

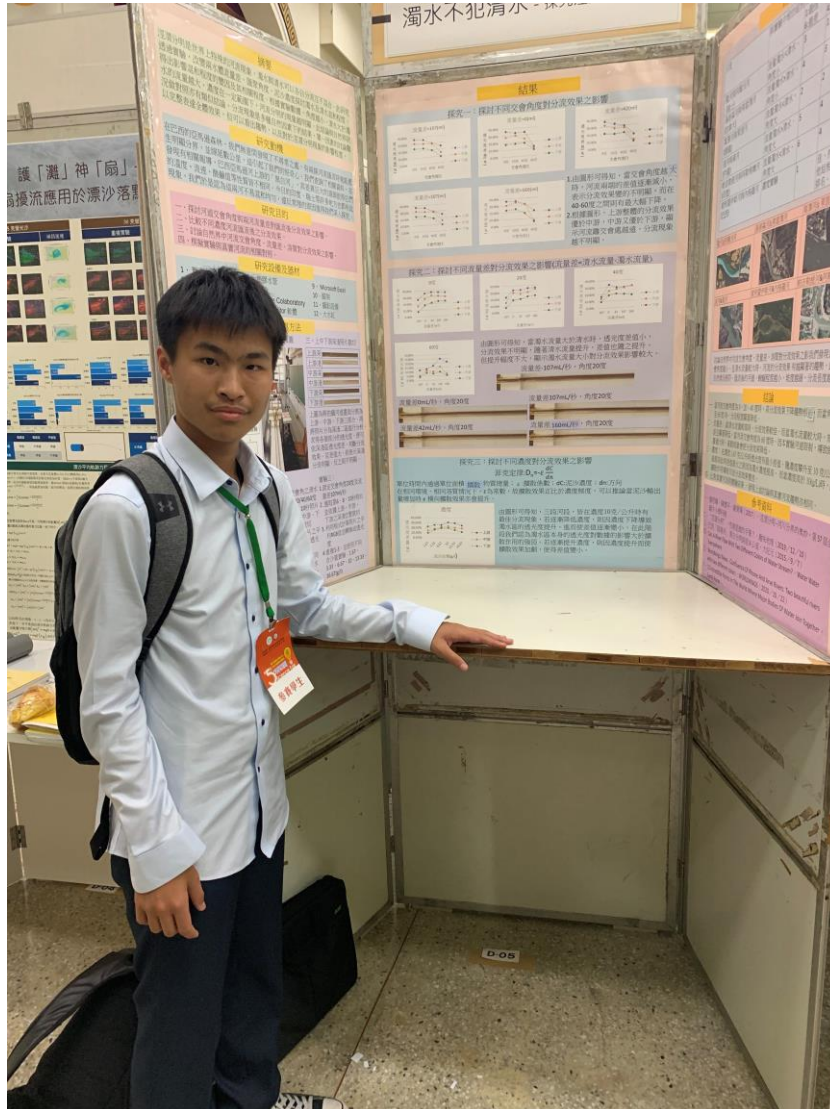
# 2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180005  
參展科別 地球與環境科學  
作品名稱 濁水不犯清水—探究涇渭分明成因  
得獎獎項

就讀學校 國立臺南第一高級中學  
指導教師 施怡如  
作者姓名 李柏宇、潘韋廷、張承訓

關鍵詞 涇渭分明、內格羅河、索利蒙伊斯河

## 作者簡介



我是李柏宇，就讀台南一中三年級。我的興趣是各種運動，例如籃球、足球及桌球。高中期間我參加了許多印象深刻的活動，包含偏鄉營隊、南區科展、足球聯賽等。我最感興趣的科目是科學，尤其是物理，曾透過競賽及線上課程加深學習。同時，我認為探究是科學研究中非常重要的一環，在探究過程中，我總能獲得意想不到的收穫。



大家好，我是來自台南一中的高三生潘韋廷，平時喜歡打球以及注意國內外時事。我很喜歡跟同儕聚在一起，我在家裡是獨生子，所以對於跟人群接觸以及

交流有很大興趣。作為一個學生，我試著以自己的方式開拓視野，例如訂閱雜誌等，讓我可以看到更不一樣世界。而這次有幸參加國際科展，我希望能在這裡遇到志同道合的同學，更深入的認識科學



我是台南一中的張承訓，平時對科學有著濃厚的興趣，同時也是學校管樂社的成員，十分享受徜徉於音樂之中的氛圍，更喜愛與團體共同努力的過程，這次非常開心能有機會和其他同樣愛好研究的參賽者在國際科展相見，期許彼此都能在科學的路上繼續向前邁進。

## 摘要

In some cases, when a river carrying silts, which appears muddy, meets with another clearer river carrying less mud, they do not mix with each other evenly, instead, they remain their origin color. Thus, the river flows into two colors, appearing muddy and clear on the left and right side of the river. The study discusses about the factors that affect the obviousness of the difference between their color via changing the meeting angle of two rivers, the difference between their flow, and the amounts of silts in the rivers. The experiment compares the mixing obviousness by measuring light transmission of different part of the river to digitize the outcomes of the experiment. For analysis, we used program and charts to deduce the relevant level between the diversion effect and the variables.

As the results indicate, when the meeting angle of two rivers decreases, the obviousness of the effect of diversion increases. Comparing different flows of muddy and clear rivers, the data shows that while the flows of clear water are larger than the turbid one, the obviousness tends to be bigger, and it becomes more apparent when the difference between the flows of two rivers increases. Discussing about the affection of the different amounts of silts contained in the river, it turns out that the rivers mix more evenly when the diffusion intensifies. Nevertheless, since the scale of our experiment is smaller than that of the nature, critical values exist in our results. Comparing our results with rivers on the world that have this appearance, we discovered that the length of river that flows in two colors has the similar tendency to our conclusion.

As a whole, the effect of diversion depends on multiple natural factors, the discussion of a single factor may be difficult to show all effects, but we could figure out their tendency and their influence level of water diversion.

涇渭分明是世界上少見的河流現象，濁水與清水可以各自分流互不混合。此次研究透過實驗，改變兩水體流量差、匯聚角度、水體泥沙濃度、水中鹽濃度探討濁水及清水混和程度，並藉由水體顏色的透光程度數據化實驗結果，並透過程式與圖表進行推演，得出影響混和程度的變因及其相關程度。

根據實驗數據，角度越小、清水大於濁水的流量越大、濃度在一定範圍下，河流分明的現象將越明顯，然而礙於實驗尺度不如自然界，實驗結果存在臨界值。而此結論與自然界狀況做對照亦有類似結論。

整體來說，分流現象是多種自然因素下的結果，單一因素的討論難以完整表達全體效果，但可以看出其趨勢，以及對於涇渭分明現象的影響程度。



## 壹、研究動機

前些時間，亞馬遜大火的新聞占遍了許多新聞的頭條，引起了軒然大波。在上地科課時，老師帶我們利用 Google Earth，前往巴西的亞馬遜森林。在這之中，我們無意間發現了不尋常之處，有兩條河流匯流時竟能產生明顯分界，不互相混和。這引起了我們的好奇心，我們查詢了相關資料，亦發現有相關報導，巴西亞馬遜河上游的「黑白河」。白河，來自帶黃沙的索利蒙伊斯河(Rio Solimões)，與黑河，流經沼澤和雨林，帶有腐木和落葉而呈黑色的內格羅河(Rio Negro)，兩河明顯的交界可以綿延達數十公里長，兩河差異巨大的源頭使得它們的溫度、流速、酸鹼值等性質皆不相同，這令我們聯想到在「涇渭分明」一個常用的成語中，交會的河流呈現一邊清，一邊濁的分明現象，如河川各自流動，不受彼此干擾的分流。而今日，中國的涇河與渭河雖已因工業開發而不復當年景觀。今日的印度、瑞士等許多地方也都有此現象，我們於是認為這兩河不易混和均勻，違反常理的原因值得我們深入探究。

## 貳、研究目的

- 一、探討河道交會角度與兩河流量差對匯流後分流效果之影響。
- 二、比較不同濃度河流匯流後之分流效果。
- 三、討論自然界中河流交會角度、流量差、溶質對分流效果之影響。
- 四、模擬實驗與真實河流的相關對照。

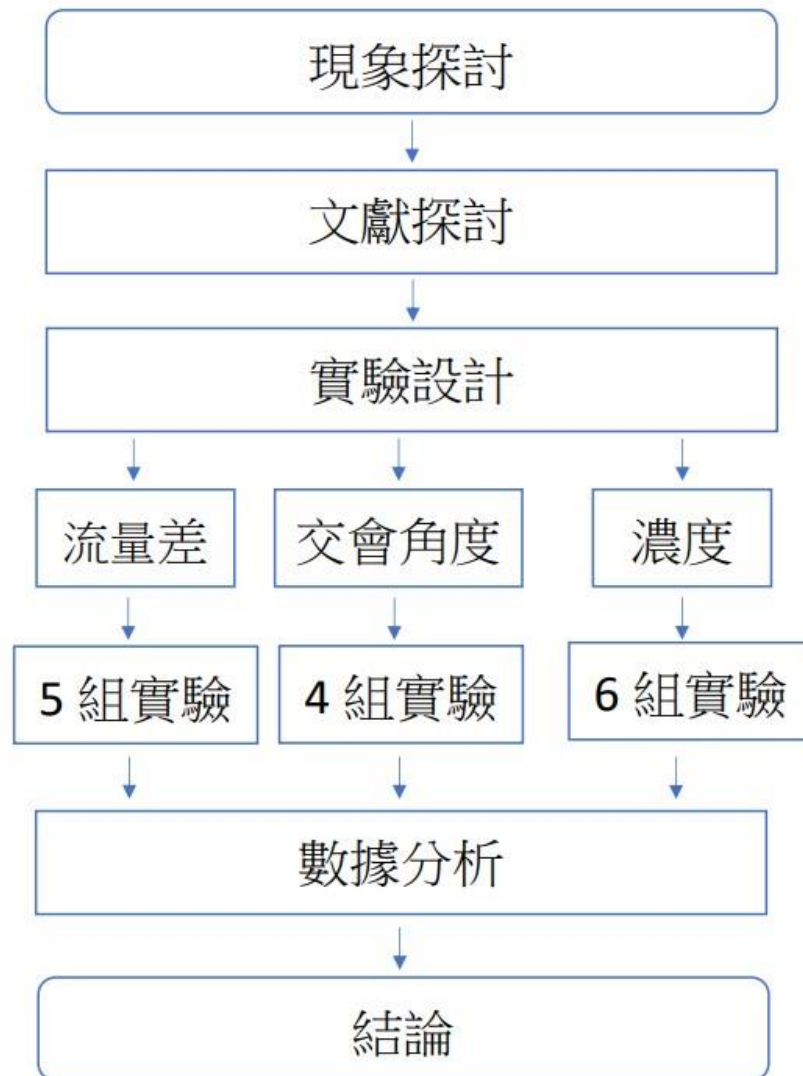
## 參、研究設備及器材

		
壓克力水道	保麗龍板	3D 列印 Y 型管
		
水桶	塑膠水管	泥沙
		
Google Colaboratory	Fotor Editor 軟體	Microsoft Excel
		
腳架	攝影設備	大水缸

表一：研究設備及器材

## 肆、研究過程和方法

### 一、研究架構



### 二、實驗方法

1.前導實驗一：研究泥沙在短時間內沉澱對數據影響顯著與否

實驗步驟：

- (1) 架設攝影機。
- (2) 關閉教室所有燈光 開啟教室第一排窗簾。
- (3) 使用交會角度 10 度。
- (4) 使用攝影機拍攝河道畫面（10 秒）。



- (5) 選取第 10、15、20、25 秒之照片並依據上游、中游、下游之深淺位置裁切照片。
- (6) 利用程式計算照片之平均 RGB 值。

```
def getAverageRGB(image):
    """
    Given PIL Image, return average value of color as (r, g, b)
    """
    # no. of pixels in image
    npixels = image.size[0]*image.size[1]
    # get colors as [(c1, r1, g1, b1), ...]
    cols = image.getcolors(npixels)
    # get [(c1*r1, c1*g1, c1*b1), ...]
    sumRGB = [(x[0]*x[1][0], x[0]*x[1][1], x[0]*x[1][2]) for x in cols]
    # calculate (sum(ci*ri)/np, sum(ci*gi)/np, sum(ci*bi)/np)
    # the zip gives us [(c1*r1, c2*r2, ..), (c1*g1, c1*g2,....)]
    avg = tuple([sum(x)/npixels for x in zip(*sumRGB)])
    return avg

[ ] img = Image.open('/content/drive/MyDrive/科展/有問題的照片資料夾/濃度OK/6秒 下游 深.jpg')
print(getAverageRGB(img))#上深
(167.98841463414635, 141.00518292682926, 109.08292682926829)

[ ] img = Image.open('/content/drive/MyDrive/科展/有問題的照片資料夾/濃度OK/6秒 下游 淺.jpg')
print(getAverageRGB(img))#上淺
(182.9122832337118, 168.39420203227735, 149.72190675433553)

[ ] img = Image.open('/content/drive/MyDrive/科展/有問題的照片資料夾/濃度OK/8秒 下游 深.jpg')
print(getAverageRGB(img))#中深
(167.87583643122676, 139.22472118959107, 108.74795539033457)

[ ] img = Image.open('/content/drive/MyDrive/科展/有問題的照片資料夾/濃度OK/8秒 下游 淺.jpg')
print(getAverageRGB(img))#中淺
(188.92731804580242, 175.15962113659023, 156.598703888335)

[ ] img = Image.open('/content/drive/MyDrive/科展/有問題的照片資料夾/濃度OK/10秒 下游 深.jpg')
print(getAverageRGB(img))#下深
(177.3993105748916, 151.6665184032023, 124.30423662848882)
```

按兩下 (或按 Enter 鍵) 即可編輯

```
[3] from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')

Mounted at /content/drive

[4] from PIL import Image
```

圖一：RGB 計算程式

- (7) 將照片之 RGB 值轉換成透光度。

Red: 111  
Green: 85  
Blue: 58

轉換

顏色預覽			
顏色名稱 (資料來源)			
HEX	#6F553A		
RGB	Red	111	
	Green	85	
	Blue	58	
CMYK	Cyan	0.0000	
	Magenta	0.2342	
	Yellow	0.4775	
	black	0.5647	
HSV	Hue	31°	
	Saturation	47.7%	
	Value	43.5%	
HSL	Hue	31°	
	Saturation	31.4%	
	Lightness	33.1%	

圖二：RGB 轉換透光度軟體

上游深	中游深	下游深
上游淺	中游淺	下游淺

表二：裁切照片範例

上表為拍攝河道畫面，並分割為上游、中游、下游三部分、再將照片分為深淺二區，用以進行分析。求得各分段的透光度，便可依深淺區透光度差，判斷分流效果。差值大者，表示深淺分流明顯，反之則表示不明顯。



圖三：實驗裝置全貌

## 2.前導實驗二：研究短時間內兩水體匯流之流量差對數據影響顯著與否

### 實驗步驟：

- (1) 架設攝影機。
- (2) 關閉教室所有燈光 開啟教室第一排窗簾。
- (3) 使用攝影機拍攝每單位時間水面的高度。

## 3.實驗一：探討河道交會角度與兩河流量差對匯流後分流效果之影響

### 操縱變因一：河道交會角度

- (1) 架設攝影機。
- (2) 調整河道與桌面夾角之正切值 $=10/203$ ；固定泥水濃度。
- (3) 關閉教室所有燈光 開啟教室第一排窗簾。
- (4) 調整交會角度：0、20、40、60 度。
- (5) 使用攝影機拍攝河道畫面（10 秒）。
- (6) 選取第 6、8、10 秒照片並依據上游、中游、下游之深淺位置裁切照片。
- (7) 利用程式計算照片之平均 RGB 值。
- (8) 將照片之 RGB 值轉換成透光度。
- (9) 利用分析圖片色碼轉換透光度並比較透光度差異。

## 操縱變因二：兩河流量差

- (1) 架設攝影機。
- (2) 關閉教室所有燈光 開啟教室第一排窗簾。
- (3) 調整河道與桌面夾角之正切值=10/203；固定泥水濃度。
- (4) 盛裝不同體積之清水及濁水（泥水）（如下表），在固定角度下進行匯流實驗，並計算流量差。

	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 5
清水（公升）	15	15	20	30	40
濁水（公升）	30	15	15	15	15
流量差 （毫升／秒）	-107	0	42	107	160

表三：清水及濁水體積設定

- (5) 使用攝影機拍攝河道畫面（10 秒）。
- (6) 選取第 6、8、10 秒照片並依據上游、中游、下游之深淺位置裁切照片。
- (7) 利用程式計算照片之平均 RGB 值。
- (8) 將照片之 RGB 值轉換成透光度。
- (9) 改變角度，重複 4 至 8 步驟。

## 4.實驗二：比較不同濃度河流匯流後之分流效果

### 實驗步驟：

- (1) 架設攝影機。
- (2) 關閉教室所有燈光 開啟教室第一排窗簾。
- (3) 泥沙含量 1.67(g/L)。
- (4) 固定交會角度：20 度、流量差：107 毫升／秒。
- (5) 使用攝影機拍攝河道畫面（10 秒）。
- (6) 選取第 6、8、10 秒照片並依據上游、中游、下游之深淺位置裁切照片。
- (7) 利用程式計算照片之平均 RGB 值。

(8) 將照片之 RGB 值轉換成透光度。

(9) 改變泥沙含量，分別為 3.33、6.67、10、13.33、16.67(g/L)重複進行 4 至 8 步驟。

## 伍、研究結果

### 一、前導實驗一：

研究隨著時間水桶中泥沙沉澱對於分流現象之影響，若無顯著影響則表示實驗進行期間可忽略沉澱，反之則不可。

時間(sec) \ 位置	10	15	20	25
上游	37.30%	35.70%	34.80%	39.40%
中游	32.50%	32.30%	32.70%	30.20%
下游	30.60%	32.00%	30.20%	29.80%

表四：前導實驗一結果

### 二、前導實驗二：

因水桶初始水位不同，越高則初始流量、流速都較大，導致水面高度差並不會維持定值，因此我們設計實驗，探討隨著時間水面高度差的變化，以得知在短時內是否可以忽略高度差變化導致的流量差變化。

初始水面高度(cm) 時間(sec)	20 與 15	30 與 15	40 與 15
0	5	8.9	24.9
2	4.7	8.5	22.8
4	4.3	8.4	22.4
6	4.3	8	21.9
8	4.2	7.9	21.5
10	4.2	7.7	21
12	4.3	7.1	20.6
14	4.4	7.1	20.2
16	4.2	7	19.8
18	4	6.8	19.2
20	3.9	6.8	19
22	3.7	6.7	18.1
24	3.4	6.2	17.5
26	2.8	5.6	16.7

表五：前導實驗二結果

[註]百分比表示濁水與清水之透光度差

### 三、實驗一：探討河道交會角度與兩河流量差對匯流後分流效果之影響

操縱變因一：交會角度與分流效果之關係

#### (一) 不同角度上中下游之結果

從實驗結果中，我們發現上游的分流效果最明顯，中游分流效果居中，下游分流效果是三者中最不明顯的。

#### (二) 同一流量差下改變角度(差值=清水-濁水，單位毫升)

##### 1. 流量差=-107：

在流量差-107 毫升/秒條件下，探究不同交會角度對透光度差值的影響，如下表。



圖四：流量差=-107 角度 20 度河道圖

位置 \ 角度	0 度	20 度	40 度	60 度
上游	26.67%	22.70%	16.63%	11.97%
中游	16.70%	14.77%	13.47%	5.47%
下游	7.80%	7.37%	9.00%	3.97%

表六：流量差=-107 結果

2.流量差=0：

在流量差 0 毫升/秒條件下，探究不同交會角度對透光度差值的影響，如下表。



圖五：流量差=0 角度 20 度河道圖

位置 \ 角度	0 度	20 度	40 度	60 度
上	37.40%	33.40%	29.73%	17.03%
中	32.40%	27.67%	27.17%	10.03%
下	21.27%	19.77%	20.67%	7.77%

表七：流量差=0 結果

3.流量差=42：

在流量差 42 毫升/秒條件下，探究不同交會角度對透光度差值的影響，如下表。



圖六：流量差=42 角度 20 度河道圖

位置 \ 角度	0 度	20 度	40 度	60 度
上	35.83%	33.53%	33.90%	13.23%
中	27.50%	29.60%	24.70%	11.37%
下	17.70%	18.17%	18.53%	8.70%

表八：流量差=42 結果

#### 4.流量差=107：

在流量差 107 毫升/秒條件下，探究不同交會角度對透光度差值的影響，如下表。



圖七：流量差=107 角度 20 度河道圖

角度 位置	0 度	20 度	40 度	60 度
上	37.00%	35.80%	29.83%	25.17%
中	31.30%	30.00%	29.17%	15.73%
下	23.47%	23.33%	19.60%	9.67%

表九： 流量差=107 結果

#### 5.流量差=160：

在流量差 162 毫升/秒條件下，探究不同交會角度對透光度差值的影響，如下表。



圖八：流量差=160 角度 20 度河道圖

角度 位置	0 度	20 度	40 度	60 度
上	36.33%	36.27%	31.60%	21.37%
中	30.30%	34.37%	31.70%	7.23%
下	23.23%	24.63%	18.27%	5.40%

表十： 流量差=160 結果

#### 四、實驗一：

操縱變因二：流量差與分流效果之關係

##### (一) 不同流量差上中下游討論

上游為整體效果為三道河段中最佳者，中游分流程度居中，而下游劣於前兩者

##### (二) 同一角度下改變流量差

##### 1.交會角度=0 度：

在交會角度 0 度的條件下，探究兩河不同流量差對透光度差值的影響，如下表。



圖九：流量差=107 角度0度河道圖

位置 \ 流量差 (mL)	-107	0	42	107	160
上游	26.67%	35.83%	37.40%	37.00%	36.33%
中游	16.70%	27.50%	32.40%	31.30%	30.30%
下游	7.80%	17.70%	21.27%	23.47%	23.23%

表十一：角度0度結果

2.交會角度=20度：

在交會角度20度的條件下，探究兩河不同流量差對透光度差值的影響，如下表。



圖十：流量差=107 角度20度河道圖

位置 \ 流量差 (mL)	-107	0	42	107	160
上游	22.70%	33.53%	33.40%	35.80%	36.27%
中游	14.77%	29.60%	27.67%	30.00%	34.37%
下游	7.37%	18.17%	19.77%	23.33%	24.63%

表十二：角度20度結果

3.交會角度=40度：

在交會角度40度的條件下，探究兩河不同流量差對透光度差值的影響，如下表。



圖十一：流量差=107 角度40度河道圖



位置 \ 流量差 (mL)	-107	0	42	107	160
上游	16.63%	33.90%	29.73%	29.83%	31.60%
中游	13.47%	24.70%	27.17%	29.17%	31.70%
下游	9.00%	18.53%	20.67%	19.60%	18.27%

表十三: 角度 40 度結果

#### 4. 交會角度 = 60 度 :

在交會角度 60 度的條件下，探究兩河不同流量差對透光度差值的影響，如下表。



圖十二：流量差 = 107 角度 60 度河道圖

位置 \ 流量差 (mL)	-107	0	42	107	160
上游	11.97%	13.23%	17.03%	25.17%	21.37%
中游	5.47%	11.37%	10.03%	15.73%	7.23%
下游	3.97%	8.70%	7.77%	9.67%	5.40%

表十四: 角度 60 度結果

#### 五、實驗二：比較不同濃度河流匯流後之分流效果

在交會角度 20 度、流量差 107 毫升/秒的條件下，改變泥水濃度，求得不同情性下之透光度差值，如下表。



圖十三：泥沙含量 10g/L 河道圖

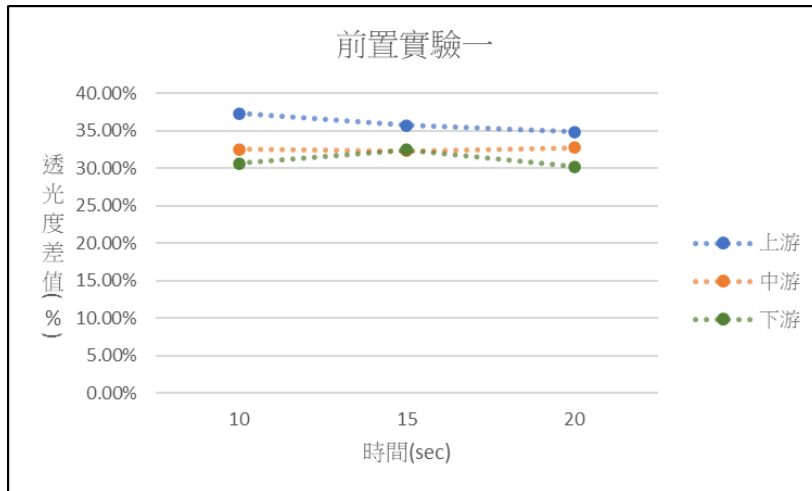
位置 \ 泥沙含量 (g/L)	1.67	3.33	6.67	10	13.33	16.67
上游	22.40%	25.97%	25.97%	31.03%	29.63%	24.90%
中游	14.40%	18.13%	22.27%	23.47%	20.93%	19.33%
下游	10.07%	16.40%	19.77%	20.17%	15.93%	12.13%

表十五: 實驗二結果

## 陸、討論

### 一、前導實驗一

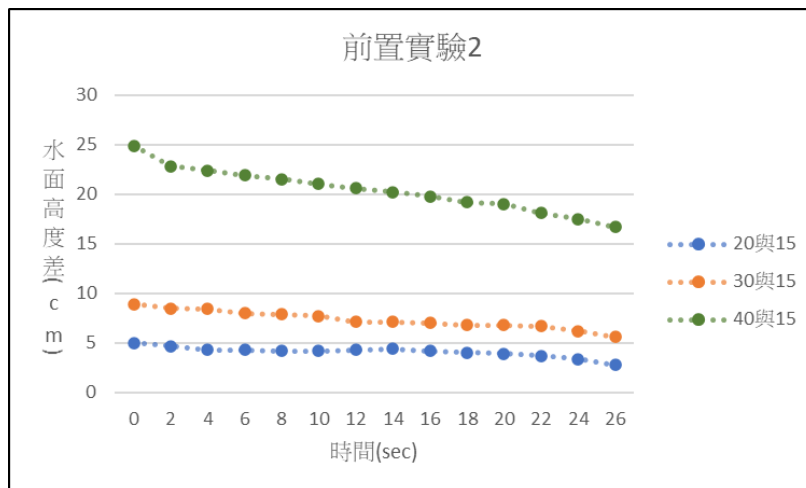
研究泥沙在短時間內沉澱顯著與否，如圖所示，在實驗所測時間內，桶內水體泥沙沉澱無顯著改變，故實驗期間可忽略沉澱造成的影響。



圖十四：前導實驗一結果

### 二、前導實驗二

研究短時間內兩水體匯流之流量差，如圖所示，在實驗所測時間內(6 到 10 秒)，兩水體之流量差並不會隨時間而有顯著改變，故我們可以利用此方法進行實驗。



圖十五：前導實驗二結果

### 三、實驗一：

操縱變因一：交會角度與分流效果之關係

#### (一) 不同角度上中下游之討論

##### 1. 上游：

我們發現上游的分流效果最明顯，我們認為有以下理由：

(1) 河流慣性仍明顯，使得泥沙能趨於原先方向與速度向前。

(2) 角度大小影響明顯，導致上游分流現象隨著角度變大而不明顯。且因實驗河道的尺度限制，角度增加時，水體撞擊對側河道壁機率增加、紊動明顯，進而造成分流效果不佳。

##### 2. 中游：

從實驗結果中，我們可以得知分流效果居中，應有以下原因：

(1) 因河流與河床摩擦，會使得水流速度降低，橫向擴散會稍微明顯。

(2) 因河流慣性仍存在，故混濁程度相較之下，差異不大。

(3) 考慮河流紊動因素，我們可以發現分界線並不會成一直線。中游河段，因紊動明顯及水體撞擊對側河道壁而反射，此分界線呈現明顯的波浪狀。

##### 3. 下游：

從實驗結果判斷，下游分流效果是三者中最不明顯，理由如下：

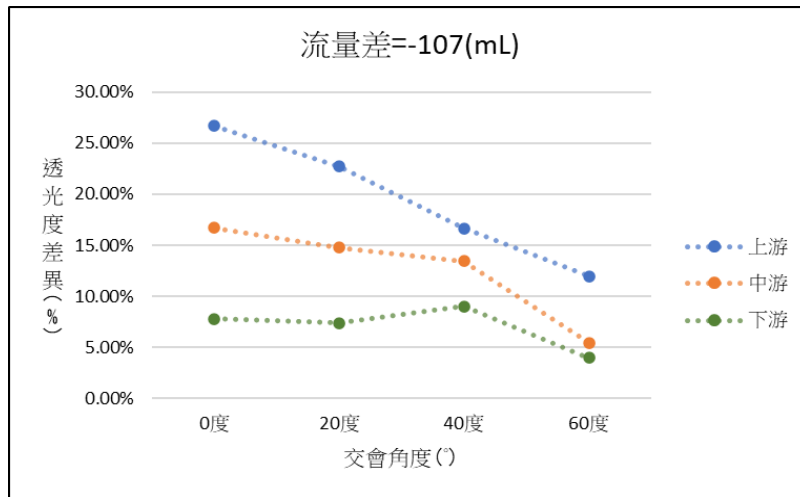
(1) 流速漸慢，橫向擴散效果增強。

(2) 此處速度趨於穩定，紊動現象不明顯，河流分界線可呈現較明顯的直線。

#### (二) 同一流量差下改變角度(流量差 = 清水流量 - 濁水流量，單位：毫升)

##### 1. 流量差 = - 107：

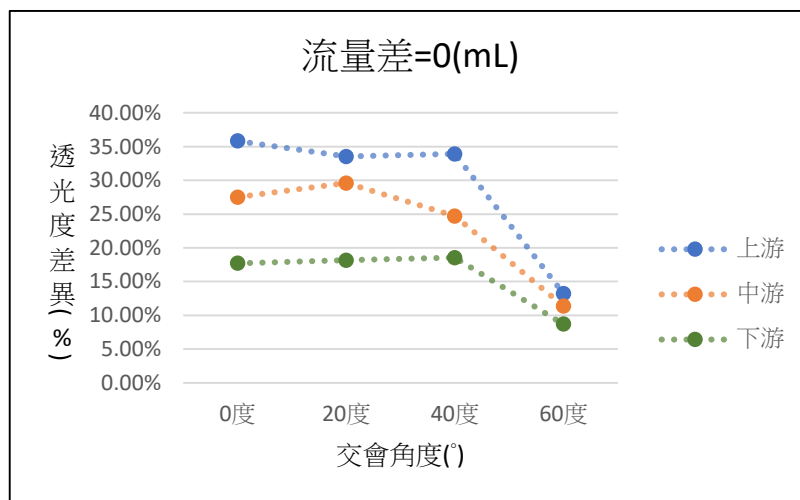
在上游的部分，可觀察到隨著河流交會角度變大，分流效果變差。推測隨著角度變大，交會處之混和及紊動效果增加所致。中游同樣可觀察到隨著角度變大，分流效果降低的情況。而下游部分，交會角度小於等於 40 度時，分流效果無顯著差異，推測是因上、中游之混和效果較強，故至此段已無明顯變化。



圖十六：流量差 = - 107 結果

### 2. 流量差 = 0

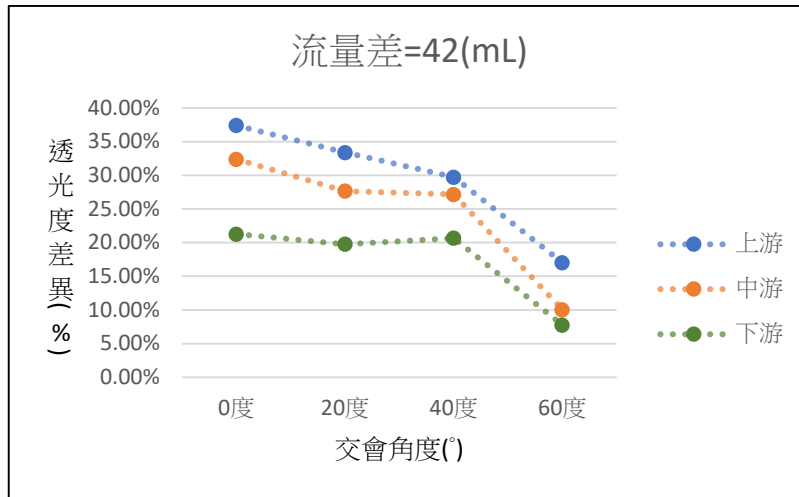
0 到 40 度之間，隨著交會角度變大，上、中、下游各別分流程度無顯著變化，推測原因為流量差異極小，導致兩河強度相當，使得混和效果不明顯。而當角度大至 60 度時，因為撞擊對側河道壁機率增加，促使混和效果及紊動程度提高，分流效果明顯劣於前三者。



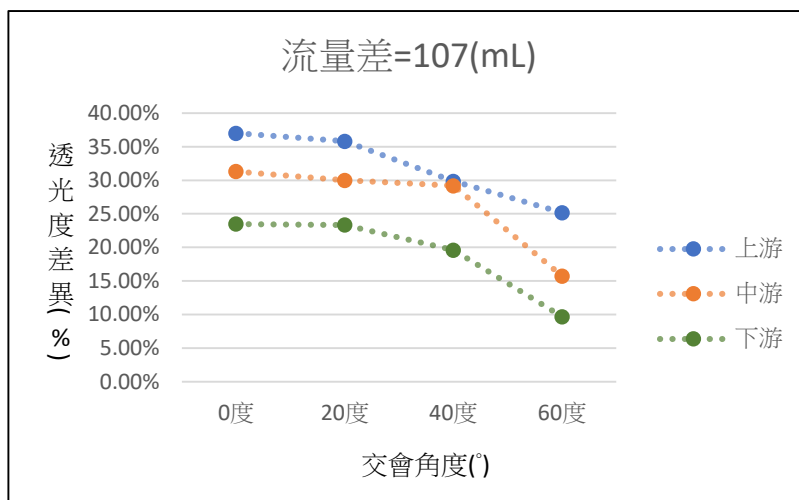
圖十七：流量差 = 0 結果

### 3. 流量差 = 42、107、160

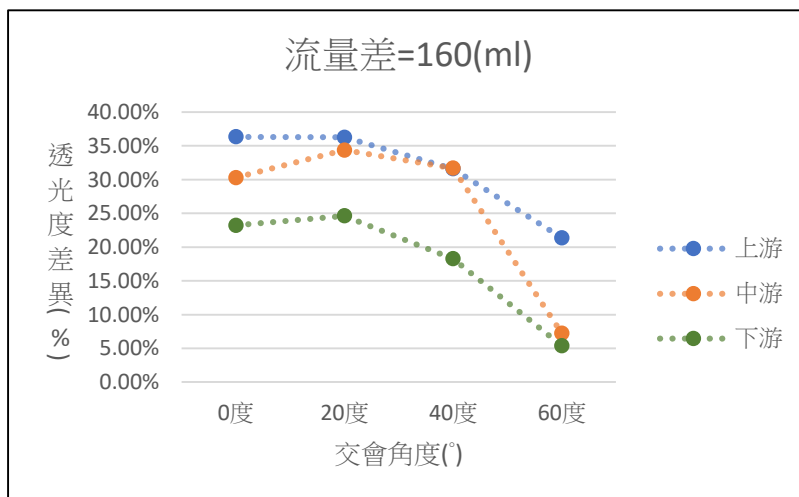
此三組狀況下，均是清水流量大於濁水流量，可發現隨著交會角度變大，分流效果有變差得趨勢。



圖十八：流量差=42 結果



圖十九：流量差=107 結果



圖二十：流量差=160 結果

4.綜合五項實驗結果，當河流交會角度為 0、20、40 度時，其分流效果下降趨勢相似，而當角度大至 60 度時，分流程度顯著降低。

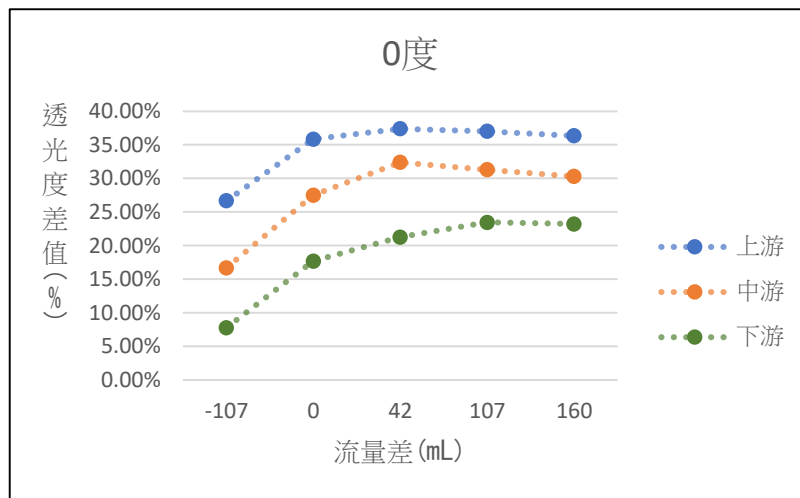
#### 四、實驗一：

操縱變因二：流量差與分流效果之關係

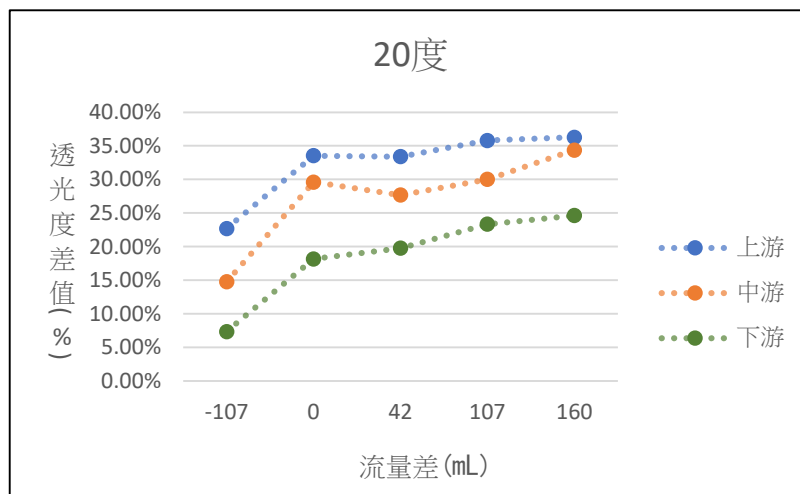
(一) 交會角度=0、20、40 度

從河流交會角度 0 到 40 度的圖中，我們可以觀察到當濁水流量大於清水時，分流效果顯著不佳，推測原因為：

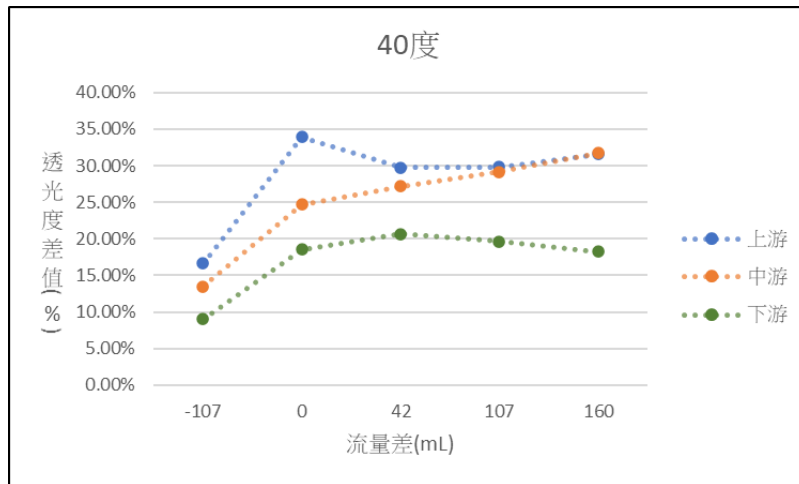
- 1.濁水流量及流速較高時，本身紊動明顯。
- 2.因流速較強，泥水整體動能較大，不易受到清水抑制，混和效果較佳。



圖二十一：交會角度=0 度結果



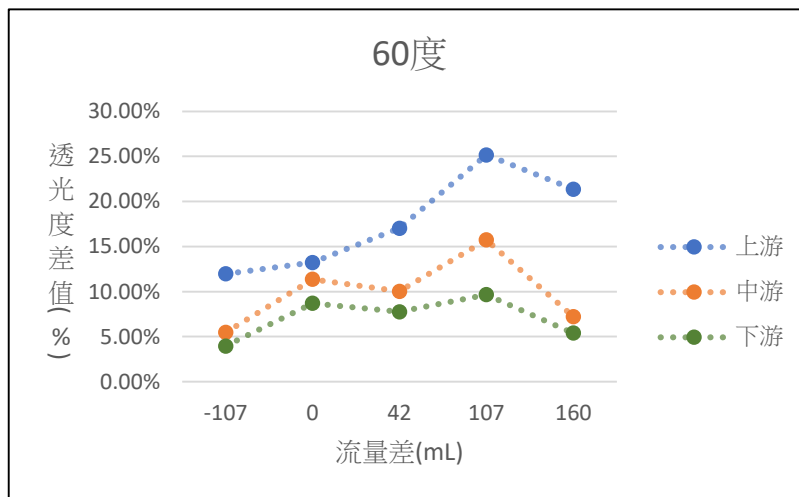
圖二十二：交會角度=20 度結果



圖二十三：交會角度=40 度結果

(二) 交會角度=60 度

因本實驗河道寬度僅 6cm，導致清水、濁水皆易撞擊對側河道壁而反射並混合，當兩河流量差達 160 時，由於總流量最高，因此匯流後紊動效果最高，使得分流效果低於流量差為 107 的情形。



圖二十四：交會角度=60 度結果

五、實驗二：濃度與分流效果之關係

(一) 在濃度 1.67 克/公升時透光度有最小差值，隨濃度攀升至 10 克/公升而後降低。

(二) 當濃度低於 10(g/L)時，透光度差值會隨著濁水濃度增加而增加，檢視原始數據發現，是因濁水濃度增加造成的透光度下降導致差異變大。

(三) 當濃度高於 10(g/L)時，透光度差值會隨著濁水濃度增加而下降，檢視原始數據發現，清水段的透光度下降，表示濁水段的泥因濃度增加而擴散效果變高。

(四) 探討濃度對實驗結果影響與菲克定律之間的關係

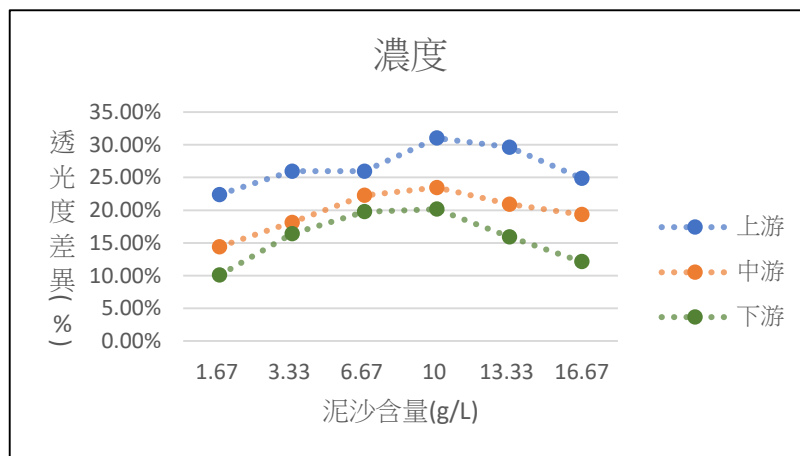
菲克定律

$$D_n = -\epsilon \frac{dC}{dn}$$

$D_n$ :單位時間內通過單位面積的擴散物質總量； $\epsilon$ :擴散係數； $dC$ :擴散物質濃度； $dn$ :方向。

此公式對於擴散作用具有量化的效果，在相同環境、相同擴散物質情況下， $\epsilon$  為常數，故擴散效果正比於濃度梯度，可以推論當泥沙輸出量增加時，橫向擴散效果亦會提升。

在進行濃度對分流現象的實驗中，可以發現濃度由 10 克/公升逐漸提高至 16.67 克/公升時，差值逐漸漸低，此乃因濃度提升加劇了擴散作用，使分流不明顯。結果與菲克定律相符，濃度與擴散效果呈正相關。



圖二十五：交會角度=0 結果



## 六、討論自然界中河流交會角度、流量差、溶質對分流效果之影響

在眾多擁有分明現象的河川之中，查詢地理性質，發現其中河流的交會角度、挾帶的溶質、以及河流流量差，可能是影響交會現象的重要因素。河流流量與流速呈正相關。

河流	項目	交會角度 (度)	流量 (m <sup>3</sup> /sec)	河流性質	分流長度(m)
隆河&阿爾沃河 (瑞士)		25	隆河:1710	隆河:清	873.93
			阿爾沃河:75	阿爾沃河:濁	
湯普森河&弗雷澤河 (加拿大)		26	湯普森河:427	湯普森河:濁	1000
			弗雷澤河:292	弗雷澤河:清	
莫澤河& 萊茵河 (德國)		40	莫澤河:290	莫澤河:濁	4385.5
			萊茵河:2000	萊茵河:清	
洮河&黃河 (中國)		52	洮河:168	洮河:清	562.39
			黃河:2571	黃河:濁	
索利蒙伊斯河&內格羅河 (巴西)		25	索利蒙伊斯河:X	索利蒙伊斯河:濁	773800
			內格羅河:X	內格羅河:黑	
帕吉勒提河&阿勒格嫩達河 (印度)		65	帕吉勒提河:258	帕吉勒提河:濁	400
			阿勒格嫩達河:439	阿勒格嫩達河:清	

表十六:河流資料

[註 1] 查無索利蒙伊斯河及內格羅河之流量資料

[註 2] 索利蒙伊斯河流速 6km/h，內格羅河流速 2km/h

(一) 河川交會角度之比較：

洮河/黃河及帕吉勒提河/阿勒格嫩達河擁有較大的交會角度，而它們的分流距離也相對較短。相反地，交會角度較小的其餘河川，具有較長的分流距離。因此我們推測河川交會角度是影響分流距離的重要因素。

(二) 主流為清流或濁流之比較：

流量大的河川(主流)若是相對清澈，例如隆河/阿爾沃河、莫澤河/萊茵河，擁有較長分流距離。而以混濁者為主流，如洮河/黃河則擁有較短分流距離。


(三) 以清水為主流的河川，主流與支流之流量差異比較

隆河/阿爾沃河流量分別為 1710、75 m<sup>3</sup>/s，差異較小而有較短的 873.93 m 分流距離，莫澤河/萊茵河河流量分別為 290、2000m<sup>3</sup>/s，差異較大而有較長的 4385.5 m 分流距離。而帕吉勒提河/阿勒格嫩達河，雖以清水為主流，然而流量差異小，且交會角度大，使得分流距離僅 400m。

(四) 以濁水為主流的河川，主流與支流之流量差異比較

洮河/黃河流量分別為 168、2571 m<sup>3</sup>/s，差異巨大而有較短的 562.39 m 分流距離，湯普森河/弗雷澤河流量分別為 427、292m<sup>3</sup>/s，差異較小而有較長的 1000 m 分流距離。

(五) 巴西的索利蒙伊斯河/內格羅河是擁有最長分流距離者，其特別之處在於兩河並非一清一濁，而是一邊帶有泥沙，呈土黃色、一邊流經雨林，帶有腐木及落葉，呈黑色。我們推斷兩河性質差異大的溶質是使他們分界明顯長達數十公里的原因。

隆河&阿爾沃河	湯普森河&弗雷澤河	莫澤河&萊茵河
		
洮河&黃河	索利蒙伊斯河&內格羅河	帕吉勒提河&阿勒格嫩達河
		

表十七:河流匯流照片

[註]照片來源:Google Earth

## 七、模擬實驗與真實河流的相關對照

### (一) 河川交會角度之比較：

在進行角度對分流效果的影響的實驗中，我們發現當交會角度越小，河流的分流效果有越顯著的趨勢，此與自然情況相似。本實驗河流交會角度達 60 度時，河流有較差分流效果，此與帕吉勒提河/阿勒格嫩達河情況相似。

### (二) 主流為清流或濁流之比較：

從本實驗發現，兩河流量差為-107(mL/s)，即濁水量大於清水量，分流效果最差，此與洮河/黃河相符合。

河流	與實驗中相仿組別	分流效果 1:最佳 6:最差	實驗效果 1:最佳 4:最差
隆河& 阿爾沃河 (瑞士)	流量濁水<清水，角度小 (表九，20 度)	3	1
湯普森河&弗雷澤河 (加拿大)	流量濁水>清水，角度小 (表六，20 度)	4	3
莫澤河& 萊茵河 (德國)	流量濁水<清水，角度大 (表九，40 度)	2	2
洮河&黃河 (中國)	流量濁水>清水，角度大 (表六，60 度)	5	4
帕吉勒提河&阿勒格嫩達河 (印度)	流量濁水<清水，角度大 (表十，60 度)	6	4
索利蒙伊斯河&內格羅河 (巴西)	濃度實驗 (表十五)	1	佳，然討論變因 與其他組相異， 故不排名。

表十八: 現實河流對照實驗設計表

## 柒、結論

### 一、模擬實驗

#### (一) 河道交會角度與兩河流量差對匯流後分流效果之影響

當河流交會角度為 0、20、40 度時，其分流效果下降趨勢相似，而當角度大至 60 度時，分流程度顯著降低。

#### (二) 流量差：

1. 當濁水流量較高時，分流效果較差。
2. 當河流交會角度為 60 度時，因本實驗河道限制，導致總流量過大時，紊動現象會使分流效果降低。

#### (三) 濃度：

1. 在濃度 1.67 克/公升時透光度有最小差值，隨濃度攀升至 10 克/公升而後降低。
2. 當濃度高於 10(g/L)時，因擴散作用導致河流分流效果變差。透

### 二、比對真實河流與實驗結果

#### (一) 角度：

隨河流交會角度增加，分流效果有變差的趨勢。與真實河流趨勢相同。

#### (二) 流量差：

由實驗結果可知當清水流量大於濁水，則有利分流，反之則不利。與真實河流趨勢亦相同。

## 捌、未來展望

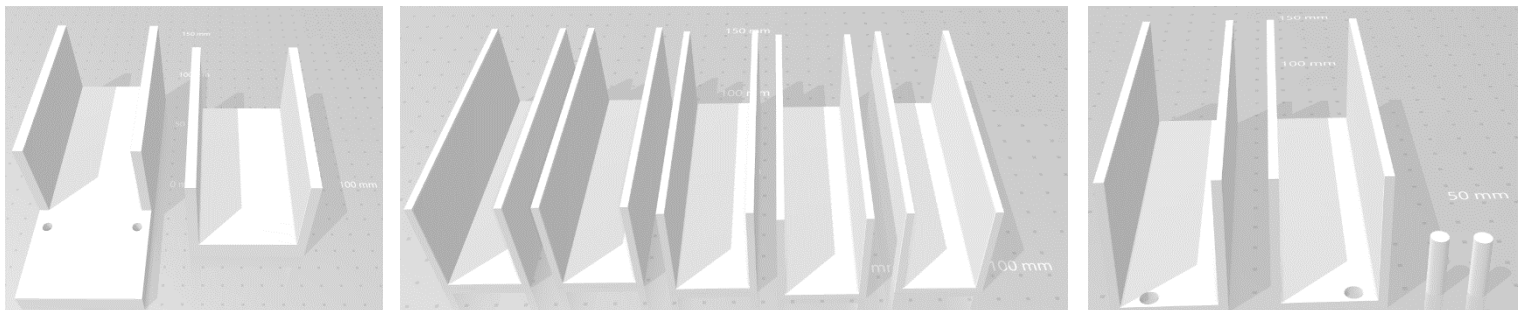
- 一、探討水中泥沙克重與透光度之間的關係，藉以佐證實驗論證過程
- 二、探討不同河流流動方向對分流效果的影響，了解主流與支流匯流時現象
- 三、探討海流方向與分界之間的關係，探究海流方向是否造成海水分界

## 玖、參考資料

- 一、廖哲暉、陳懷平、謝秉燁（2017），涇渭分明--河川分界的奧妙，第 57 屆全國中小學科展
- 二、“涇渭分明”，究竟是誰的手筆？，趣味地理（2019/12/10）
- 四、巴西「陰陽河」 黑白分明綿延 6 公里，大紀元（2015/9/7），取自清华河流动力学概论第 5 章课件 1，清華大學
- 五、Can A River Flow With Two Different Colors of Water Stream?，Water Water Everywhere（2014/7/25）
- 六、Worldkings News - Confluence Of Rhone And Arve Rivers: Two beautiful rivers with two different colors，WORLDKINGS（2020/10/22）
- 七、11 Incredible Points In The World Where Major Bodies Of Water Join Together，Earth Porm

## 拾、附錄

附錄 1：3D 列印 Y 型管設計圖



## 【評語】 180005

針對全球著名河川清濁分流現象進行實驗模擬探討，對河道夾角、流量差以及濃度差異對河流匯流後分流效果之影響。實驗設計明確，結果也清楚。唯影響真實河川逕渭分明的成因，不只是這幾個因素，建議可以從影響混合或擴散的物理因素去思考。另外對實驗室尺度之模擬與真實河川尺度差異與應用限制，也宜作進一步分析或討論。