

基隆河的曲流會切斷嗎？

高小組地球科學科第三名

基隆市五堵國小

作者：于忠婷、原蘭君

指導教師：許崑泉、陳華彰

一、研究動機

每當放學回家，看到學校對面的北基公路交通阻塞，貨櫃車相當多，我們猜：一定是基隆河把應有的交通空間給占了。基隆河能否改道呢？基隆河彎彎曲曲，我們猜一定會切斷，那麼它怎麼切斷呢？我們幾個同學感到很有興趣，就請教老師，老師覺得這個問題很有意義，就指導我們開始着手研究。

基隆河全年水量相當充沛，多彎曲，自然科學課本也有與它部分相關。我的另一位好朋友以前老家住台南，家鄉也有相同的地形，因此兩者拿來作比較。發現大自然瞬息萬變，滄海會變桑田，今年河東，明年河西，真的有可能。好奇心的驅使下，經過長期的考察研究，發現了不少問題，為何水流會有如此大的本能？彎彎曲曲的曲流又怎麼切斷？切斷或不切斷對我們人類影響將如何？所以自然科學的地球科學部分也值得我們重視。

二、研究目的

- (一)知道鄉土環境科學野外實察的重要性。
- (二)了解自然科學課程內容，並找出問題，拿來實際應用。
- (三)知道河川的搬運作用、堆積作用和侵蝕作用，能形成曲流。
- (四)了解曲流的自然切斷與地質、水量、水流速、曲率、淤塞……等，有很大的關係。
- (五)加強對水土保持的觀念建立，並設法改善地方的繁榮與進步。

三、研究設備器材

- (一)台灣地質圖及台北、雙溪、台南等分區地質圖。
- (二)傾斜儀。(三)照相機。(四)皮尺。(五)自製曲流模型。

四、研究過程與結果

(一)曲流的認識：

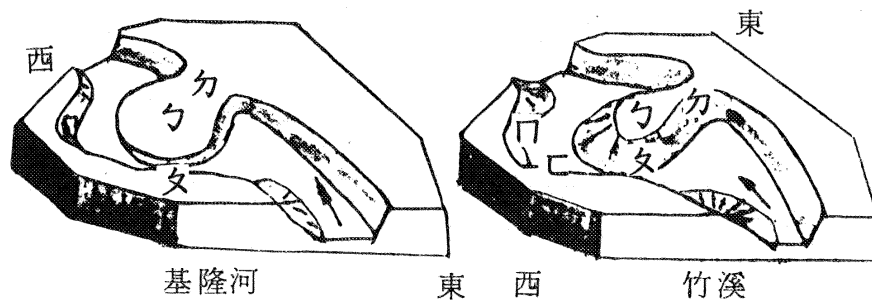
在自然科學課本第五冊第六單元「泥沙」，第七十八頁「在河流較彎曲的地方，也會有泥沙、石頭沈積。多沈積在那一邊，為什麼？」第七冊第六單元，第四十三頁「這條河流的河灘上，為什麼會有那麼多的石頭呢？」所附之圖片就是曲流的標準地形。簡單說，蜿蜒如蛇形之河道，即稱為曲流。台灣的河川到處可見，它有凹凸兩面，凹面稱基蝕坡，是侵蝕的部份；凸面稱滑走坡，是堆積的部分，又稱河曲沙洲。

(二)曲流形成的原因：

簡單的說，曲流的形成是因河床和河岸的不規則變化，使河水對河岸一側的侵蝕作用加強，而河道開始有彎曲現象出現。

老師告訴我們，曲流之所以彎彎曲曲，就是水流軸和它的流路不平行，一會兒左，一會兒右。而兩者的不平行，又多由地球自轉的偏向力和水道的直流慣性所致。此外，流速的轉慢，河道中障礙物的阻擋所引起的側蝕影響也很大。

(三)基隆河（七堵～六堵段）與竹溪（台南縣南化鄉東和段）的基本比較。



說明：1.箭頭表示水流方向。

2. 基隆河兩岸長有植物，草皮較多。竹溪兩岸岩石裸露。
3. ㄅ. 曲流山脚。ㄆ. 滑走坡。ㄇ. 基蝕坡。ㄎ. 牛軛湖。ㄏ. 曲流頸。

項目	河流名稱 內容	基隆河	竹溪
地質		屬於全新世沖積層和中新世南港層。主要岩石以砂岩為主。	屬於上新世南化泥岩層，主要以砂岩，泥岩和頁岩為主，岩性鬆軟。
河床寬度		相當寬，大約 30 公尺。	不寬，大約 10~15 公尺。
水面坡度		地屬中游水面坡度不大。	地屬上游水面坡度大。
河川搬運沖積和侵蝕		平時搬運和侵蝕力小，且兩岸岩石顆粒小。但河水暴漲時侵蝕力大增，所以容易堆積。	搬運岩石顆粒大，溪谷深，少有沖積，夏季河水暴漲侵蝕力強。
水位		平時水位、水量普通，沒有枯水期，有大雨、颱風來臨，河水暴漲水位、水量遽增。	夏秋兩季水位高，水量大；冬春兩季水位低，水量小，幾乎乾枯，屬間歇河。
水流速度		平時水流速不大，夏季颱風來臨時，河水暴漲，水流速急遽增強。	夏秋颱風，雷陣雨多，水量充沛，河水暴漲，河道窄，水面坡度大，流速之大，可想而知，冬春兩季有時幾乎乾枯，流速更不用說了。
曲流形式		屬自由曲流，在平原上發育，自由彎曲，不受控制。又因兩岸也有山，雖屬中游，但也帶點谷曲流的味道。	屬谷曲流，形成於山谷中，受限制。
曲流曲率		於七堵、六堵間開始形成最大彎曲，曲率開始變大。	彎曲程度（曲率）相當大，所以乍看之下真不知河川往何處流去。
污染		嚴重污染。	未受污染。

(四) 曲流會切斷的假設與結果：

曲流的切斷可分為人爲和自然切斷。人爲的切斷有：①濫墾、濫伐②地方建設的需要③戰爭的破壞……等；自然切斷又與①地質②水量、水流速③曲率④淤塞……等有關，下面就自然切斷提出假設與結果，一一作研究。而人爲的切斷於結論和建議再提出。

※曲流的自然切斷假設與結果：

研究假設：地質與曲流切斷有關嗎？

1. 推理：

- (1)地質鬆軟，容易風化，地下水的滲透，容易分解土壤及岩石。
- (2)粘土的淤塞，可阻擋河水侵蝕；且泥岩、頁岩的抗蝕力比砂岩、礫岩弱。

2. 觀測與實地考察：

(1)我們的觀察：

從基隆河與竹溪的表面，很顯然的看出它們的地質結構是不大相同的，經我們的實地挖取樣品，發現基隆河兩岸多土壤，以紅壤、黃壤為主，岩石以砂岩為主；竹溪的兩岸與高雄月世界相當，都是台灣有名的惡地，但並沒那麼嚴重，晴時堅硬，雨時泥濘不堪。

(2)分區地質比較：（中央地質調查所提供）

項目 \ 地點 內容	基 隆 河 (李長榮木業公司附近)	竹 溪 (台南縣南化鄉東和村)
地質年代	第三紀中新世南港層(基岩)和第四紀階地堆積層(覆蓋於基岩上)。	第三紀上新世卓蘭層的南化泥岩層。
岩石種類	南港層屬海相沈積岩石，主要以砂岩為主，夾有灰黑色頁岩及砂頁岩互層，砂岩由細至中粒顆粒組成，呈淡青灰色，局部含鐵	南化泥岩層為海相沈積岩石，本層底部為厚層塊狀細粒亞混雜砂岩，局部為長石質，有時為粉砂岩，砂岩結構疏鬆，可以手指

	質或海相化石。 階地堆積層由礫石、砂、粉砂、泥及黏土等堆積而成。	捻碎，每層砂岩厚數公尺至十公尺，其中夾有薄層砂岩與頁岩互層。中部為塊狀青灰色至暗灰色泥岩，泥岩岩質疏軟。上部為砂岩及泥岩層中之砂岩為薄層至厚層，細粒灰色至黃棕色，岩性鬆軟。
構造	出露之基岩為八堵向斜之西北翼，岩層走向為北30度東向東南傾斜約20度。	為玉井向斜之東翼，岩層走向為北10度東，向西北傾斜約15度。

3. 結果：

- (1) 基隆河地屬中游，兩岸岩石較少裸露，因為觀測(2)的原因，所以沖積 > 侵蝕 > 搬運，少崩落。但大水暴漲，岩石就開始崩落，曲流頸（凹面）自然被侵蝕。
- (2) 竹溪地屬上游，地層顯得較鬆散，裸露、崩落嚴重，也受外力的嚴重破壞，加上觀測(2)的原因，侵蝕 > 搬運 > 沖積，曲流切斷容易。

研究假設乙：流量、水流速與曲流切斷有關嗎？

1. 推理：

- (1) 流量大，水流速大；流量小，水流速小，作用力亦小。
- (2) 降雨可影響流量。
- (3) 水面坡度和河道的彎曲，可影響流速。

2. 觀測：

- (1) 基隆河四季雨量充沛，因地屬中游，河道寬，多彎曲，平時流速不大，但大雨來時，流速開始變大。竹溪地屬上游，其更上游已有兩處曲流被切斷，夏秋兩季河水急，直衝而下，它的力量可想而知了。
- (2) 基隆河全年水量變化相當大，如照片——颱風來臨前後變化

很大。竹溪四季水量相差懸殊，夏秋充沛，春冬枯竭。

(3) 74 年各月份之總降雨量：

單位：公厘

地點	月份											
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
基隆	422.7	682.3	437.3	217.5	153.4	259.8	315.7	216.0	344.9	577.1	248.9	410.8
台南	1.7	13.2	7.4	17.4	293.2	369.6	341.4	461.4	313.2	8.9	0.8	2.1

(4) 利用自製曲流模型，在水流影響下。

3. 結果：

(1) 基隆河平時流量、流速不太大，但大雨後，流量、流速遽增，侵蝕力量很大，所以曲流切斷的可能性很高；而竹溪的曲流切斷更是容易。

(2) 由觀測(3)知道在水量、水流速遽增時，降雨量一定大，侵蝕力也強。

(3) 由觀測(4)的自製曲流模型，發現它的凹面（基蝕坡）慢慢被侵蝕，在大水的沖擊下，曲流慢慢被切斷，而形成離堆丘。

研究假設丙：彎曲度（曲率）與曲流切斷有關嗎？

1. 推理：

(1) 曲率愈大，則曲流愈容易切斷；曲率愈小，則曲流愈不容易切斷。

(2) 曲流頸的寬度，曲流山腳的規模大小與曲流切斷有關。

2. 觀測：

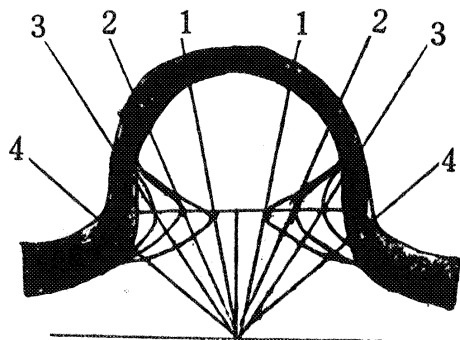
(1) 曲率算法之一：

曲流頸的最凹點作一直線，往後拉一垂直平分線，長度為固定值，作一基準點，往曲流頸最凹點拉直線，就可知彎曲度有多大。

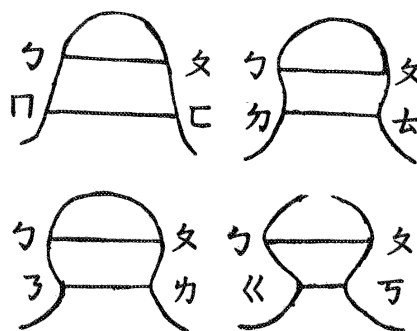
(2) 曲率算法之二：

曲流半島之左右最大寬度作一直線，即左右最凸點作一直線

再以左右最凹點（曲流頸）作一直線兩者之比就可以知道曲率如何。



(1)標準狀況對稱曲流

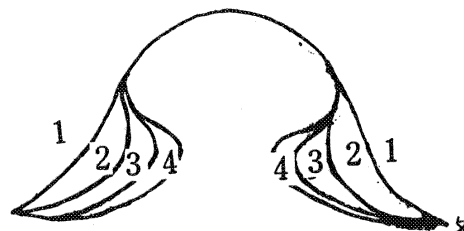


ㄅㄆ長不變，ㄇㄏ長依序遞減成ㄏ去、ㄏ力、ㄏㄏ

(2)標準狀況對稱曲流

(3)曲率算法之三：

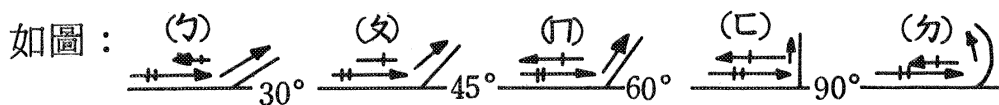
設同一地點之曲流，左右之起點、終點固定，而曲流頸慢慢的縮小，量出它的總周長，就可知道其曲率的大小變化如何。



(3)對稱曲流曲線圖

3.結果：

- (1)由觀測(1)知道，角度小，曲率大，切斷容易；角度大，曲率小，切斷不易。它的夾角依照順序大小： $4 > 3 > 2 > 1$ ；它的曲率依照順序大小： $1 > 2 > 3 > 4$ 。
- (2)由觀測(2)得知，兩者（直線）相比（ㄅㄆ：ㄇㄏ；ㄅㄆ：ㄏ去；ㄅㄆ：ㄏ力；ㄅㄆ：ㄏㄏ）其值愈大，曲率愈大；其值愈小，曲率愈小。
- (3)由觀測(3)得知，ㄅㄆ兩點固定，由於曲流頸的縮短，使得曲線慢慢的增長，所以曲線愈長，曲率愈大；曲線愈短，曲率愈小。
- (4)曲率與水流作用力的關係：



說明：① \rightarrow ：水流作用力 ② 箭頭長短表力量大小
 \leftarrow ：反作用力 \rightarrow ：水流滑移分向力

設作用力 = 反作用力 + 滑移分向力

ㄅ. 若滑移分向力愈小，則對曲流山脚侵蝕愈大，反之則影響愈小。

ㄨ. 如圖(ㄱ)、(ㄴ) 兩者的侵蝕力最強，曲流最易被切斷。

(5) 曲率與地質的關係：

竹溪的曲流山脚，抗蝕力弱，是因岩石裸露，容易崩落，曲率遞增；基隆河的曲流山脚，岩石稍硬，受河水侵蝕，同樣曲率遞增，只是切斷較慢。

研究假設丁：淤塞與曲流切斷有關嗎？

1. 推理：

(1) 河流轉彎，流速慢的地方，會有岩石、泥沙沈積下來而堵塞，所以猜測曲流會切斷。

(2) 淤塞後河流一定會找捷徑切蝕。

2. 觀測：

(1) 竹溪淤塞多，流路改變，流向滑走坡，而成流槽切斷，流槽平時為乾溝，高水位時才流經。

(2) 基隆河淤塞小，滑走坡地勢稍高，所以沒捷徑可走。

3. 結果：

(1) 竹溪上游已有兩處由於淤塞而造成曲流切斷；而基隆河尚未發現。但有離堆丘出現。

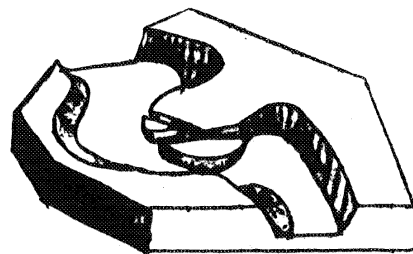
(2) 竹溪曲流山脚形成的流槽切斷如圖：

(五) 曲流切斷的年限預測：

甲、竹溪曲流的切斷預測：
(簡圖所在地)

1. 竹溪上游曲流簡圖與說明
(略)。

2. 觀測：大約估計，不計誤差。



流槽切斷簡圖

曲流頸寬	4.21 公尺	3.46 公尺	2.54 公尺
民 國	72	73	74

民 國	曲流頸侵蝕厚度	切穿率(%)
71~72	1.14 公尺	21.3%
72~73	0.75 公尺	17.8%
73~74	0.92 公尺	26.5%

3. 結果：

(1) 平均年切穿率。(略)

(2) 民國 71~74 年平均年切穿厚度

$$= \frac{1.14 \text{ 公尺} + 0.75 \text{ 公尺} + 0.92 \text{ 公尺}}{3} = 0.936 \text{ 公尺}$$

(3) 因為： $\frac{\text{剩餘厚度}}{\text{年切穿厚度}} = \text{切穿年數}$ 。所以： $\frac{2.54 \text{ 公尺}}{0.936 \text{ 公尺}} = 2.713 \text{ 年}$
，約 3 年或 4 年。

乙、基隆河曲流切斷的預測：(簡圖所在地)

1. 基隆河中游曲流簡圖與說明(略)。

2. 觀測：

曲流頸寬	194.5 公尺	193.9 公尺	193.1 公尺
民 國	72	73	74

民 國	曲流頸侵蝕厚度	切穿率(百分比)
71~72	0.5 公尺	0.26 %
72~73	0.6 公尺	0.31 %
73~74	0.8 公尺	0.41 %

3. 結果：

(1) 平均年切穿率(略)。

(2) 民國 71~74 年平均年切穿厚度 = $\frac{0.5 \text{ 公尺} + 0.6 \text{ 公尺} + 0.8 \text{ 公尺}}{3}$

≈ 0.633 公尺

(3) $\frac{193.1 \text{ 公尺}}{0.633 \text{ 公尺}} \approx 305.1$ 年，約 305 年或 306 年。

五、討 論

- (一) 諺語「滄海變桑田」，「今年河東，明年河西」可由四之(五)證實。
- (二) 曲流切斷，地質佔的份量最大，可由四之(四)研究假設甲及四之(五)甲、乙得到證實。
- (三) 自然科學第五冊「泥沙」未提到曲流，而它所出現的圖片就是曲流的標準地形。
- (四) 自然科學第七冊第六單元「美麗的山川」談到河水的搬運、堆積和侵蝕，它形成了曲流、狹谷、沖積平原……等，可由本實驗得到證實。
- (五) 現代科學對於水利工程上無法用數學分析方法解決的水理問題或數學分析方法，求得的水理設計結果，都可以用水工試驗方法來解決和驗證改善。由自製曲流模型可證實之。

六、結 論

- (一) 平日所說「水土保持」只是口號，很少人去關心它，不知日常生活中，就有很多地方屬於水土保持的問題。例如攔沙壩的建立，可阻擋泥沙流失，不濫墾、濫伐，都是水土保持的方法。
- (二) 曲流切斷需靠河水，它形成作用力與反作用力之相互抵消，故形成的能量消耗就是曲流切斷的原因。
- (三) 平常河水侵蝕力小，但於一次的暴洪侵蝕，可能比平常半年來得大。

七、參考資料

- (一)溪谷地景。(二)普通地質學。(三)台灣的地形景觀。(四)小地形學。
(五)水文測驗。(六)水土保持。(七)中央地質調查所地質文獻(劉桓吉先生提供)。

評 語

由實地觀測至推理階段非常符合科學研究之原則，國小學生不必有昂貴而偉大的實驗來佐證，以實地勘察加以推斷培養幼童認識學習科學的基本方法，目的即已達成，現場應答相當得體，甚為可貴。