

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

佳作

最佳團隊合作獎

031729

海邊的風吹砂怎麼會膠結成塊呢？

學校名稱：臺南市立後甲國民中學

作者： 國一 張孟淞 國一 趙元 國一 陳威宇	指導老師： 侯念佐 陳守仁
--	-----------------------------

關鍵詞：風吹砂、膠結、碳酸鈣

摘要

風吹砂的砂粒中含有大量的碳酸鈣，當帶有酸性的雨水和濱海植物根部釋出的物質溶於水中，就會侵蝕碳酸鈣，並沈澱於顆粒的細縫中，形成灰白色、半透明和黃褐色的細小顆粒，將風吹砂顆粒膠結起來，這些細小顆粒就是膠結的介質。碳酸鈣含量越多，介質與顆粒間的接觸面積越大，膠結就越緊密。

而風吹砂顆粒膠結時形成的分層，是由規律的季風帶來砂粒並膠結，其中一次風吹就會造成一次膠結，若過程中有間斷，會因分界處較脆弱而形成分層。

壹. 研究動機

今年寒假，我們參加兒科中心舉辦的風吹砂教學活動。在那裡，我們驚訝的發現許多砂竟然膠結在一起，而且還形成一層一層呢！這些砂是如何膠結的？爲什麼會形成分層呢？爲了解決這些疑問，於是我們開始了以下的研究。



貳. 研究目的

- 一. 觀察採集回來的膠結物和風吹砂顆粒的關係。
- 二. 由擠壓實驗觀察風吹砂顆粒是如何固結的。
- 三. 在滴入不同溶液的實驗中探究風吹砂顆粒的膠結變化。
- 四. 膠結物的形成和植物汁液與碳酸鈣含量的關係。

參. 研究器材

- 一. 岩石：風吹砂顆粒、膠結物和其分層、頁岩顆粒、珊瑚礁粉末。
- 二. 觀察儀器：放大鏡、立體顯微鏡。
- 三. 水溶液：蒸餾水、稀鹽酸、醋酸水、硼酸水、小蘇打水、澄清石灰水、啞狗海地下水、食鹽水、海水、雨水、氧化鐵水溶液。
- 四. 測量用具：秤、天平、量筒、尺。
- 五. 植物：林投、馬鞍藤、濱刺麥。
- 六. 其他器材：研鉢、篩網、培養皿、廣用試紙、pH 測定器、滴管、透明塑膠盒、標本瓶、漏斗架、濾紙、漏斗、排水集氣用具、鐵釘及鐵球(測緊密度)、自製擠壓器材。

肆. 研究問題

- 一. 觀察風吹砂的顆粒。
- 二. 觀察膠結物的分層。
- 三. 怎樣使風吹砂顆粒固結?
- 四. 怎樣使風吹砂顆粒膠結?
- 五. 膠結物的膠結和植物汁液有甚麼關係?
- 六. 風吹砂顆粒中的碳酸鈣含量和膠結有甚麼關係?

伍.研究過程

一. 活動一：觀察風吹砂的顆粒

(一) 觀察未膠結的顆粒：

1. 器材：研鉢、風吹砂顆粒、篩網、立體顯微鏡、培養皿。

2. 觀察方法：

- (1)過篩風吹砂的顆粒，並分級。
- (2)在立體顯微鏡下觀察。
- (3)記錄顆粒顏色的比例(以九宮格法計算)。
- (4)將顆粒粒徑和顏色的比例畫成圖表。
- (5)探究顆粒可能的來源、成份。
- (6)觀察已膠結的顆粒並和未膠結的顆粒做比較。



3. 立體顯微鏡觀察結果：

(1)風吹砂顆粒主要由土黃色、褐色、黑色、灰色和白色顆粒所組成，其中以白色顆粒較多，但用肉眼觀察其組成卻發現以土黃色系的顆粒為主，可能原因為白色顆粒的顏色較不明顯，且與土黃色、褐色顆粒混合時不易觀察。

(2)顆粒多呈不規則形，但亦有部份顆粒較為圓滑，可能是在河水或海水中與其它顆粒互相摩擦所致。

(3)有極少的紅色和紫色顆粒，形狀不一，可能是紅珊瑚的碎塊或貝殼碎片。

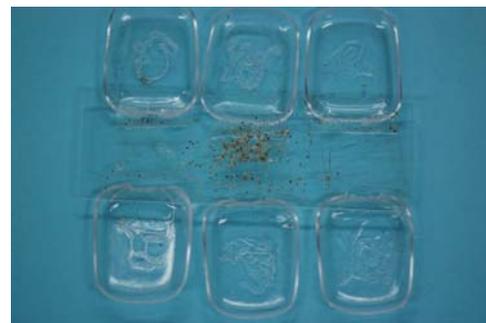


4. 風吹砂顆粒中不同顏色的顆粒各是什麼？

(1)方法：用自製挑選顆粒的器材挑出不同顏色的顆粒(0.590mm~0.297mm)，並檢驗其成份。

(2)發現：

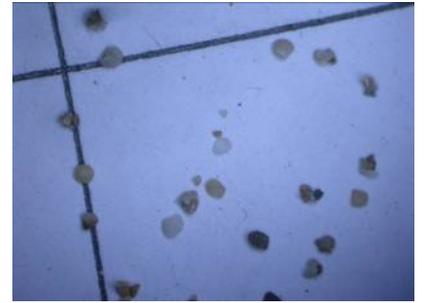
- a. 白色的顆粒中滴稀鹽酸會冒泡，且能被探針戳破的，可能是方解石或珊瑚礁碎塊。而不會冒泡也不會被探針戳破的可能是石英。
- b. 土黃色顆粒滴了稀鹽酸後會被洗掉變成白色，所以土黃色顆粒可能是被氧化鐵污染所致，而剩下的白色顆粒，不會被探針戳破的是石英，滴稀鹽酸會冒泡是方解石或珊瑚礁碎塊。



- c. 黑色、褐色、灰色的顆粒滴稀鹽酸並不會冒泡，推測可能是其他岩石的碎塊。
- d. 顏色鮮豔的顆粒滴稀鹽酸會冒泡，可能是貝殼碎片。

5. 未膠結顆粒不同粒徑的重量百分比：

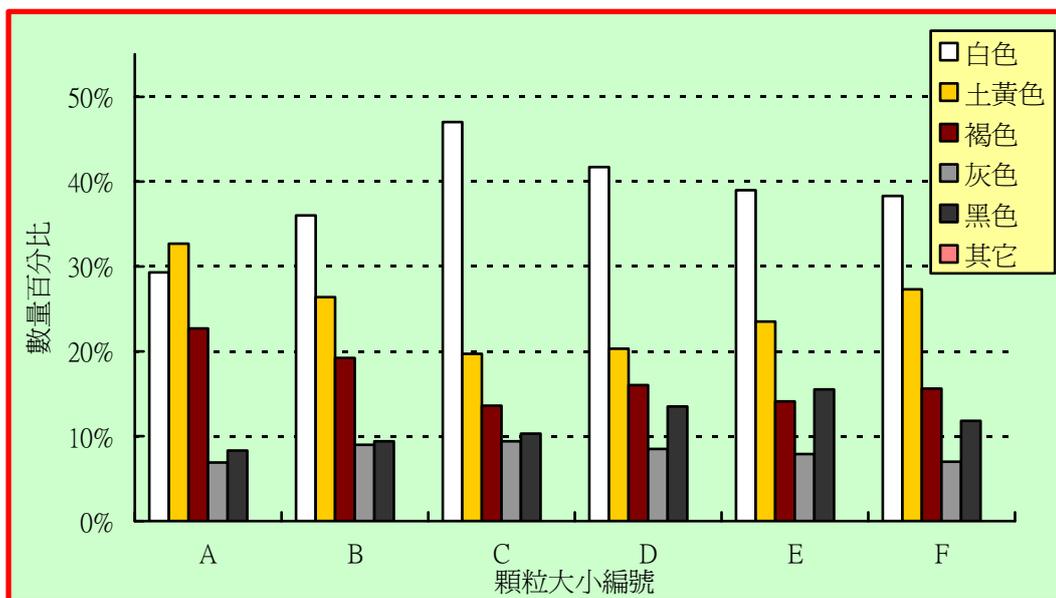
大小分群編號	粒徑	重量百分比
A	>0.590mm	9.8%
B	0.590mm~0.297mm	50.6%
C	0.297mm~0.210mm	31.8%
D	0.210mm~0.149mm	7.2%
E	0.149mm~0.104mm	0.3%
F	<0.104mm	0.3%



6. 風吹砂顆粒各種粒徑不同顏色的數量百分比：

粒徑大小 \ 顆粒顏色	顆粒顏色					
	白色	土黃色	褐色	灰色	黑色	其它
A(>0.590mm)	29.3%	32.7%	22.7%	6.9%	8.3%	0.1%
B(0.590mm~0.297mm)	36.0%	26.4%	19.2%	9.0%	9.4%	0.0%
C(0.297mm~0.210mm)	47.0%	19.7%	13.6%	9.4%	10.3%	0.0%
D(0.210mm~0.149mm)	41.7%	20.3%	16.0%	8.5%	13.5%	0.0%
E(0.149mm~0.104mm)	39.0%	23.5%	14.1%	7.9%	15.5%	0.0%
F(<0.104mm)	38.3%	27.3%	15.6%	7.0%	11.8%	0.0%

7. 風吹砂顆粒各種粒徑不同顏色的數量百分比長條圖

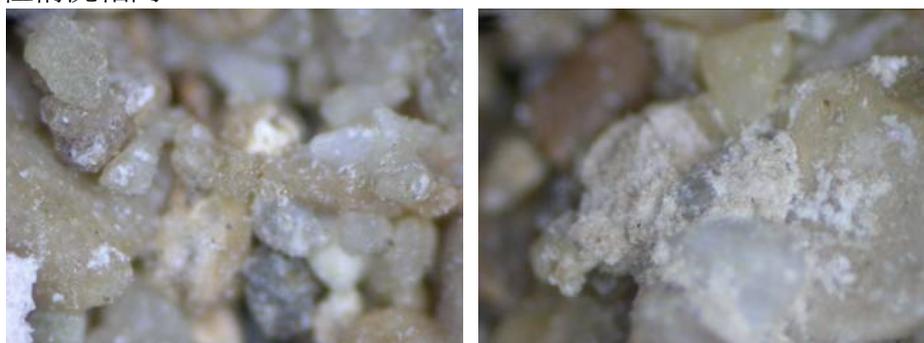


(二) 觀察已膠結的顆粒



1. 立體顯微鏡觀察結果(未敲碎和已敲碎的顆粒)：

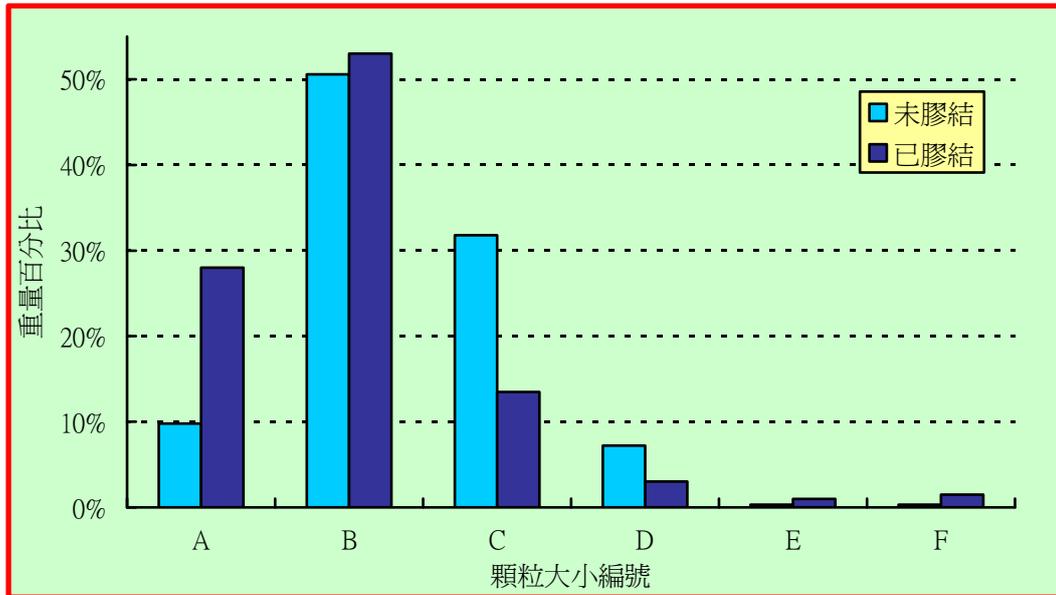
- (1) 膠結物是由一種半透明、灰白色和黃褐色的細小顆粒膠結在一起，這些細小顆粒可能為膠結的介質。
- (2) 敲碎的已膠結顆粒上附著許多灰白色的細小顆粒，可能為殘留的介質。
- (3) 肉眼觀察時，以土黃色顆粒為主，顯微鏡下白色、半透明的顆粒則較多，和未膠結顆粒情況相同。



2. 已膠結顆粒不同粒徑的重量百分比：

大小分群編號	粒徑	重量百分比
A	>0.590mm	28.0%
B	0.590mm~0.297mm	53.0%
C	0.297mm~0.210mm	13.5%
D	0.210mm~0.149mm	3.0%
E	0.149mm~0.104mm	1.0%
F	<0.104mm	1.5%

3. 未膠結和已膠結顆粒不同粒徑的重量百分比長條圖：



(三) 討論：

1. 風吹砂顆粒主要由土黃色、褐色、黑色、灰色和白色顆粒所組成。
2. 敲碎的已膠結顆粒和未膠結顆粒在顯微鏡下最大的差別為：敲碎的已膠結顆粒有灰白色的細小顆粒附著，所以這些細小顆粒可能為膠結的介質。
3. 已膠結的顆粒 0.149~0.104 mm 和小於 0.104 mm 的顆粒比例較未膠結多，可能是膠結物形成時細小的顆粒會形成膠結的介質，而將膠結物敲碎後細小顆粒會析出。



4. 已膠結顆粒粒徑大，粒徑集中於大於 0.590 mm 和 0.590~0.297 mm，可能因表面積較大而較易膠結。
5. 風吹砂顆粒以白色為最多，土黃色次之，白色顆粒約佔 29%~47%，而土黃色顆粒約佔 19%~32%，且兩者數據呈反向變化，可能原因為原本都只有白色顆粒，但部分顆粒因為氧化鐵的緣故而被染成土黃色。



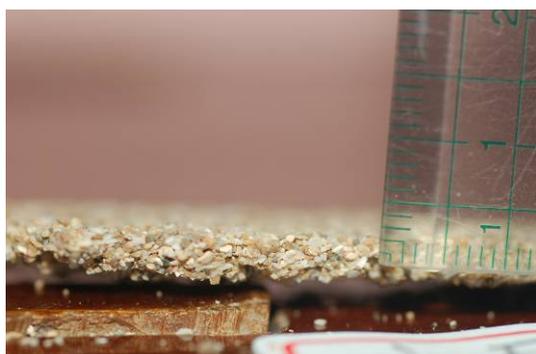
6. 白色顆粒可能是石英、方解石或珊瑚礁碎塊，而土黃色顆粒為白色顆粒受氧化鐵污染所致，其它顆粒可能為岩石碎塊。

二. 活動二、觀察膠結物的分層



- (一) 目的：觀察膠結物的分層是否有規律性或特別處。
- (二) 器材：放大鏡、膠結物分層、尺。
- (三) 方法：1. 觀察膠結物的分層。
2. 用尺測量膠結物每層的厚度，並測十層求平均。
3. 記錄結果並討論。
- (四) 測量結果：(單位 cm)

次數 種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
薄層	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.35
厚層	1.9	1.6	1.5	1.4	1.8	2.3	1.9	1.4	1.8	2.0	1.76



(五) 討論：

1. 在膠結物中有分層，分成許多厚層，厚度約 1.5~2 公分，厚層上下表面平整，內分 4~7 薄層，厚約 0.3~0.4 公分，內部的顆粒雖然沒有明顯層次，但排列有一定的方向性。
2. 分層和分層的分界處較為脆弱，故侵蝕嚴重，使層與層的分界明顯，推測成層原因為作用時有停頓的現象，兩次作用間若暫停越久，則分界處越脆弱。
3. 每一分層的朝上面都是由較大的顆粒所組成，而朝下面則是由大顆粒夾雜著小顆粒所組成，可能和風力的變化有關。
4. 分層有規律性，所以分層可能和較有規律性的季風有關，且一薄層就是一次風吹作用所造成的結果。



三. 活動三：怎樣使風吹砂顆粒固結？

(一) 目的：

1. 觀察是否可利用自製的擠壓器材，使風吹砂顆粒固結在一起。
2. 以不同的操縱變因，測試如何使風吹砂顆粒固結得更緊密。

(二) 器材：風吹砂顆粒、秤、量筒、RO 水、不同 pH 值的水溶液、自製擠壓器材、鐵球。

(三) 方法：



(四) 操縱變因：

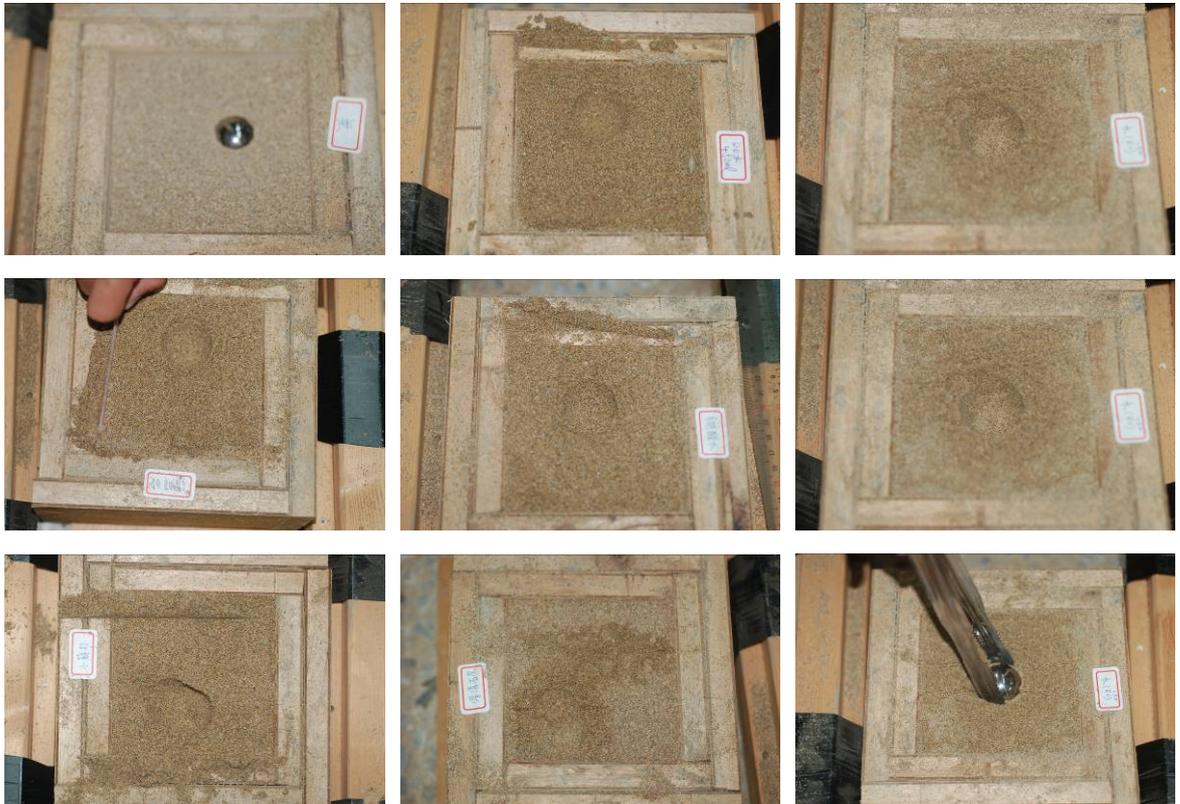
1. 水量不同：無水、150ml、300ml、450ml。
2. 溶液的 pH 值不同：pH3、pH4、pH7、pH8、pH11。

(五) 實驗結果：(以鐵球撞擊擠壓後的砂，測量凹陷程度)



水量不同	凹陷程度
無水	整顆陷入, 無法測量
RO 水 150ml	3.8cm
RO 水 300ml	X
RO 水 450ml	2.3cm

pH 值不同	凹陷程度
pH3(醋酸水)	2.7cm
pH4(飽和硼酸溶液)	2.5cm
pH7(RO 水)	3.8cm
pH9(小蘇打水) 5%	3.0cm
pH11(澄清石灰水)5%	2.0cm



(六) 討論：

1. 其他溶液的膠結程度明顯較 RO 水緊密。
2. 原本覺得最有可能膠結的醋酸水膠結效果並不佳，凹陷達 2.7cm；而鹼性的澄清石灰水凹陷僅 2.0cm，鹼性溶液是否也能使風吹砂顆粒膠結，有待進一步觀察。
3. RO 水水量越多膠結程度越佳，若待水份蒸發後膠結情形是否相同？
4. 水份蒸發後，溶液的溶質是否能形成膠結介質？亦有待觀察。



四. 活動四、怎樣使風吹砂顆粒膠結？

(一) 目的：加入不同的水溶液，觀察其是否可使風吹砂顆粒膠結？

(二) 器材：不同酸鹼值的水溶液、風吹砂顆粒、天秤、水晶杯、標籤紙、藥杓、蒸餾水。

(三) 方法：

1. 量出 100 公克的風吹砂顆粒，並裝入水晶杯中。
2. 調配 5% 的不同 pH 值溶液各 50g。
3. 將調配好的水溶液加入裝有風吹砂顆粒的水晶杯中。
4. 用攪拌棒將溶液和顆粒攪拌均勻。
5. 將水晶杯放置於窗口一個星期，曬乾顆粒。
6. 在顯微鏡下觀察並記錄其膠結情形。
7. 用頂端綁上棉線的鐵釘落下，測試其膠結緊密度。



(四) 變因：

1. 操縱變因：水溶液的種類不同。
2. 保持不變變因：水量相同、重量百分率濃度相同、砂子重量、溼度、粒徑相同、容器形狀相同。
3. 應變變因：顆粒膠結的程度。

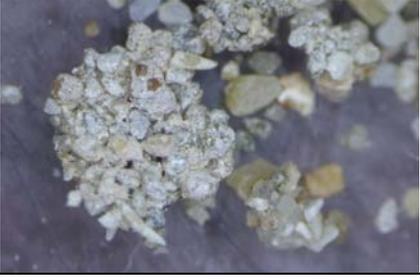


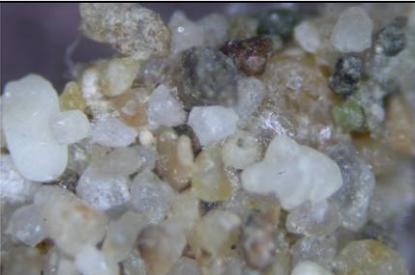
(五) 使用的水溶液：硼酸水、醋酸水、林投水耕溶液 (1~3)、地下水、海水、雨水、蒸餾水、澄清石灰水、小蘇打水、食鹽水、氧化鐵水溶液。

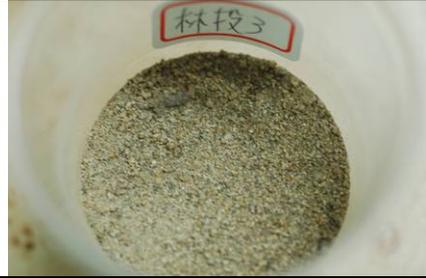
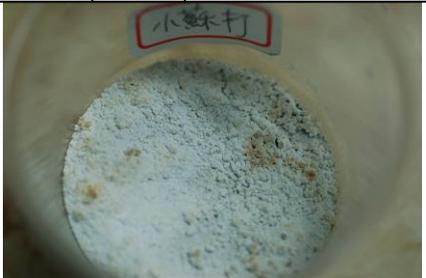
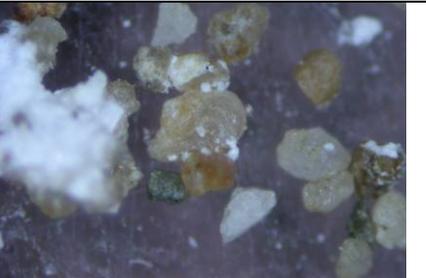
(六) 結果：

	醋酸水	硼酸水	地下水	雨水	林投 2	蒸餾水	食鹽水
鐵釘從距離 20cm 處落下 深度	2.0cm	0.0cm	2.5cm	2.0cm	2.0cm	2.5cm(到底)	0.3cm
	氧化鐵水溶液	林投 1	海水	林投 3	小蘇打水	澄清石灰水	
	2.0cm	2.0cm	0.4cm	2.0cm	1.5cm	2.0cm	

	冒泡 與否	原本 pH 值	顯微鏡下觀察結果
醋酸水	大量	3	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有白色和半透明的顆粒狀結晶，聚集成團狀，膠結緊密。 2. 醋酸水的膠結，顆粒與顆粒間由黃褐色極為細小的顆粒作為介質連接，接縫處未完全填充。 3. 醋酸水可能會溶解風吹砂顆粒中的某種成份，使之形成結晶，並成為膠結的介質。

硼酸	少量	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 顆粒間膠結緊密，顆粒接縫處由半透明和白色的細小顆粒填充，將其緊密接合。 2. 硼酸可能會溶解風吹砂顆粒中的某種物質，使其形成膠結的介質，而介質亦可能是溶液本身所產生的硼酸結晶。
 			
地下水	無	6.5	<ol style="list-style-type: none"> 1. 顆粒間的連接是由灰白色和白色的細小顆粒為介質接合而成。 2. 介質與顆粒間的連接面積較小，故較易碎。 3. 地下水中雖無添加其它溶質，但可能將風吹砂顆粒中的細小顆粒溶出而形成介質。
 			
雨水	無	6.6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介質為灰白色和黃褐色的細小顆粒，顆粒和介質接觸面積小，故易碎。 2. 雨水膠結效果較蒸餾水佳，且介質和風吹砂顆粒相似，所以雨水可能是使風吹砂顆粒膠結的原因之一。
 			
林投水	無	6.9	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膠結易碎，結構鬆散，介質和地下水、蒸餾水同，皆為灰白色粉末狀顆粒，介質和顆粒之接觸面積較蒸餾水多，膠結亦較緊密。 2. 介質之形成原因可能和蒸餾水、地下水相同，皆為風吹砂顆粒中的細小顆粒溶出所致。
 			

蒸餾水	無	7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膠結極易碎，介質為灰白色和米色的粉末狀顆粒，介質和顆粒間的接觸面積僅有數點，故十分易碎。 2. 蒸餾水中並無任何雜質，但還是會使風吹砂顆粒膠結，可能是蒸餾水能將其中的細小顆粒溶出，使之成為膠結介質，但可能因量較少，故膠結效果不佳。
 			
食鹽水	無	7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膠結緊密，介質為透明之顆粒狀結晶，未有規則形狀，但應為食鹽顆粒，與風吹砂顆粒接觸面積較大，但未完全充填，膠結之緊密程度較硼酸差。
 			
氧化鐵水溶液	無		<ol style="list-style-type: none"> 1. 介質為灰白色的細小顆粒，但有許多顆粒和介質被黃褐色的細小顆粒附著在表面而染成黃褐色。 2. 膠結較蒸餾水緊密，所以氧化鐵也可能是使風吹砂顆粒膠結的原因之一，而膠結物中黃褐色的介質可能為氧化鐵。
 			
林投水一	無	7.4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介質和林投 2 相同，亦為灰白色的細小粉末狀顆粒，介質和顆粒間接觸面積小，故易碎。 2. 介質形成原因可能和林投 2、地下水、蒸餾水同。
 			

海水	無	7.8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膠結緊密，介質和食鹽水相似，都為透明的顆粒狀結晶，介質與顆粒接觸面積大。 2. 海水可使風吹砂顆粒膠結，風吹砂的膠結在海邊形成，可能和海水有關。
 			
林投水	無	7.9	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膠結易碎，介質和林投 1、2 相似，為灰白色和米色的粉末狀顆粒，顆粒和介質間的接觸面積小，故易碎。 2. 林投 1、2、3 的膠結情形都十分相似，且效果都較蒸餾水佳，所以表示林投會釋出使風吹砂顆粒膠結的物質。
 			
小蘇打水	無	8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小蘇打水所產生的結晶為白色或半透明，膠結緻密，不易碎，為粉末狀的白色細小顆粒膠結成團所組成。 2. 加入小蘇打水的風吹砂顆粒，膠結緊密，介質為小蘇打結晶，充填在縫隙中，故不易碎。
  			
澄清石灰水	無	11	<ol style="list-style-type: none"> 1. 澄清石灰水表面有半透明的薄片形成，顆粒間膠結的介質為半透明和白色的細小顆粒，有部份充填，膠結效果較地下水、林投水好，但較食鹽水差。
 			

(七) 討論：

1. 風吹砂顆粒膠結需要一種介質，將顆粒和顆粒連接，顆粒和介質間的接觸面積越大，膠結越緊密。
2. 地下水、蒸餾水和林投水 1~3 產生的介質皆為灰白色細小顆粒，可能是這些溶液會將風吹砂顆粒中的細小顆粒溶出，進而形成膠結的介質。
3. 蒸餾水也可膠結，但極易碎，而林投水和地下水的膠結則較蒸餾水緊密，所以林投釋出的物質可能會使風吹砂顆粒膠結。
4. 醋酸水加入風吹砂顆粒後和其交互作用，產生白色顆粒狀的結晶，但醋酸水產生的膠結介質卻為黃褐色，可能為交互作用之產物。
5. 風吹砂顆粒膠結的介質有灰白色、黃褐色、半透明、米黃色等數種，所以使風吹砂顆粒膠結的溶液可能不只一種，而介質的來源也不只一種。
6. 雨水、海水、氧化鐵水溶液、地下水和林投水都可能是自然界中使風吹砂顆粒膠結的溶液。



五. 活動五、膠結物的膠結和植物汁液有甚麼關係？

(一) 野外觀察：啞狗海、風吹砂

1. 啞狗海的膠結地點是一片斜坡而且向海，上方有林投等植物，下方的膠結是由一種細小的砂粒將大小不等的礫石膠結起來，而細小的砂粒也會互相膠結成塊。
2. 在整片斜坡的下方有水滲出，可能是地下水，在其周圍和岩石底部都有方解石結晶形成，所以那些水可能是微酸性，酸性的來源可能來自酸雨或濱海植物。
3. 啞狗海並無明顯分層，膠結也較為緊密，和風與碳酸鈣的量有關嗎？
4. 風吹砂的膠結也是面向海，方位角約為 310 度，和季風風向接近垂直，亦是在斜坡面，較啞狗海陡峭，上方也有林投叢。



(二) 測量濱海植物根部的汁液是否帶有酸性？



1. 目的：知道啞狗海的膠結是否和附近植物有關？
2. 器材：林投、馬鞍藤、濱刺麥、廣用試紙、pH 測定器、研鉢、量筒、蒸餾水。



3. 方法：(1)洗淨取回的濱海植物。
- (2)將其根部秤 50g 並搗碎。
- (3)加入 100g 蒸餾水攪拌均勻。
- (4)利用紗網將植物汁液從植物渣中擠出。
- (5)測溶液的 pH 值並秤 50g 加入 100g 風吹砂顆粒中，觀察其膠結情形。

4. 結果：

	林投	馬鞍藤	濱刺麥
照片			
pH 值	5.7	5.9	6.4
溶液顏色	褐色	深褐色	黃綠色
溶液沉澱物	褐色	褐色	墨綠色
鐵釘落下深度(20cm)	0.5cm	1.0cm	1.0cm
膠結情形	膠結的介質為林投溶液中的褐色沉澱物，沉積在表面，膠結緊密。	膠結方式和林投同，都是由溶液中的沉澱物將顆粒膠結起來。	介質亦為溶液中的沉澱物，墨綠色的細小顆粒將風吹砂顆粒膠結在一起。

5. 發現：

- (1)啞狗海地下水的 pH 值為 6.5，可能和上方植物有關。
- (2)林投、馬鞍藤、濱刺麥搗碎後加水皆呈酸性，可能會使風吹砂顆粒膠結。
- (3)濱海植物根部汁液可使風吹砂顆粒膠結，所以濱海植物根部中可能會含有使風吹砂顆粒膠結的物質，若植物釋出這些物質或植物死亡後這些物質被水帶走，就會使風吹砂顆粒膠結。

(三) 以水耕法來觀察植物根部是否會分泌酸性汁液？



1. 目的：測定植物根部分泌的汁液是否為酸性？
2. 器材：蒸餾水、pH 測定器、濱海植物（林投）。
3. 方法：種植林投(水耕法)。



- (1)取一個約 45x30x10cm 的塑膠盆。
- (2)將木條釘成井字形，以螺絲栓在塑膠盒上。
- (3)以竹筒插入井字形木條的中央，並將林投根系放入竹筒中。
- (4)靜置後每週測 pH 值。

4. 結果：(20 日)

		林投 pH 值變化						
日期 盆數	2/25	2/28	3/2	3/8	3/9	3/15	3/16	3/23
1	7.0	6.5	6.9	7.0	7.3	7.3	7.2	7.4
2			7.0	6.9	7.4	7.0	6.9	6.9
3			7.0	7.1	7.4	7.3	7.1	7.9

5. 討論：

- (1)啞狗海採集到的地下水呈現酸性，而水耕法的林投水卻呈現鹼性，可能是林投適合生長在弱鹼性的環境，所以林投會釋出物質來調節環境的酸鹼。
- (2)林投於此環境釋出的物質為鹼性，但亦可使風吹砂顆粒膠結(效果較蒸餾水佳)。



(四) 以微觀角度探討植物對膠結的影響

1. 方法：(1) 將濱海植物根部有砂附著處切成薄片狀。
(2) 以立體顯微鏡觀察砂的膠結情形

2. 結果：



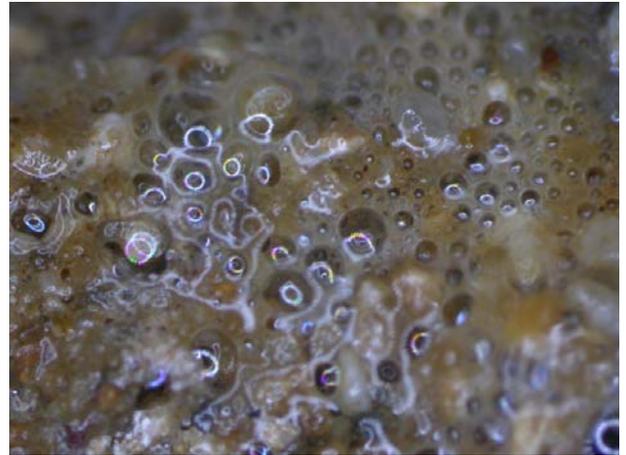
3. 討論：

- (1)林投根部附著的砂土，都膠結在林投根部表面，膠結緊密，且介質是褐色和白色的細小顆粒。
- (2)濱刺麥在根部的砂亦膠結緊密，介質是土黃色的細小顆粒。
- (3)馬鞍藤根部附近的砂也有膠結，介質則為土黃色和褐色的細小顆粒
- (4)只有非常接近濱海植物根部的砂土有膠結的現象(距離約 1mm)，所以濱海植物根部之分泌物會造成膠結，若這些分泌物被水帶走，就會使有水流經之處膠結。

六. 活動六、風吹砂顆粒中的碳酸鈣含量和膠結有甚麼關係？

(一) 使風吹砂顆粒膠結的介質是什麼？

1. 方法：在顯微鏡下將介質滴稀鹽酸，觀察冒泡與否。
2. 發現：介質滴了稀鹽酸後會冒泡，所以它可能是碳酸鈣。



(二) 未膠結和已膠結顆粒碳酸鈣含量的比較。

1. 目的：觀察風吹砂顆粒膠結時是否需要用到碳酸鈣。
2. 器材：天平、稀鹽酸、排水集氣用具、濾紙、漏斗、漏斗架、水晶杯、風吹砂顆粒(未膠結和已膠結打碎)。

3. 方法：

- (1)在錐形瓶中倒入 50g 的風吹砂顆粒並加入 70ml 的稀鹽酸。
- (2)搖晃錐形瓶直到不再冒泡為止。
- (3)以排水集氣法收集 CO_2 ，並測量 CO_2 的量。
- (4)以漏斗、濾紙過濾錐形瓶中的溶液。
- (5)將濾紙上的顆粒晒乾，觀察其是否會膠結。
- (6)將過濾後的溶液晒乾，觀察剩下的物質。



4. 變因：

- (1)操縱變因：砂的種類不同(未膠結顆粒、敲碎的已膠結顆粒)。
- (2)應變變因：碳酸鈣的量。
- (3)保持不變變因：實驗器材相同、稀鹽酸的濃度相同、曝曬的時間地點相同。



5. 結果：

(1)釋出的 CO₂ 量

未膠結	226cm ³
已膠結	142cm ³

(2)晒乾的顆粒膠結情況

鐵釘從距離 10cm 處落下深度	
未膠結	1.5cm(到底)
已膠結	約 1.4cm



6. 發現：

(1)晒乾的未膠結顆粒在顯微鏡下的觀察：

脆弱易碎，膠結程度和蒸餾水類似，顆粒與介質間接觸面積僅有數點，介質極少，為半透明顆粒和白色細小顆粒。

(2)晒乾的已膠結顆粒在顯微鏡下的觀察：

膠結較堅固，不易碎，介質為灰白色細小顆粒，顆粒與介質接觸面積大，膠結效果較未膠結佳。



(3)在顯微鏡下觀察晒乾的未膠結溶液：

在顯微鏡下多為土黃色的細小粉末，灰白色的粉末反而較少，這些粉末可能會形成膠結的介質。

(4)在顯微鏡下觀察晒乾的已膠結溶液：

已膠結亦為較多的土黃色細小粉末和少數的灰白色細小粉末，但數量較少，和未膠結類似。

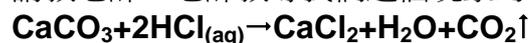
7. 討論：

(1)未膠結顆粒所含的 CaCO₃ 量較多，可能是已膠結顆粒在膠結時有和其它溶液交互作用，所以用掉部份的 CaCO₃。

(2)過濾後的未膠結顆粒幾乎沒有膠結，原因為缺乏膠結介質，所以使風吹砂顆粒膠結的介質為溶於稀鹽酸中的物質，可能為碳酸鈣。

(3)已膠結顆粒雖然經過過濾，但卻還是可以膠結，介質為灰白色的細小顆粒，可能為形成膠結物時和別的溶液交互作用的產物。

(4)過濾後的溶液晒乾後，形成的土黃色顆粒究竟是什麼?為了找出答案，於是我們去請教老師，老師教導我們這個現象的化學方程式：



(5)顯微鏡下觀察晒乾溶液中的顆粒為黃褐色，老師告訴我們那是風吹砂顆粒中的鐵質和空氣中的氧互相作用所形成的氧化鐵。

(6)風吹砂顆粒的膠結和碳酸鈣有密切的關聯，其膠結介質為碳酸鈣或碳酸鈣與其它溶液作用後的產物。

(三) 風吹砂顆粒中的碳酸鈣含量和膠結的關係。

1. 我的經驗：珊瑚礁如果接觸到酸性的水溶液，其中的碳酸鈣會被侵蝕、分解，而水溶液晒乾之後，這些碳酸鈣就會形成結晶，這些結晶可能會成為膠結的介質。
2. 目的：了解 CaCO_3 含量和膠結的關係。
3. 器材：珊瑚礁粉末、頁岩、醋酸、蒸餾水、啞狗海地下水、量筒、天秤、研鉢。
4. 方法：

- (1)製作 $<0.104\text{mm}$ 的珊瑚礁粉末和 $0.590\text{mm}\sim 0.297\text{mm}$ 的頁岩顆粒。
- (2)將兩者混合成數杯，使珊瑚礁粉末所佔的比例為 0%、5%、10%、15%、20%、25%、50%、100%。
- (3)分別加入醋酸水（5%）、地下水和蒸餾水等水溶液。
- (4)靜置後觀察膠結情形。



5. 結果：

	0%	5%	10%	15%	20%	25%	50%	100%
蒸餾水	×	△	○	○	○	○	○	○
地下水	×	×	△	○	○	○	○	○
醋酸水	×	△	○	○	○	○	○	○

×：未膠結 △：部份膠結 ○：膠結

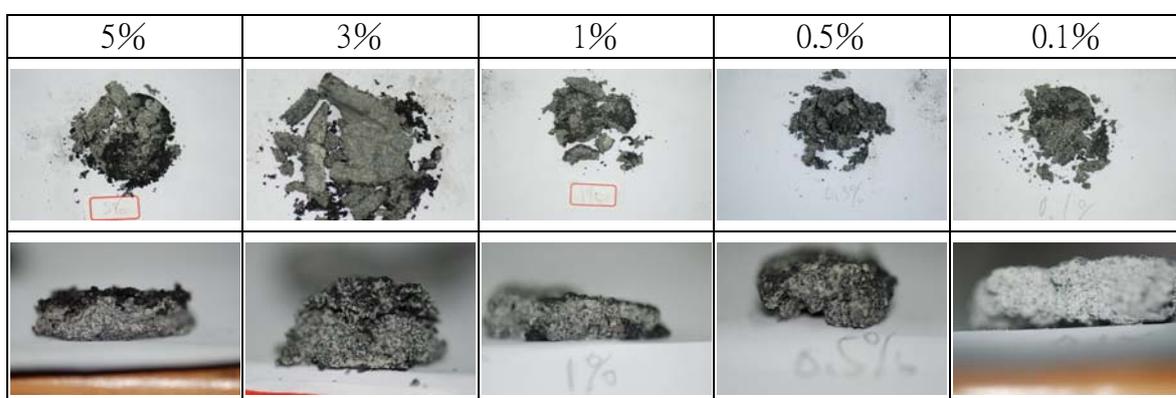
6. 討論：

- (1) CaCO_3 含量越多，膠結越緊密，含 5% CaCO_3 的顆粒膠結效果並不明顯， CaCO_3 含量 $>10\%$ 時膠結效果才會較為顯著。
- (2)醋酸水的膠結由杯底開始向上膠結，大部分的 CaCO_3 都集中在杯底，上方的頁岩顆粒都未膠結，可能是醋酸加入後和 CaCO_3 反應，將其溶解，並沉澱於杯底，所以才形成下方膠結緊密，而上方未膠結的情形。
- (3)蒸餾水、地下水 CaCO_3 累積於杯底的情況並不明顯。



(四) 溶液的酸度不同對膠結程度的影響。

1. 目的：探究溶液酸度和膠結的關係。
2. 器材：<0.104mm 的珊瑚礁粉末、0.590mm~0.297mm 的頁岩顆粒、醋酸水、量筒、天秤、pH 測定器。
3. 方法：
 - (1)調配 5%、3%、1%、0.5%、0.1%的醋酸水，pH 值各為 2.3、2.5、2.7、3.0、3.2。
 - (2)取 5g 各種濃度的醋酸溶液加入 20g 珊瑚礁粉末和頁岩顆粒混合物(各 50%)。
 - (3)靜置後觀察膠結情形。
4. 結果：



5. 討論：

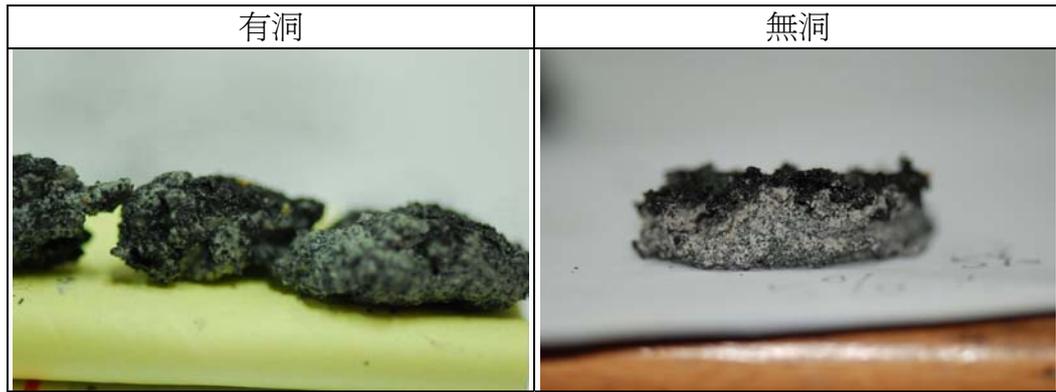
- (1)醋酸水濃度越濃，CaCO₃ 沉澱於杯底的情形越嚴重，膠結亦較緊密。
- (2)若容器底部有洞，使溶液可以下滲，那膠結情形是否不同？

(五) 容器底部有洞對膠結的影響

1. 目的；觀察膠結時溶液流出與否對膠結的影響。
2. 器材：醋酸水、珊瑚礁粉末(<0.104mm)、頁岩顆粒(0.590mm~0.297mm)、水晶杯。
3. 方法：
 - (1)在水晶杯底部挖九個洞。
 - (2)將珊瑚礁粉末和頁岩顆粒以 50%混合，加 20g 到水晶杯中。
 - (3)滴入 5g 的 5%醋酸，並放另一個水晶杯在下方接水。



4. 結果：



5. 討論：

(1) 滴落的液量少，可能是這些溶液滴落前顆粒就已膠結。

(2) 下方還是有較多的 CaCO_3 沉澱，雖然沉澱量較無洞的少，但顆粒分布依然不平均，可能是洞不夠多或不夠密集。

(六) 碳酸鈣是否能幫助其他岩石顆粒膠結？

1. 我們的經驗：在啞狗海觀察時，有水從岩石的縫隙中滲出，所以我們就取了一些有地下水流出的地區附近的砂塊，原本取樣時都還軟軟的，過了幾天竟然都變成堅硬的岩石。怎麼會這樣呢？是不是水中原本就含有溶解在其中的碳酸鈣，而在水流過岩石縫隙時沉澱下來，造成這些砂塊的膠結。

2. 目的：探討碳酸鈣是否能幫助其他岩石顆粒膠結。

3. 器材：褐砂，黑砂、研鉢、稀鹽酸、長方形容器。

4. 方法：

(1) 將取回的砂塊滴稀鹽酸。

(2) 將砂塊(黑砂、褐砂)搗碎後加水並填入長方型容器中。

(3) 靜置後觀察膠結情形。



5. 結果：(滴稀鹽酸冒泡與否)

	搗碎前	搗碎後	已膠結(自製)	已膠結(野外)
黑砂	不明顯	不明顯	少量	少量
褐砂	少量	少量	少量	少量

6. 討論：

(1) 無論是自製還是野外形成的已膠結砂塊，都由原本很柔軟的狀態膠結成堅硬的岩石。

(2) 搗碎前後和膠結後的砂塊都有冒出 CO_2 ，但數量很少。

(3) 這些砂塊可能原本就在海中受到擠壓而固結，當地形抬升而露出海面後，因為含有碳酸鈣的水從其細縫流經而使得碳酸鈣沉澱下來，並膠結的更緊密。



陸.綜合討論

風吹砂的砂粒是由季風帶來的，因為含有大量的碳酸鈣，所以會和酸雨及濱海植物根部分泌的物質交互作用而被溶出形成膠結的介質，使得風吹砂顆粒膠結，每一次的風吹都會帶來一次砂粒而造成一次的膠結，因為當地季風有規律性，所以膠結物有規律的分層。

柒.結論

- 一. 風吹砂顆粒中含有各種顏色的顆粒，其中以白色和土黃色居多，白色顆粒可能為石英、方解石和珊瑚礁碎塊，而土黃色顆粒則為白色顆粒受氧化鐵污染。
- 二. 未膠結的風吹砂顆粒，顆粒大多集中在 0.590mm~0.297mm 和 0.297mm~0.210mm 的大小，比敲碎的已膠結風吹砂顆粒集中在 >0.590mm 和 0.590mm~0.297mm 小，可能是因為較大的顆粒表面積較大，膠結時較不易被風吹走，故較易膠結。
- 三. 膠結物形成有規律的分層，分為厚層和薄層，每厚層厚約 1.5~2.0cm，內含 4~7 薄層，厚約 0.3~0.4cm，分層的成因可能為風將砂粒帶到膠結處並膠結，若過程中有間斷，就會形成分層。
- 四. 風吹砂顆粒的膠結需要一種介質，將顆粒與顆粒膠結在一起，若介質的聚合力越強或介質和顆粒間的接觸面積越大，膠結就越緊密，使風吹砂顆粒膠結的介質為半透明、灰白色和黃褐色的細小顆粒。
- 五. 濱海植物根部釋出的物質會和風吹砂顆粒產生交互作用而使風吹砂顆粒膠結，在濱海植物根部周圍的砂會膠結在一起，若根部有水流經或植物死亡後釋出這些物質並被水流帶走，就會使有水流經之處的砂膠結。
- 六. 使風吹砂顆粒膠結的介質，可能為碳酸鈣或溶液和碳酸鈣交互作用之產物，顆粒中的碳酸鈣含量越多，膠結越緊密，若顆粒中的碳酸鈣含量大於 10%，就容易膠結成塊。環境中若有可以使碳酸鈣沉澱之處，膠結會更緊密。

捌.感想

這次科展使我們獲益良多，不但學到許多關於膠結的知識，更了解不少解決問題的方法，雖然我們只是國一的學生，沒有辦法以較為深入的物理、化學方法來探討風吹砂的膠結。但是我們還是十分感謝兒童科學教育中心的老師，除了提供我們研究所需的器材和場地外、更盡心的指導我們，墾丁國家公園管理處的協助材料取得，以及所有幫助我們完成作品的父母、師長和同學們，在此致上最大的謝意。

【評語】 031729

優點：

觀察入微，探討各種水質對膠結的影響，具學術性。整組展現團隊合作精神，不論是在實驗室的工作，或是口頭表達與回應等，皆有不錯的團隊表現。

缺點：

並未針對相關原理與機制進行更深入的探討。論文格式須加強，例如，圖表須標號，且要圖說、表說，並加入文中互相引用。林投水 1 至 3，不見定義。

建議改進事項：

顆粒用顏色分，為初步研究。可再鑑定屬哪些礦物。文中雖然提及可能之礦物，因為是科學研究，所以確認最好。研究部份以活動呈現，但是，以論文而言，以主題呈現較佳，且可從大尺度至小尺度順序排。