

搬運營力與波痕的實驗研究

高中組地球科學科第二名

省立虎尾高級中學

作者：王慈慧

指導教師：張武宏

一、研究動機

河川是自然界中珍貴而且可以更新的資源，其提供我們大自然無盡的資訊寶藏，期待青少年投入探討研究。流經學校附近的北港溪汨汨的流水及波浪的沙痕常使見到此景觀引起強烈的震撼。河川搬運營力產生的波痕及漣漪在野外各河川均變化萬千，此為地球科學良好的野外教學素材，然而室外教學常受到地域時空的限制，在此前提下，學了有關此方面的知識常有人心空虛落寞感。因此嘗試設計一組模擬搬運營力的演示器，用以展示於室內教學，以便加深學習效果。

二、研究目的

藉野外調查（對照組）與室內實驗流水台及模擬搬運能力演示器（實驗組）探討自然（河流、風等）營力的演示教學。

三、研究設備

甲、對照組

野外調查：北港溪下游環境景觀（虎尾鎮區段）

乙、實驗組

流水台 1組

模擬搬運能力演示器（風波痕實驗及水波痕實驗）

投影機 1台

送風機 1只

沉水馬達 1只

水管2.1米 1條

四、研究方法

甲、對照組

野外調查北港溪下游，亦即由中山高速公路橋經平和橋、虎尾鐵橋、興南橋、土

庫橋、全程12公里觀察研究岸邊緩流、深流、漂沙、沖積扇等搬運營力所形成之河川環境特性。

乙、實驗組

(一)流水台實驗

1. 用蠟筆（或簽字筆）在距流水槽甲端10公分處，畫一記號，並將流水槽甲通墊高4公分、8公分、12公分三種。
2. 裝置供水系統，並用量筒量水管流出的水量，且測其水流量。使水流量為10公撮／秒，即5秒裝滿50公撮或10秒裝滿100公撮。
3. 在有蠟筆記號的水流上，滴一滴顏料，用馬錶測量到達水槽乙端所需的時間，由此算出速度（以公分／秒為單位）。
4. 在流水槽內物質依不擺放，放礫石、粗砂、粉砂及調高高度，研究各種情況下，流水速度及浸蝕搬運情況。

(二)模擬搬運能力演示器實驗

①風波痕實驗演示器

1. 先將20公克細沙放入演示器一端。
2. 蓋上盒蓋，於另一端A孔送空氣。
3. 打開送風開關，吹送5分鐘後關掉。
4. 詳細觀察描畫其砂痕跡。
5. 依上法把送風管裝於B或C兩孔觀察描畫記錄。

②水波痕實驗演示器

1. 先實驗A洞，以黏土封住B洞。
2. 在演示器固定的地方裝置砂。
3. 開啓潛水馬達，計時且觀察其變化。
4. 續將A洞封住，仿前法，計時觀察形成波痕情況。

五、研究結果

甲、對照組：北港溪下游虎尾段

表一、一般描述(環境特性)

項目 範圍	等 級	海 拔	坡 度	河 谷 地	寬 度	深 度	流 速	流 量	底 石	混 濁 度	溫 度	備 註
中山高速陸橋 ↓ 虎尾平和橋	3	低	平緩	U型	50 60 m	3 m	8 10 m/s	大	細沙	污濁	17 ℃	河岸禾 草茂盛
虎尾平和橋 ↓ 虎尾鐵橋	3	低	平緩	U型	50 60 公尺	3 公尺	8 10 m/s	大	細沙	污濁	18.5 ℃	河岸垃 圾多
虎尾鐵橋 ↓ 興南橋	3	低	平緩	U型	60 80 m	5 m	9 10 m/s	大	砂小石頭	污濁	22 ℃	河岸被 侵佔耕 耘
興南橋 ↓ 土庫橋	3	低	平緩	U型	40 50 m	4 m	10 11 m/s	大	砂	污濁	21.5 ℃	土庫橋 正拓寬

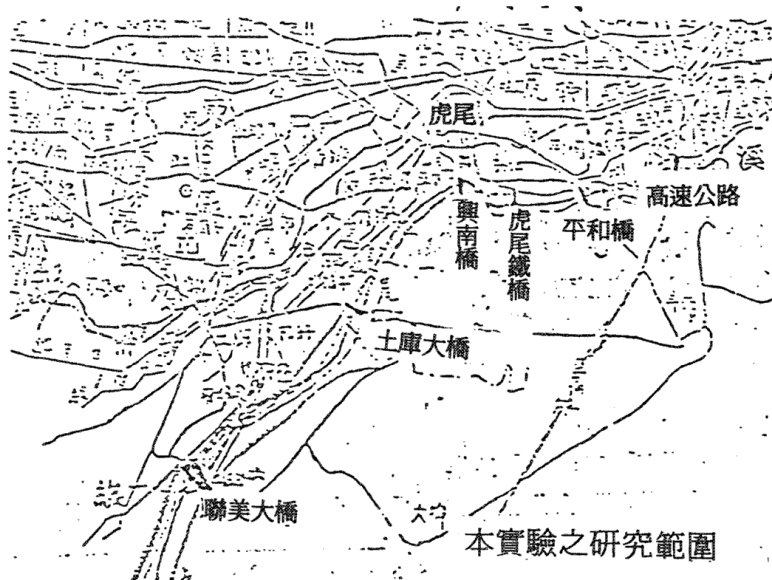
表二、河道

項目 範圍	地 形 坡 度	岩 土 組 成	植 被 情 況	高 度	穩 定 度	阻 塞 潛 因	切 割 沈 積	侵 蝕 裸 露	破 壞 百 分 比	廢 棄 物
中山高速陸橋 ↓ 虎尾平和橋	平緩	細砂、礫石	安頓草 五節芒	9 10 公尺	大	垃圾 五節芒、	中	無	15 %	垃 圾 坡
虎尾平和橋 ↓ 虎尾鐵橋	平緩	泥堤 土堤、水	草禾木科	9 10 公尺	大	雜樹、垃圾 農作物、	中	無	15 %	磚 垃 圾
虎尾鐵橋 ↓ 興南橋	平緩	泥護坡 細砂、水	草	15 16 公尺	大	垃圾、雜草	弱	無	10 %	垃 圾 堆 積
興南橋 ↓ 土庫橋	平緩	細砂石礫石	雜草	15 16 公尺	大	垃圾、雜草	中	無	8 %	垃 圾 瓦 片

表三、河床

範圍	項目 結果	底質大小 分佈情形	河道遷 移百分比	大石塊被 細砂包埋度	沖刷或 沈積情形
	雲林縣境 中山高速陸橋 ↓ 虎尾平和橋	1/16~1/256mm 粉砂	0%	80%	沖刷適中 粉砂沈積
	虎尾平和橋 ↓ 虎尾鐵橋	1/16~1/256mm 粉砂	20~30%	90%	沖刷強，河 道彎曲，細 砂沈積
	虎尾鐵橋 ↓ 興南橋	1/16~1/256mm 粉砂	10%	92%	沖刷強大， 河道鐵橋附 近沖刷嚴重
	興南橋 ↓ 土庫橋	1/16~1/256mm 粉砂	10%	92%	沖刷適中， 砂沈積

圖一 北港虎尾段簡圖

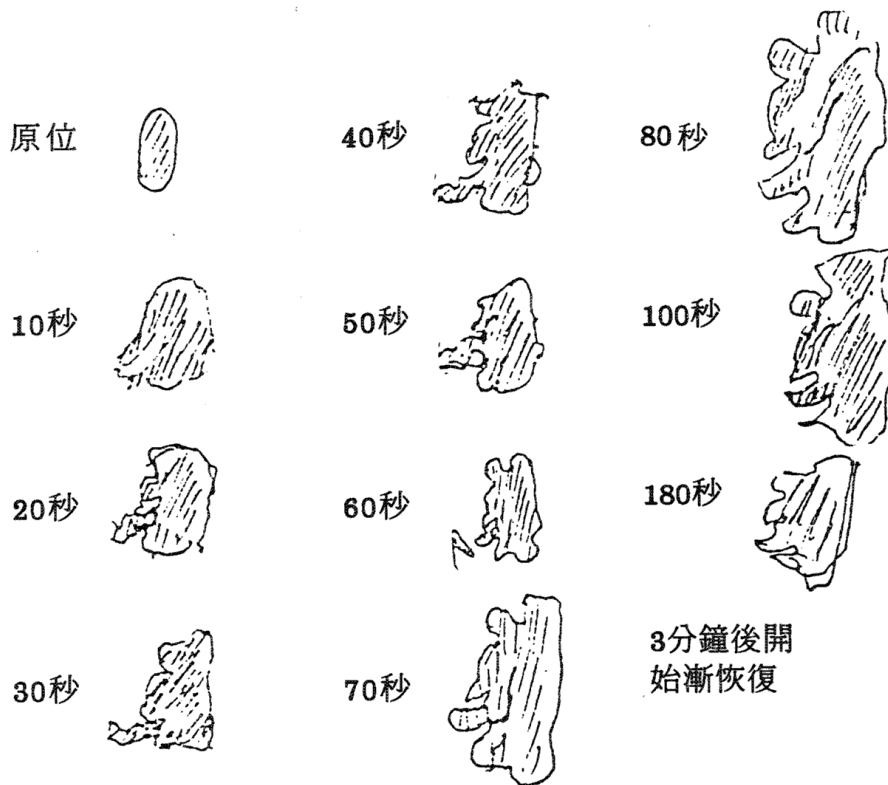


乙、實驗組

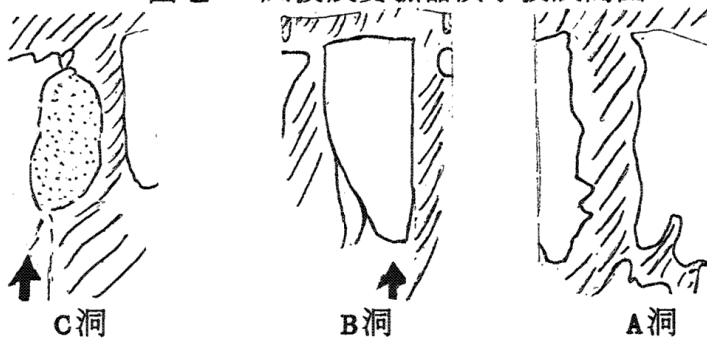
表四、(一)流水台實驗

次序	項目結果	坡流水台甲端高度 (公分)	流量 公撮/秒	流水台底質物	速度 公分/秒
試驗 1		4	10	無	62.5
試驗 2		8	10	無	84.5
試驗 3		12	10	無	129.9
試驗 4		4	10	沙、礫石	22.7
試驗 5		4	10	無	137.2

圖二 水波痕實驗器演示簡圖：



圖七 風波痕實驗器演示波痕簡圖



六、研究討論

1. 野外實驗搬運營力的場所，為以學校附近的北港溪虎尾段為探討實驗場所。由表1環境特性一般描述得知，以人為建築橋樑為研究區段，分成四區段，12.5公里長。此研究範圍已進入北港溪下游，為三等級、坡度平緩、接近海平面5~10公尺，為U型寬的河面1500~1800公尺，平時溪水流面僅50~80公尺，其溪水流速8~10公尺/秒，溪底為細砂，由於中上游工廠及居家排放的廢水，溪面呈現污染惡臭，河岸嚴重受到人為垃圾，瓦磚廢棄物丟棄堆積，且河床為農民侵耕栽植水稻雜糧，甚至栽種高莖玉米，嚴重影響汛水期溪水流量。
2. 由表2說明北港溪虎尾段河岸中山高速陸橋至平和橋為礫石、細砂護岸9~10公尺高，10°斜坡，岸堆積垃圾，岸植被以五節芒草、牛頓草等禾本植物為主。虎尾和平橋——虎尾鐵橋接近虎尾糖廠製糖區為水泥護岸，接近鐵橋堆積垃圾、瓦片。虎尾鐵橋——興南橋為糖廠住宅、雲林工專運動區，均為加強水泥護岸，此段全長約1400公尺，為調查範圍最完美，有少部份環境被破壞。興南大橋——土庫橋岸堤上已被規劃為農路，舖以水泥，接近興南橋被附近居民堆放垃圾，影響景觀。
3. 由表3為詳述北港溪虎尾段河床底質大小為由1/16~1/256mm粉砂所組成，為灰白色含長石、石英及少量之雲母礦物，為北港溪上游快速的侵蝕，汛水期的碰撞搬運，砂質量為4.7公克/1公分²。溪水道遷移以虎尾平和橋——興南橋為最活潑，導因於平和橋——虎尾鐵橋間造了一座簡易擋水壩促成壩下水流加速溪水冲刷劇烈形成S型溪流。為地球科學野外觀察河流形成很好場所。
4. 表4為流水台（槽）實驗，本校有一組全自動的流水台，其可演示流量、流速、侵蝕、搬運等自然營力觀象。依流水台坡度的不同（4，8，12……公分），研究從另一端流下之流量、流速對於流水台底各種不同物質所造成之流痕與波痕亦有明顯的區別。流痕是橫斷流向而延伸，頂部和槽部有規則的相間隔，且均呈圓形，其橫斷面的形狀呈不對稱的向水流的流向傾斜。而波痕橫斷面的形狀，成對稱或稍微不對稱，有向下而寬的槽部和尖的頂部。由此實驗可得流水作用力大時，產生侵蝕搬運，流水作用力小時產生沉降堆積。
5. 在圖2、3中以水波痕實驗中水量沒有任何儀器可以控制於是利用水管的長短來控制水量強弱，長水管為較小的水力，短水管為較強的水力，所以，水波增大，振幅也會增大，時間愈久，振幅愈大，波長愈長，利用不同種類的砂實驗得知較粗的砂形成較大的波痕，反之，較細的砂形成較小的波痕。
水波實驗，砂的位置改變是藉著滾動及跳動。

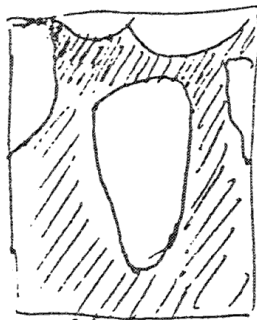
採用壓克力製的模擬搬運營力的演示器是因壓克力的反光好，適合我們的實驗研究，但如果用鐵製的演示器則造成我們研究的阻礙困擾。

6. 在風波痕實驗中，以表5~7及圖4~8說明砂光把右邊較薄的地方侵蝕，然後在它固定的風向漸漸侵蝕續而把前後侵蝕的地方連起成一大侵蝕地，久之在它能力範圍內的砂影響力也減弱，於是漸漸的停止變化，風後射產生左半的長條空地仍繼續滾動，因為風依然存在。

左上角在風反射吹不到的地方形成一小堆積。

7. 風洞的風直接接觸於中間的砂，於是快速的侵蝕，速度極快，而兩旁受風反射的力量也被侵蝕成兩小空地。

圖五



圖六



七、結 論

本實驗藉著投影機模擬自然環境搬運營力之三種不同性質的作用，即侵蝕作用、搬運作用、沉積作用，可演示於室內教學，且藉室外野外調查來修正室內實驗的方法及展示方式。

經由室外調查得知且發現中山高速路橋至虎尾平和橋區域可做為侵蝕作用，搬運作、實習場所，虎尾鐵橋到興南橋範圍，可為河床相沖積物良好的觀察場所，固虎尾鐵橋上游300公尺處築有一人工礫石壩，溪床坡度相差6公尺以上，侵蝕作用明顯。興南橋至土庫橋間，溪水平緩，沉積作用顯著，是野外觀察波痕良好實習場。

八、參考文獻

1. 國民中學地球科學上、下冊，國立編譯館主編，台灣書店印，台北市，P45~48（上冊）p11~12（下冊）民國78、79年版。
2. 高級中學基礎地球科學全一冊，國立台灣師範大學科學教育中心主編，國立編譯館出版，P17~23，民國80年。
3. 黃芳男：地球科學概論，省立台南一中出版，P89~90。
4. 張惠民：地球科學概論，明文書局，台北市，P168~171，民國79年。
5. 黃芳男：流痕與波痕的水工實驗研究地質，第8卷第1、2期全刊，經濟部中央地

質調所發行。P133～139民國77年。

評語

本作品利用模型模擬水流與風力的搬運營力，造成細砂波痕，作者獨力設計模型，對流體力學的反射波的定性了解，提供具像的概念，較缺乏定量上的探討，是需要加強的。