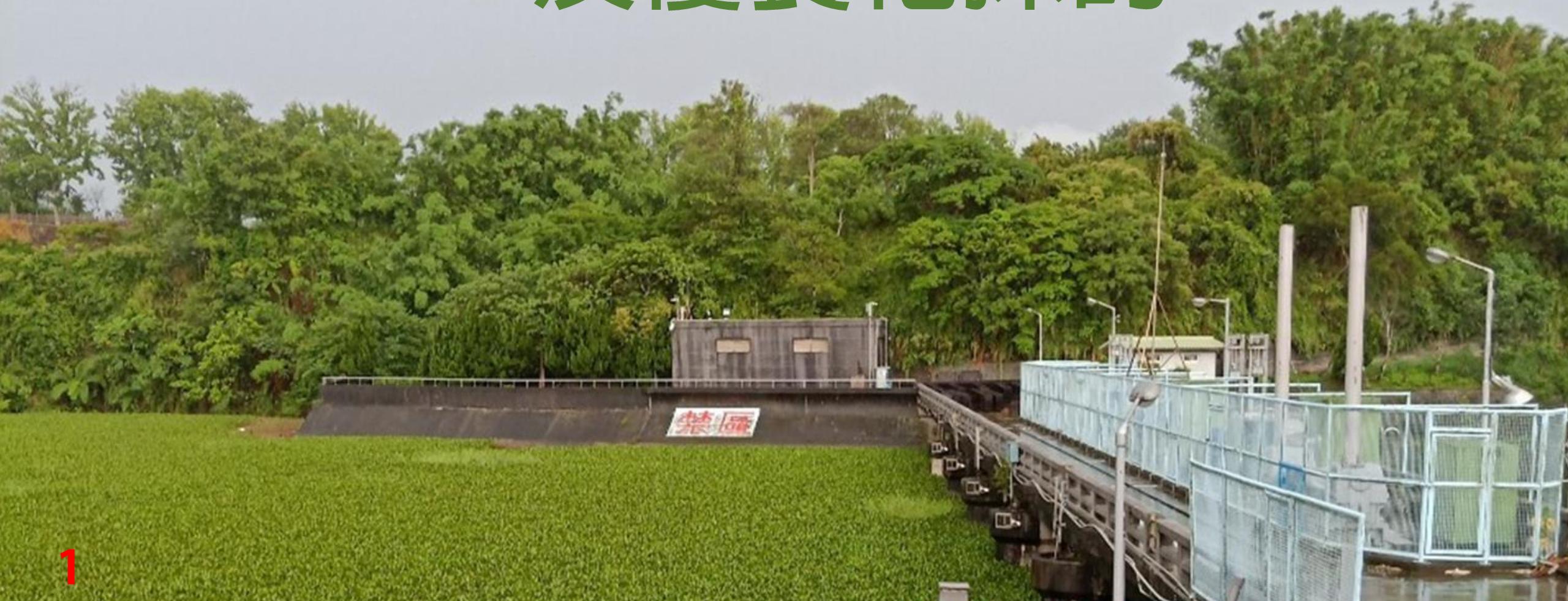


大埔水庫水資源利用 及優養化探討



研究動機

大埔水庫

- 水質不符合飲用水標準，僅能提供農地灌溉用水
- 觀察歷年大埔水庫的影像，近年來浮游植物佈滿湖面，最後導致水中動、植物因缺乏氧氣死亡，嚴重影響水質



研究範圍

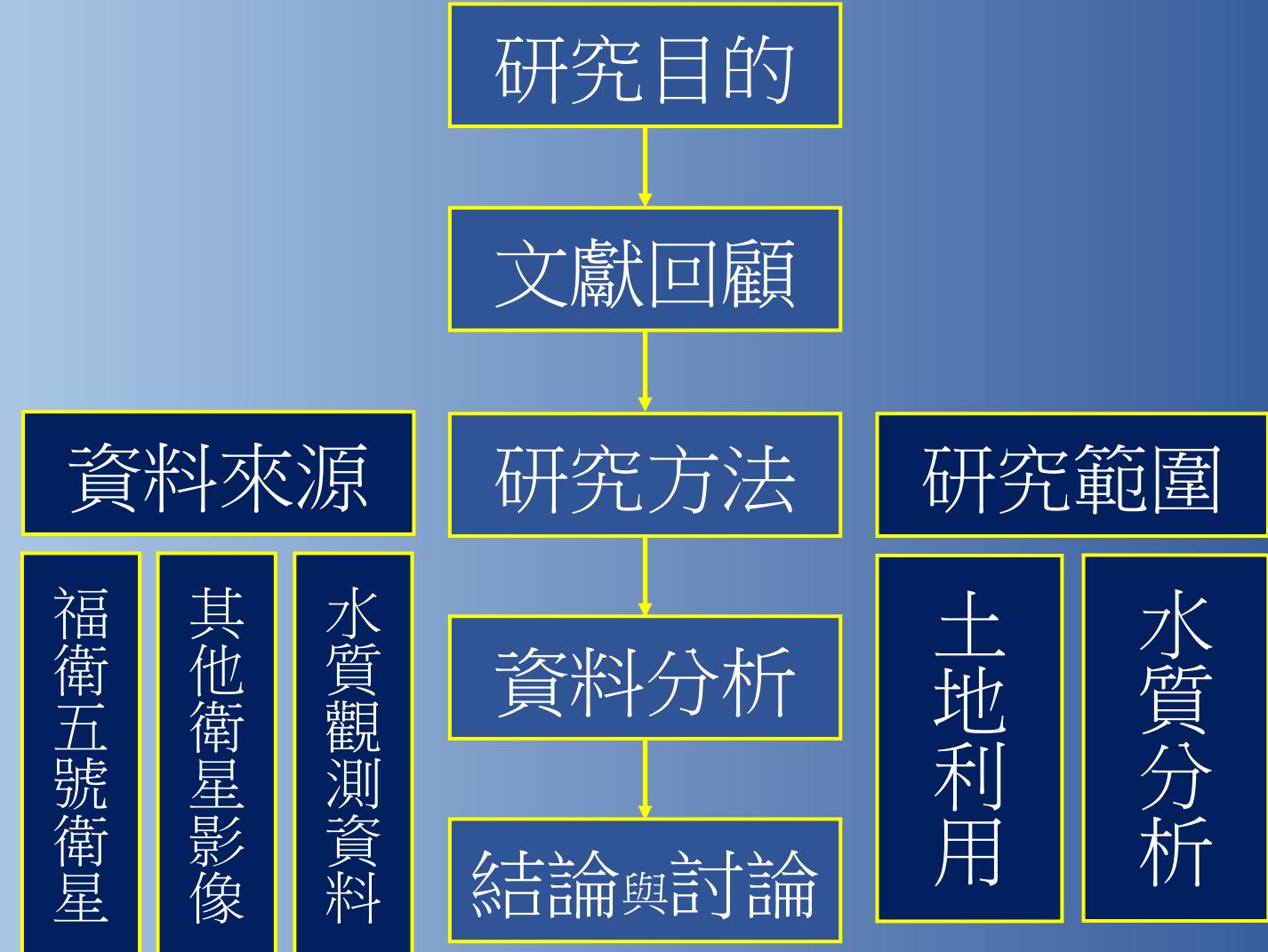
大埔水庫

- 位於新竹縣峨眉鄉
- 主要供應：香山、寶山、竹南、頭份一帶的灌溉及工業用水，兼具防洪功能
- 管轄權屬於：苗栗農田水利會



研究目的

- 大埔水庫的水質優養化
- 衛星影像中的大埔水庫
- 大埔水庫的再生可能性





卡爾森指數

- 評估水庫水質優養程度的指標，簡稱 CTSI
- 三項水質參數濃度值計算
 1. 透明度 (SD)
 2. 葉綠素 a (Chl-a)
 3. 總磷 (TP)





卡爾森指數(CTSI) =

$$\frac{\text{TSI}(\text{SD}) + \text{TSI}(\text{TP}) + \text{TSI}(\text{Chl-a})}{3}$$

透明度SD $\text{TSI}(\text{SD}) = 60 - 14.41 * \ln(\text{SD})$

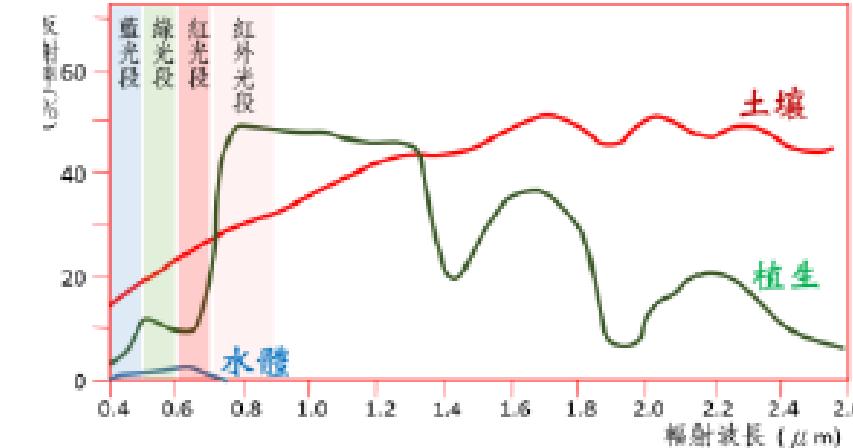
總磷 TP $\text{TSI}(\text{TP}) = 14.42 * \ln(\text{TP}) + 4.15$

葉綠素-a $\text{TSI}(\text{Chl-a}) = 9.81 * \ln(\text{Chl-a}) + 30.6$

電磁波反射率

- 水體反射較多綠光、吸收大量近紅外光
- NDWI 主要是利用綠光段反射量與近紅外光段反射量的數學「和差比值」

圖三：電磁波反射率曲線



資料來源：歐陽鍾裕（1986）資料改繪

NDWI (常態化差值含水量指數)

$$\text{NDWI} = \frac{\text{綠光段電磁波}(G)\text{反射率} - \text{近紅光段電磁波}(NIR)\text{反射率}}{\text{綠光段電磁波}(G)\text{反射率} + \text{近紅光段電磁波}(NIR)\text{反射率}}$$

衛星影像與水質

- 楊明德等 (2008)
利用多幅 SPOT 衛星影像研究石門水庫優養監測
- 施明倫等 (2009)
非監督模式進行衛星影像分類河川污染空間分佈
- 王素芬 (2014)
討論多期影像計算植生指標並進行變遷研究
- 劉芊妤等 (2021)
利用福衛五號及陸域衛星八號影像，以遙測影像光譜和庫區水質現地資料進行回歸模型進行水質監測

大埔水庫重生計畫 (2009)

- 大埔水庫之污染源包括：
點源污染與非點源污染
- 點源污染：
畜牧污水、矽砂場等列管事
業廢水、家庭污水、遊憩污
水
- 非點源污染：
集水區土地利用、邊坡崩塌



大埔水庫重生計畫
The Rehabilitation Plan of
Ta-Pu Reservoir



主辦機關：經濟部水利署北區水資源局
執行單位：黎明工程顧問股份有限公司

中華民國 98 年 1 月

大埔水庫水質治理方案 (2011)

- 以離牧補償與興建污水理系統改善畜牧污染與生活、遊憩污水
- 近程可採用人工濕地以減緩點源水污染的衝擊
- 大部份畜牧戶能接受離牧之意願
- 針對上游集水區進行整理規劃與治理，以減少集水區土砂生產量

大埔水庫水質
治理方案

苗栗農田水利會
100年1月

水質回歸模式

- 本研究採用楊明德 (2008) 的三項水質回歸模式
- 利用衛星影像中的綠光段、紅光段、近紅外光段
- 總磷 (TP) :

$$\ln(\text{TP}) = 0.6621 * \ln(\text{IR} / \text{G}) - 2.9751$$

$$\text{TP} = 2.71828^{(0.6621 * \ln(\text{IR} / \text{G}) - 2.9751)}$$

- 透明度 (SD) :

$$\text{SD} = 1.151 * (\text{IR} / \text{R}) + 0.6241$$

- 葉綠素-a (Chl-a)

$$\text{Chl-a} = 0.164 * \text{IR} - 0.8311$$

水質回歸模式

- 先依三項回歸模式：
先以大埔水庫水質抽樣點進行測試可行性
- 再以水庫七個子集水區 檢測：
各水系匯入水庫水體處選擇定點，以衛星影像之各波段輻射值依三項回歸模式轉換成水質指標
- 各集水區內土地利用資料：
政府開放資料庫中取得七個子集水區的土地利用資料，再與回歸後的水質指標進行相關分析

集水區地理資料

- 水利署：
《水利地理資訊服務平台》
- 環保署：
《全國環境水質監測資訊網》
- 內政部營建署：
《國土規劃地理資訊圖台》
- 農委會水土保持局：
《巨量空間資訊系統》
- Google Earth pro：
研究區 1985 ~ 2021 影像



衛星影像及空照圖

福衛五號影像時間															
哨兵二號影像時間															
2016				2017				2018				2019			
一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四
▲	▲	▲			▲	▲		▲				▲	▲		▲
環保署大埔水庫水質採樣時間															

- 由於環保署大埔水庫水質採樣時間與福衛五號拍攝時間不一致，另選擇再訪頻率較高的哨兵二號影像協助判釋
- 福衛五號影像時間：2018年1月1日（上午）

大埔水庫子集水區土地使用編定

	A 峨眉溪中游	B 石井溪	C 埔尾溪	D 峨眉溪上游	E 大湖溪	F 石子溪	G 大坪溪
甲種建築用地	0.03%	0.00%	0.00%	0.54%	0.13%	0.00%	0.04%
乙種建築用地	0.33%	0.00%	0.00%	0.39%	0.00%	0.00%	0.05%
丙種建築用地	1.73%	0.98%	1.35%	0.95%	1.02%	0.77%	0.51%
丁種建築用地	0.04%	0.00%	4.33%	0.09%	0.04%	0.07%	0.01%
水利用地	6.70%	3.78%	3.87%	2.04%	3.96%	0.32%	0.98%
交通用地	2.50%	1.24%	2.44%	2.23%	1.02%	0.86%	0.60%
林業用地	22.93%	30.01%	39.13%	20.77%	26.27%	53.29%	72.89%
特定目的事業用地	2.15%	0.08%	0.59%	0.11%	0.05%	0.08%	0.13%
國土保安用地	0.42%	0.01%	0.02%	0.18%	1.78%	17.13%	2.25%
農牧用地	61.83%	62.58%	47.33%	72.51%	58.04%	27.05%	18.24%
遊憩用地	0.01%	0.08%	0.00%	0.05%	1.11%	0.09%	0.02%
暫未編定	0.22%	0.97%	0.75%	0.47%	6.36%	0.22%	4.24%
殯葬用地	1.13%	0.27%	0.20%	0.22%	0.36%	0.13%	0.07%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

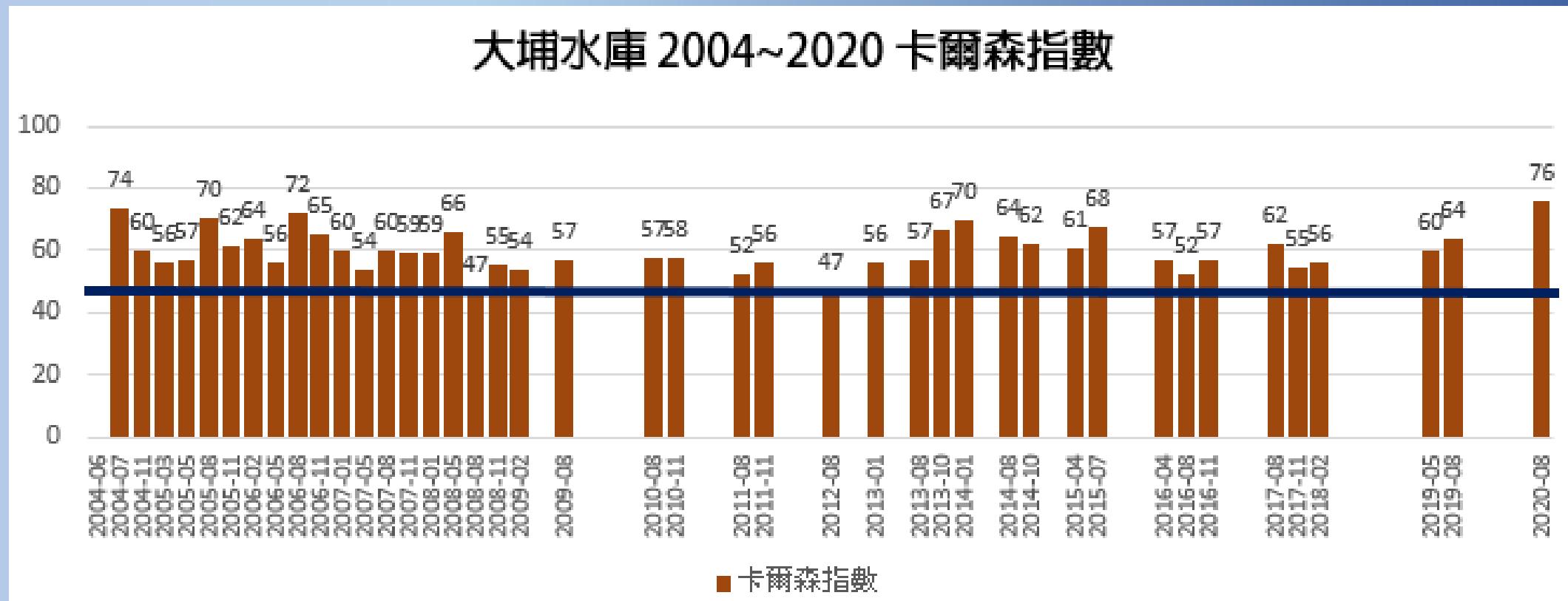
資料分析

大埔水庫集水區點污染源總磷推估



子集水區	豬(頭)	雞(隻)	總磷 推估值
A峨眉溪中游	3,257	2,027	3.77
B石井溪	6,377	16,500	8.79
C埔尾溪	292	800	0.41
D峨眉溪上游	649	24,000	3.42
E大湖溪	2,681	13,300	4.42
F石子溪	5,432	1,500	6.07
G大坪溪	-----		0.18

大埔水庫水庫取水口卡爾森指數



衛星影像判斷水質

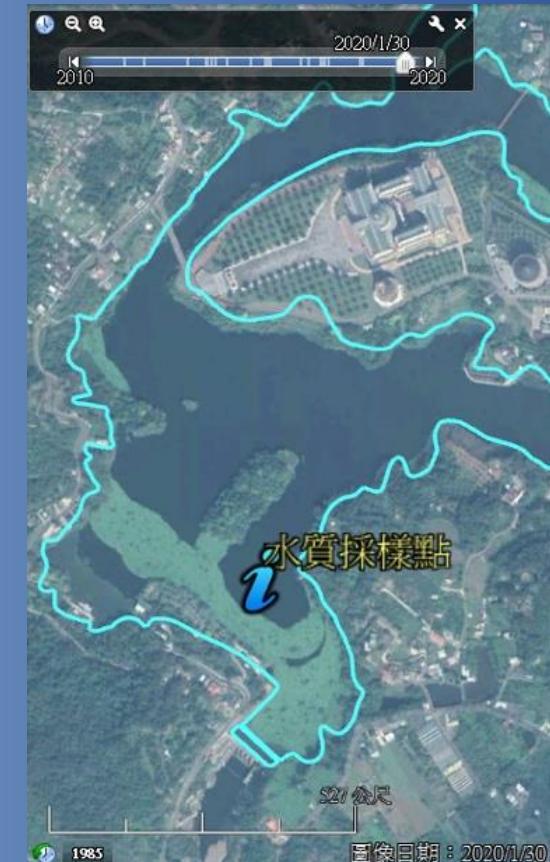
- 本研究採用楊明德 (2008) 的三項水質回歸模式
- 總磷 (TP)：
$$TP = 2.71828^{(0.6621 * \ln(IR / G) - 2.9751)}$$
- 透明度 (SD)：
$$SD = 1.151 * (IR / R) + 0.6241$$
- 葉綠素-a (Chl-a)
$$Chl-a = 0.164 * IR - 0.8311$$

楊*	波段	SPOT	福衛五號	Sentinel-2
b1	綠光段 G	b1 : 0.50~0.59	B2 : 0.52~0.60	B2 : 0.54~0.58
b2	紅光段 R	B2 : 0.61~0.68	B3 : 0.63~0.69	B3 : 0.65~0.68
b3	近紅外光段 IR	b3 : 0.79~0.89	B4 : 0.76~0.90	B8 : 0.78~0.89

資料分析

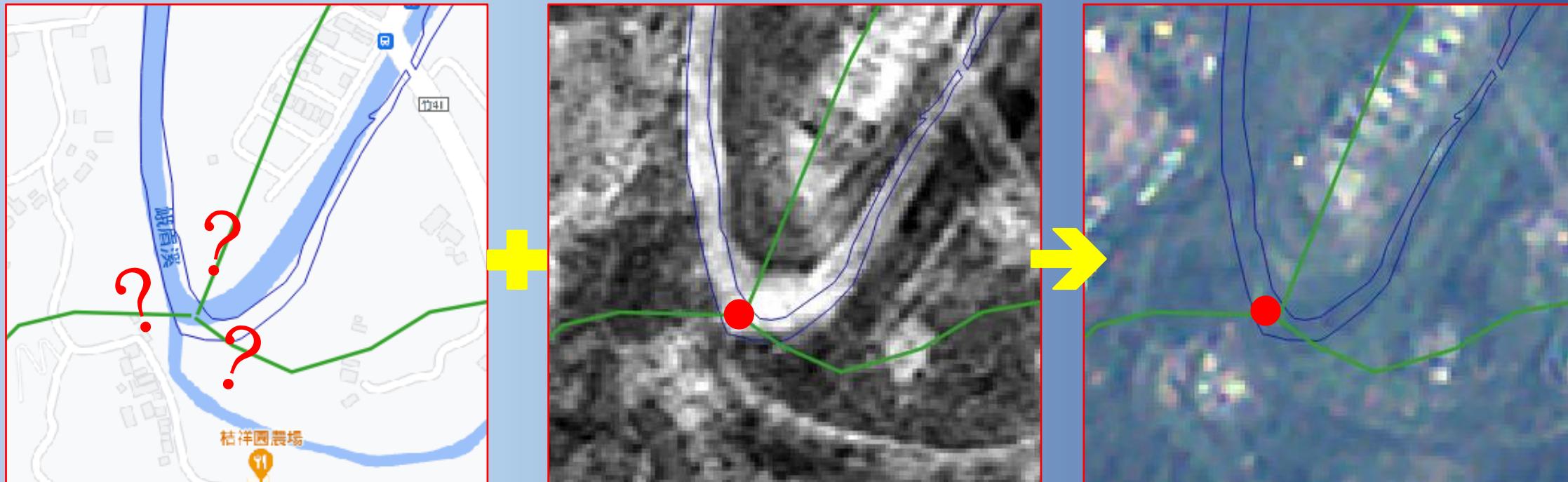
衛星影像判斷水質

日期	透明度 (m)	葉綠素-a ($\mu\text{g/l}$)	總磷 (mg/l)
水質採樣2018-02	1	6.8	0.046
福衛五號2018-01-01	1.55	51.16	0.028
福衛五號 (扣除最小值)	3.63▲	50.99▼	0.065▲
Sentinel-2 2018-01-01	1.54	58.86	0.031



資料分析

NDWI與集水區影像採樣點



- 地理資訊來自不同單位，數化品質亦不相同
- 利用 NDWI 協助尋找影像採樣點

資料分析

七子集水區影像採樣資料

	B	G	R	IR
A	940	783	392	317
B	939	804	396	472
B*	929	822	369	461
C*	430	757	981	753
D	988	888	385	383
E*	1140	1096	740	885
F	943	897	464	426
G*	1002	1027	519	926



資料分析

七子集水區影像採樣資料

	B	G	R	IR
A	984	759	456	364
B	1010	772	552	1027
B*	1018	851	623	1836
C*	1040	837	525	568
D	1144	920	789	1533
E*	1058	791	541	628
F	1069	1002	696	2360
G*	984	759	456	364



資料分析

七子集水區影像採樣資料

研究區	透明度 m			FS5 2018 01/01	S-2 2018 01/01
	2/27	5/28	8/14		
A集水區	2.4	2.3	2.2	1.55	1.54
B集水區	2.4	2.3	1.8	2.00	2.77
D集水區	2.0	2.1	2.0	1.77	1.87
F集水區	2.8	2.6	1.6	1.68	1.96



資料分析

七子集水區影像採樣資料

研究區	葉綠素-a $\mu\text{g/l}$			FS5 2018 01/01	S-2 2018 01/01
	2/27	5/28	8/14		
A集水區	75.3	20.7	7.3	51.2	58.9
B集水區	21.7	18.6	21.5	76.6	167.6
D集水區	4.6	4.0	6.1	62.0	92.3
F集水區	3.7	7.2	6.5	69.0	102.2



資料分析

七子集水區影像採樣資料

研究區	總磷 mg/l			FS5 2018 01/01	S-2 2018 01/01
	2/27	5/28	8/14		
A集水區	0.096	0.266	0.021	0.028	0.031
B集水區	0.525	0.045	0.044	0.036	0.062
D集水區	0.146	0.103	0.074	0.029	0.039
F集水區	0.780	0.467	0.584	0.031	0.044



資料分析

七子集水區影像採樣資料

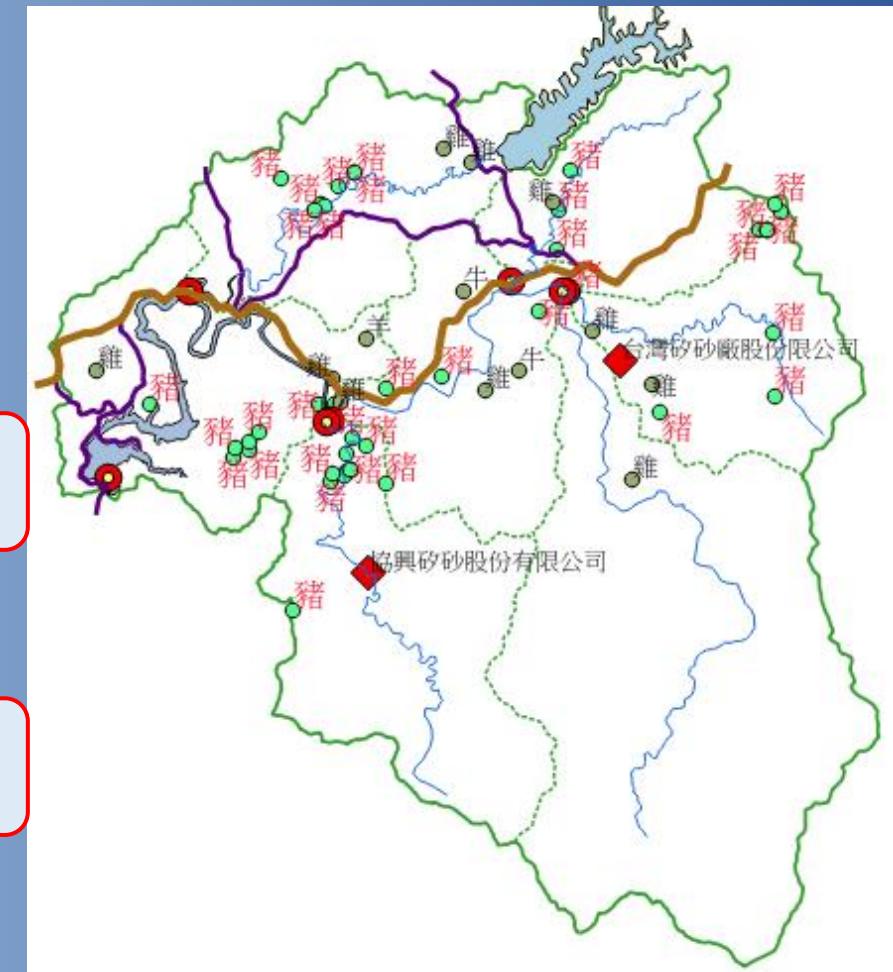
子集水區	點污染源 推估值	總磷(TP) 推估值	非點源污染 推估值	總磷
A峨眉溪中游	5.40	1.89	1.36	3.25
B石井溪	9.59	3.36	1.48	4.84
C埔尾溪	4.62	0.69	0.54	1.23
D峨眉溪上游	4.79	1.20	0.89	2.09
E大湖溪	6.88	1.03	0.72	1.75
F石子溪	6.89	1.72	0.58	2.30
G大坪溪	1.17	0.18	1.08	1.26



討論

七子集水區影像採樣資料

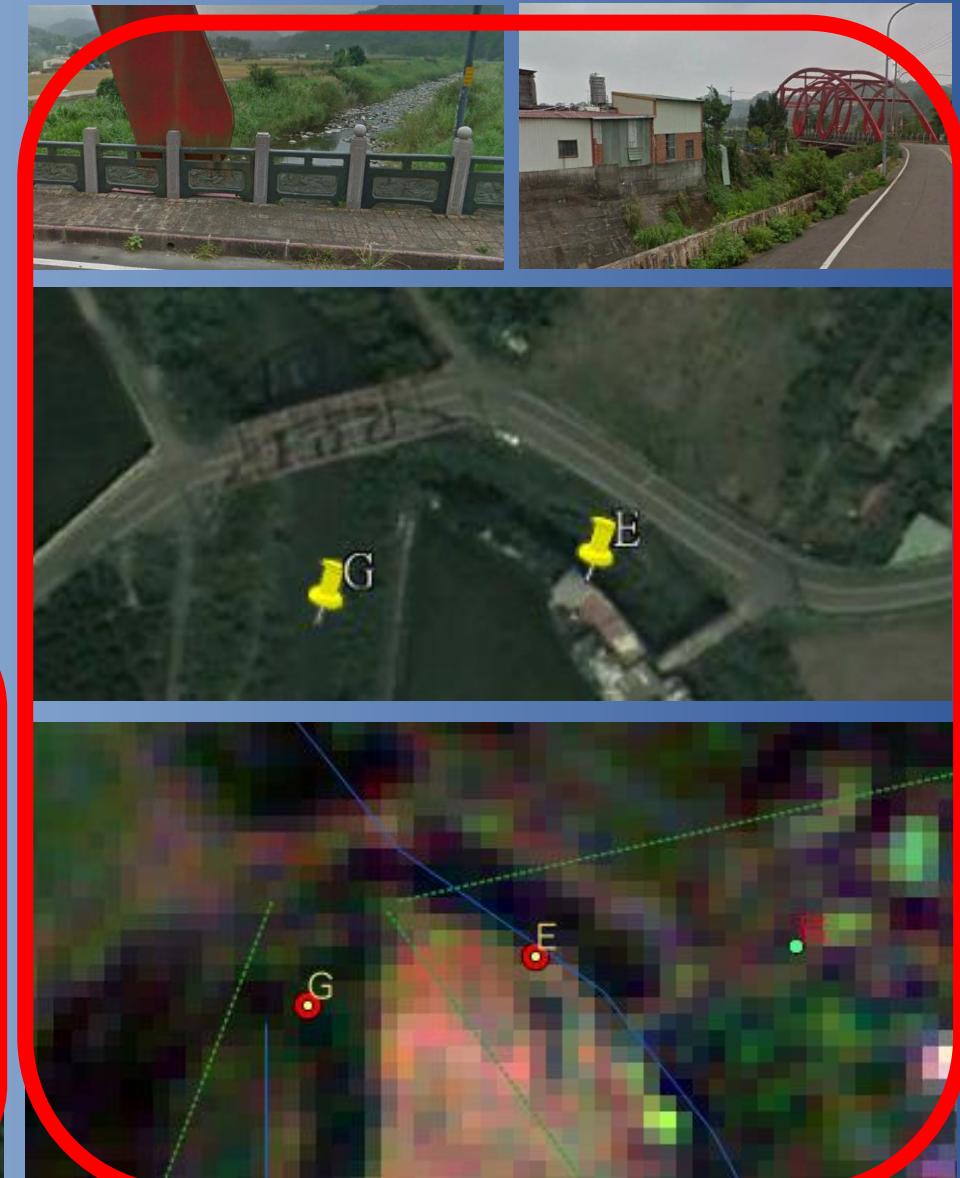
子集水區	點污染源 推估值	不考	非點源污染 推估值	總磷
A峨眉溪中游	5.40		1.36	6.76
B石井溪	9.59		1.48	11.07
D峨眉溪上游	4.79	流	0.89	5.68
F石子溪	6.89	率	0.58	7.47



討論

七子集水區影像採樣資料

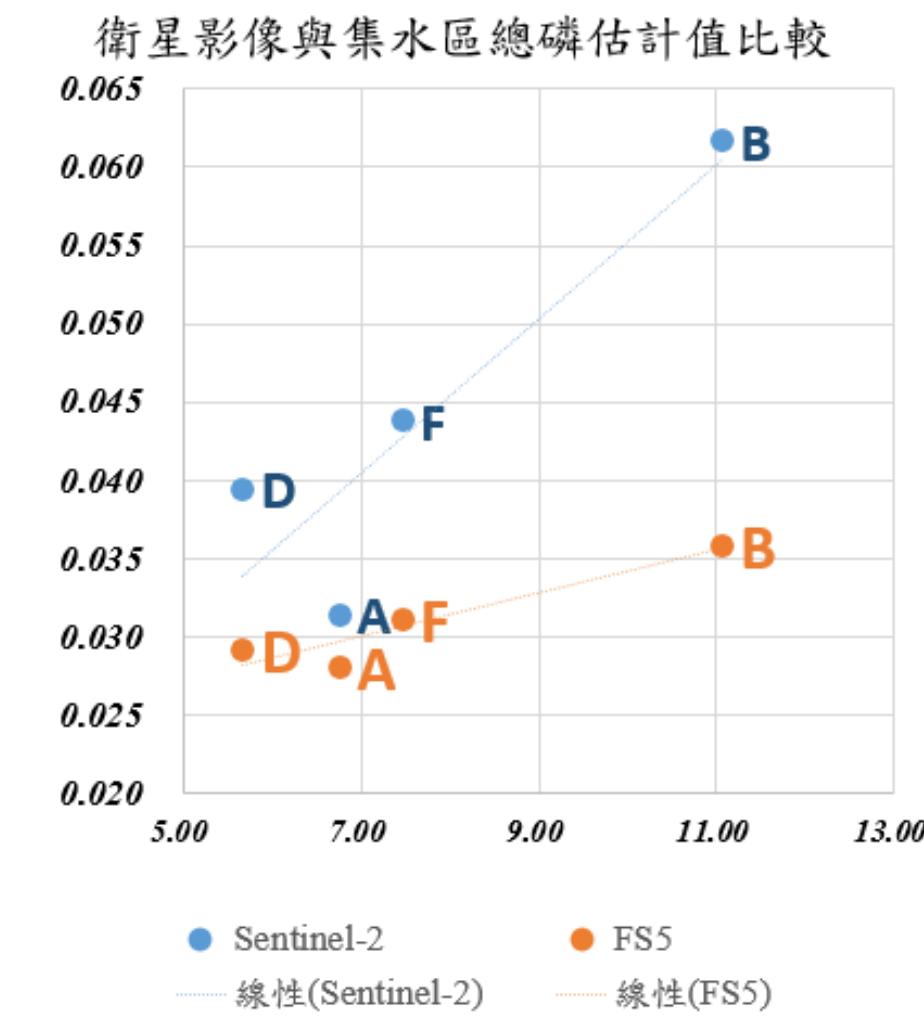
子集水區	FS5 推估值	S-2 推估值	總磷
C 埔尾溪	-----	-----	-----
E 大湖溪	-----	-----	-----
G 大坪溪	-----	-----	-----



討論

七子集水區影像採樣資料

子集水區	FS5 推估值	S-2 推估值	總磷
A峨眉溪中游	0.028	0.031	6.76
B石井溪	0.036	0.062	11.07
C埔尾溪	-----	-----	-----
D峨眉溪上游	0.029	0.039	5.68
E大湖溪	-----	-----	-----
F石子溪	0.031	0.044	7.47
G大坪溪	-----	-----	-----





佈滿布袋蓮的大埔水庫

結論

