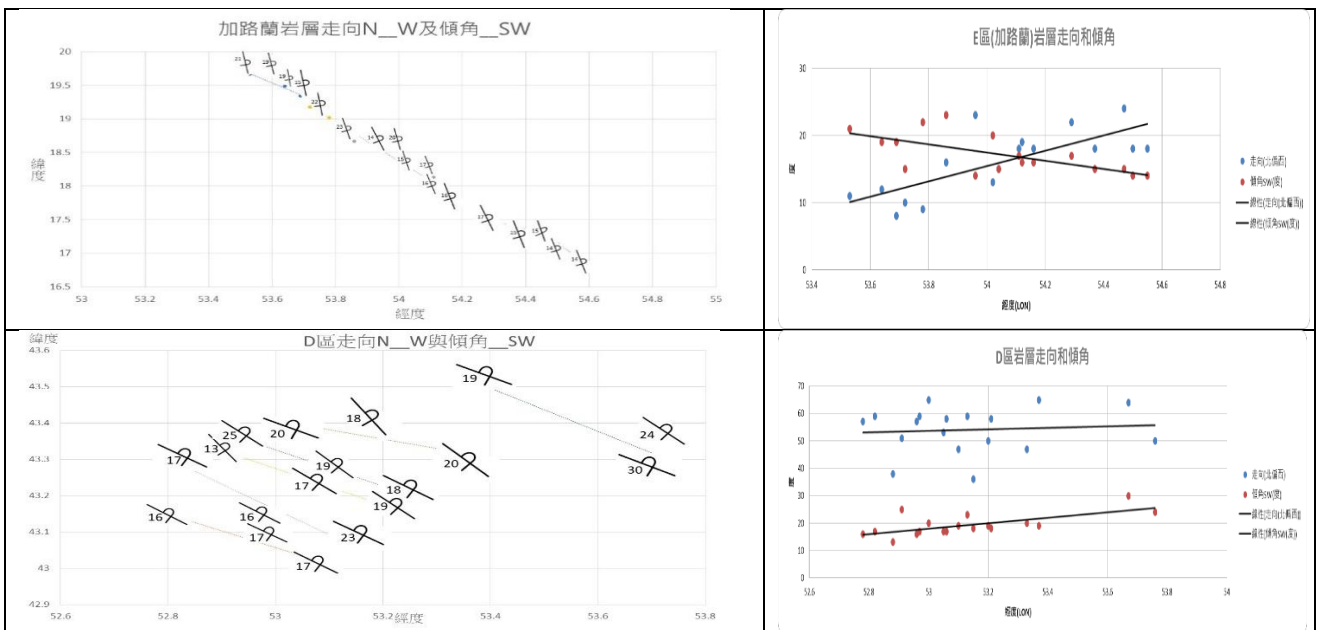


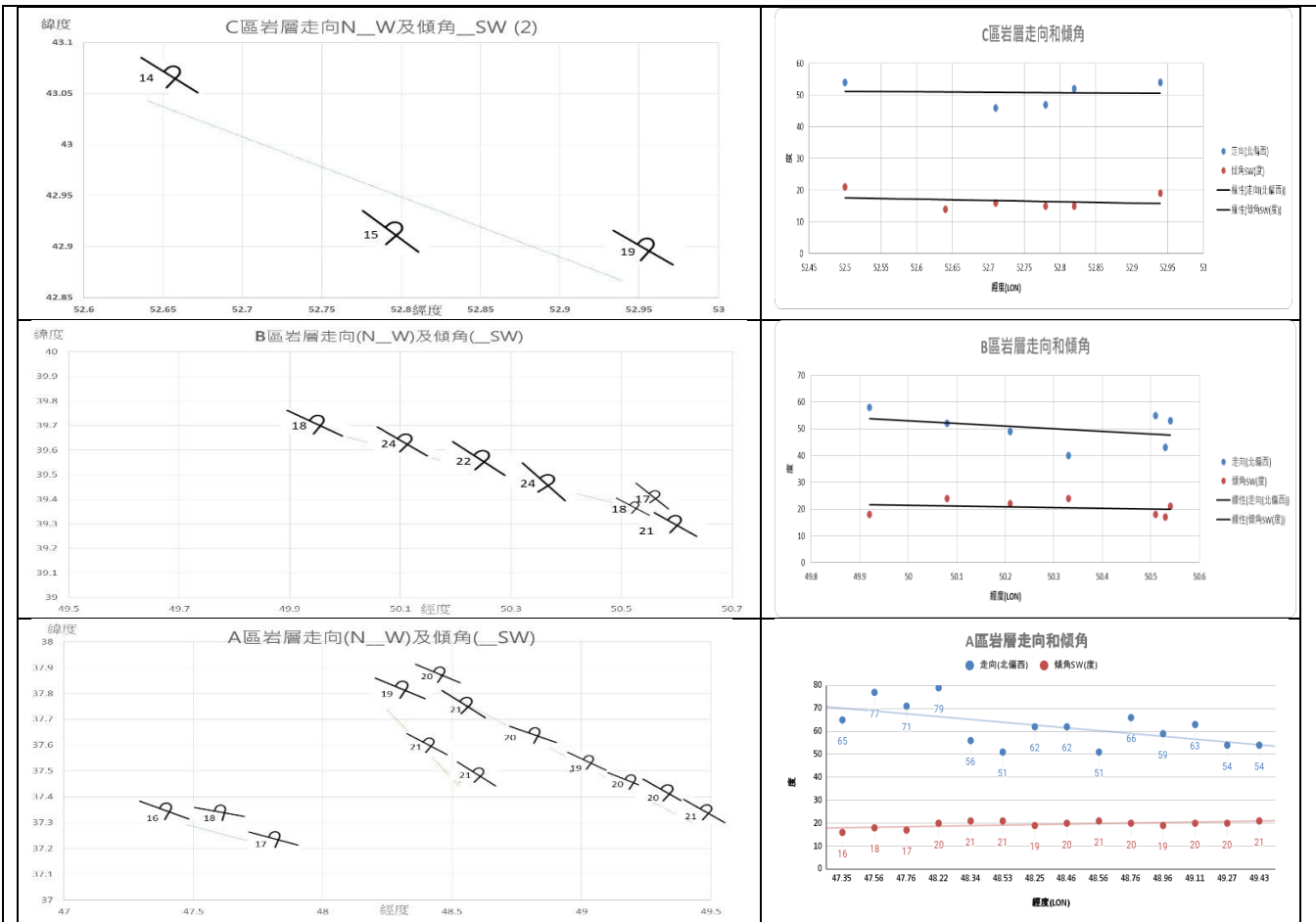
- A 區:3 條岩層
B 區:1 條岩層
C 區:2 條岩層
D 區:6 條岩層
E 區:5 條岩層

3. 測量結果

(1) 為了易於了解整個岩層的走向即傾角變化，我們經緯度標出採樣點，並在採樣點上繪製走向與傾角符號。

(2) 由 E 至 A 即由北向南的數據如下：





4. 分析

- (1) E 區，走向分布由北偏西約 8-19 度，往北較偏北，往東較偏西；傾角分布在約向西南 14-23 度，往北越大；往東越小。
 - (2) D 區，走向分布由北偏西約 36-65 度，往北較偏北，往東較偏西；傾角分布在約向西南 13-24 度，往北越大；往東越大。
 - (3) C 區，走向分布由北偏西約 47-54 度，往北較偏北，往東較偏西；傾角分布在約向西南 14-21 度，往北稍大；東稍小。
 - (4) B 區，走向分布由北偏西約 43-58 度，往北較偏西，往東較偏北；傾角分布在約向西南 17-24 度，往北稍大；東稍小，中間較大。
 - (5) A 區，走向分布由北偏西約 54-79 度，往北較偏西，往東較偏北；傾角分布在約向西南 16-21 度，往北較大；東較大。
5. 小結：岩層由南向北，A、B 區均呈現往北走向較偏西，往東較偏北，到 C、D、E 區後呈現扭轉，往北越偏北，尤其至加路蘭最小僅北偏西 8 度，往東則較偏西；而傾角的變化不大，一般而言往北越大，往東越大，E 區則是往東較小。岩層在崩移過程不僅翻轉也發生扭轉。

(三) 岩層崩移模擬實驗

1. 麵團模擬實驗規劃及步驟

- (1) 經多方實驗我們發現利用麵團來模擬岩層的崩移，效果良好。我們使用不同長度的麵團，分為 30 公分、40 公分、50 公分，在不同斜坡角度(30、40、50、60 度)滑落十次，統計其發生褶皺、翻轉(層序倒轉)及扭轉(岩層走向改變)次數。
- (2) 麵團製作：量取水 60g，麵粉 100g，將水和麵粉以 3:5 的比例混和搓揉成團狀，分別加入不同顏色顏料代表不同年齡的岩層，再將麵團桿成長條狀並疊在一起，放置在壓克力板的起點順勢放手下滑，最後拍照紀錄滑落結果。

2. 實驗結果

無障礙物	有障礙物																																								
<p>褶皺(10次)</p> <table border="1"> <caption>無障礙物 - 褶皺(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>10%</td> <td>0%</td> <td>40%</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>0%</td> <td>40%</td> <td>40%</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>30%</td> <td>70%</td> <td>70%</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	10%	0%	40%	60%	40cm	0%	40%	40%	50%	50cm	30%	70%	70%	60%	<p>褶皺(10次)</p> <table border="1"> <caption>有障礙物 - 褶皺(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>40%</td> <td>10%</td> <td>100%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>50%</td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>60%</td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td>70%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	40%	10%	100%	20%	40cm	50%	40%	60%	20%	50cm	60%	40%	60%	70%
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	10%	0%	40%	60%																																					
40cm	0%	40%	40%	50%																																					
50cm	30%	70%	70%	60%																																					
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	40%	10%	100%	20%																																					
40cm	50%	40%	60%	20%																																					
50cm	60%	40%	60%	70%																																					
<p>翻轉(10次)</p> <table border="1"> <caption>無障礙物 - 翻轉(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>40%</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>10%</td> <td>40%</td> <td>40%</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	0%	0%	40%	0%	40cm	0%	0%	0%	10%	50cm	10%	40%	40%	60%	<p>翻轉(10次)</p> <table border="1"> <caption>有障礙物 - 翻轉(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>10%</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>30%</td> <td>20%</td> <td>30%</td> <td>30%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	0%	0%	10%	0%	40cm	0%	0%	0%	20%	50cm	30%	20%	30%	30%
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	0%	0%	40%	0%																																					
40cm	0%	0%	0%	10%																																					
50cm	10%	40%	40%	60%																																					
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	0%	0%	10%	0%																																					
40cm	0%	0%	0%	20%																																					
50cm	30%	20%	30%	30%																																					
<p>扭轉(10次)</p> <table border="1"> <caption>無障礙物 - 扭轉(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>40%</td> <td>40%</td> <td>40%</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>60%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>90%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	40%	40%	40%	70%	40cm	60%	100%	100%	100%	50cm	100%	100%	90%	100%	<p>扭轉(10次)</p> <table border="1"> <caption>有障礙物 - 扭轉(10次) 數據表</caption> <thead> <tr> <th>麵團長度</th> <th>30度</th> <th>40度</th> <th>50度</th> <th>60度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm</td> <td>50%</td> <td>70%</td> <td>20%</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>40cm</td> <td>80%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>50cm</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	麵團長度	30度	40度	50度	60度	30cm	50%	70%	20%	50%	40cm	80%	100%	100%	100%	50cm	100%	100%	100%	100%
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	40%	40%	40%	70%																																					
40cm	60%	100%	100%	100%																																					
50cm	100%	100%	90%	100%																																					
麵團長度	30度	40度	50度	60度																																					
30cm	50%	70%	20%	50%																																					
40cm	80%	100%	100%	100%																																					
50cm	100%	100%	100%	100%																																					
<p>實驗結果分析：整體來說，麵團的長度越長，斜坡角度越大，翻轉、扭轉及摺皺的狀況就越明顯；扭轉的部分只要麵糰長度夠長就必定會發生；褶皺及翻轉都在 50 公分時較明顯。</p>	<p>實驗結果分析：不管任何長度的麵團，任何角度的斜坡，在遭遇障礙物後，都易產生摺皺；扭轉部分，麵團在遭遇障礙物產生衝擊，使後段的麵團往左右兩邊彎曲；翻轉則是在麵團長度達 50 公分時比較顯著。</p>																																								



滑落後產生褶皺。(麵團 40x10cm，斜坡 40°，藍色年輕岩層)



滑落後產生褶皺，發生翻轉，紅色年老岩層在中間。(麵團 40x10cm，斜坡 60°)



滑落後產生褶皺，發生翻轉，紅色年輕岩層(麵團 30x10cm，斜坡 50°)



滑落後產生褶皺，發生翻轉與扭轉，藍色為年輕岩層。(麵團 40x10cm，斜坡 60°)

3. 小結：模擬的岩層從斜坡上崩移，當前端停止滑動或降速，後端因慣性仍往前衝，而產生褶皺，扭轉，甚至翻轉。扭轉的機率最大，產生褶皺的機率次之，發生翻轉的機率較小。不過崩移的岩層長度越長，斜坡越陡，翻轉的機率越大。至於在崩落過程是否遭遇障礙，影響不大。崩移岩層前後端的劇烈速度差異，導致後面的岩層因慣性繼續前衝產生褶皺，甚至翻轉。模擬實驗可說明我們的假設：小野柳至加路蘭的岩層，因為岩塊長度及坡度，導致崩移時發生扭轉並翻轉。

五、結論與生活應用

(一)、結論

1. 小野柳至加路蘭沉積構造的調查，及岩層走向與傾角的測量，指出岩塊在崩移過程不僅翻轉也發生扭轉。岩層走向由南向北有越偏北的趨勢，而傾角無明顯變化，向西南傾斜約 20 度。
2. 小野柳海岸走向約 N25E(N155W)，而岩層走向約 N60W 到 N50W，因此單面山幾乎垂直於海岸；加路蘭的海岸走向約 N15W，而岩層走向約 N8W 到 N19W，因此幾乎平行海岸。單面山與海岸線夾角的差異不僅是海岸線走向的差異，而岩層走向的扭轉更是主要因素。
3. 實地調查與模擬實驗支持我們的假設：小野柳到加路蘭的沉積岩層在崩移時發生翻轉與向北扭轉。在隆起至接近海面時，上層部分岩層遭侵蝕，然後造礁珊瑚生長形成不整合面。

(二)、生活應用

本作品探討了從加路蘭到富岡地質公園的單面山岩層，可以提供富岡地質公園作為解說的資料，或是地質的教材，讓外地遊客來到富岡地質公園時，能更更快了解這裡的地質風貌。

參考資料

- 一、李錦發主編 (2018)。臺灣的地質遺跡。經濟部中央地質調查所。
- 二、宋國城 (1991)。海岸山脈利吉層中沉積岩塊之特徵性。經濟部中央地質調查所特刊。
- 三、林偉雄、林啟文、劉彥求、陳柏村 (2008)。臺東、知本地質圖說明書。
- 四、莊文星 (2008)。上下顛倒之典型凹槽鑄型構造代表本區域翻轉之地層。數位典藏與數位學習聯合目錄。
- 五、陳文山(1991)臺灣東部海岸山脈利吉層的成因。經濟部中央地質調查所特刊
- 六、塗明寬、許永松 (2006)。原生沉積構造: 古代沉積環境的探針。