



濕地生態系統服務及人工濕地 維管策略

施上粟 Shang-Shu Shih

國立臺灣大學水工試驗所 主任

國立臺灣大學土木工程系 教授

uptreeshih@ntu.edu.tw



目錄

1

生態系統功能及服務

2

水槽實驗的啟發

3

水力效率與水質處理能力

4

大漢溪人工濕地轉型芻議

5

結論與建議





生態系統功能及服務

🔹 自然功能

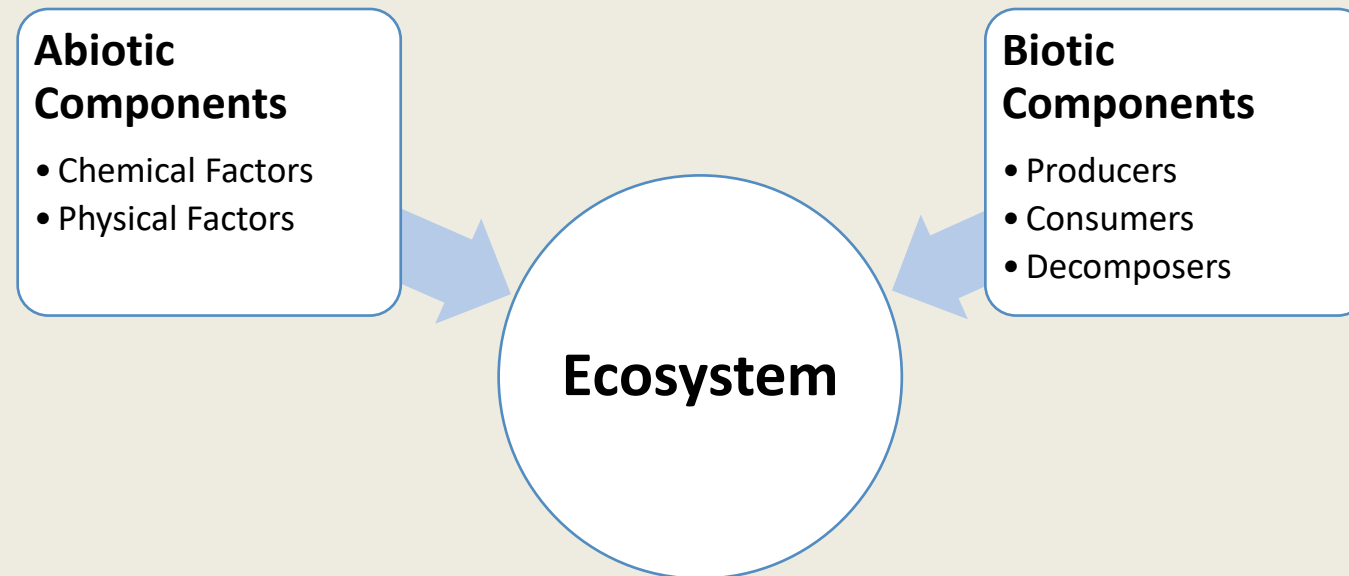
🔹 人類服務



生態系統

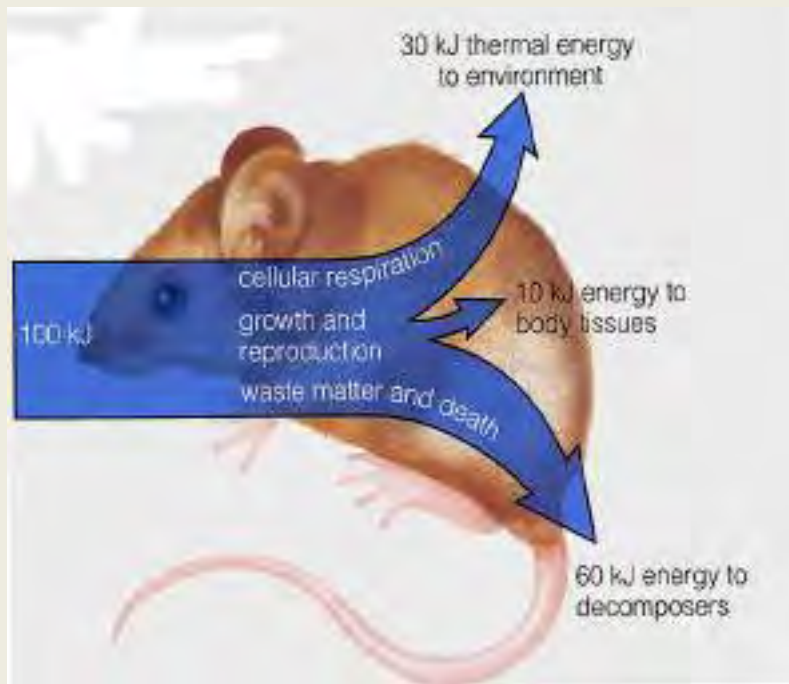
*Any unit that includes all the **organisms** in a given area interacting with the **physical environment** so that **a flow of energy** leads to clearly defined biotic structures and cycling of materials between **living and nonliving components**.*

-- Odum and Barrett (2005)

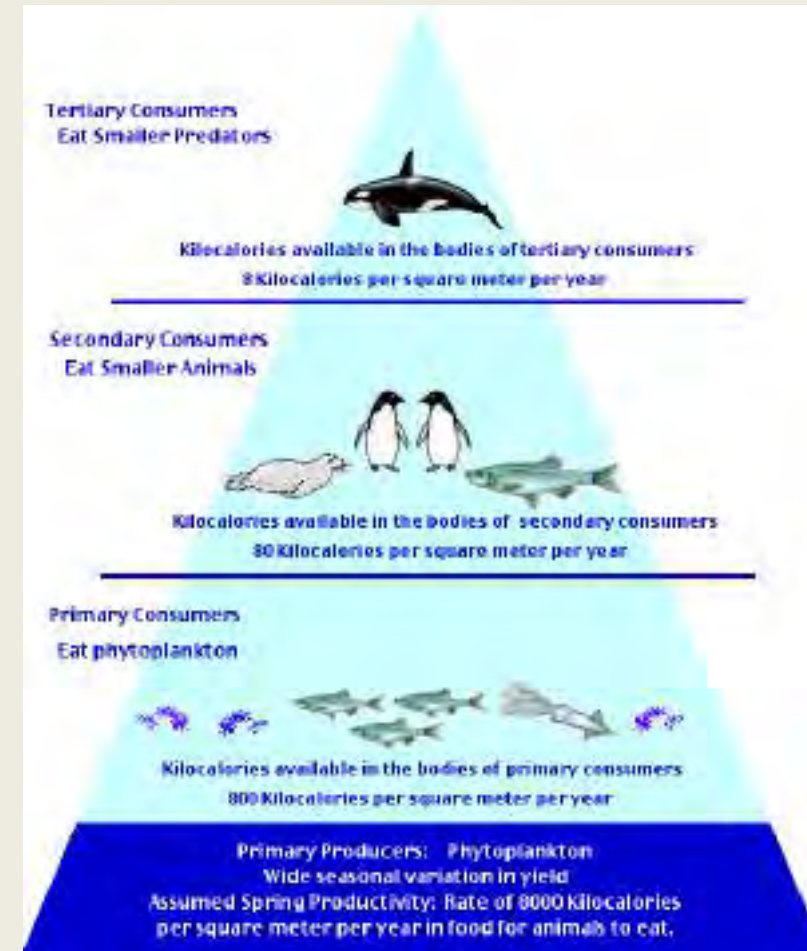


Energy Pyramid

Energy, the trophic levels are measured in Kilocalories

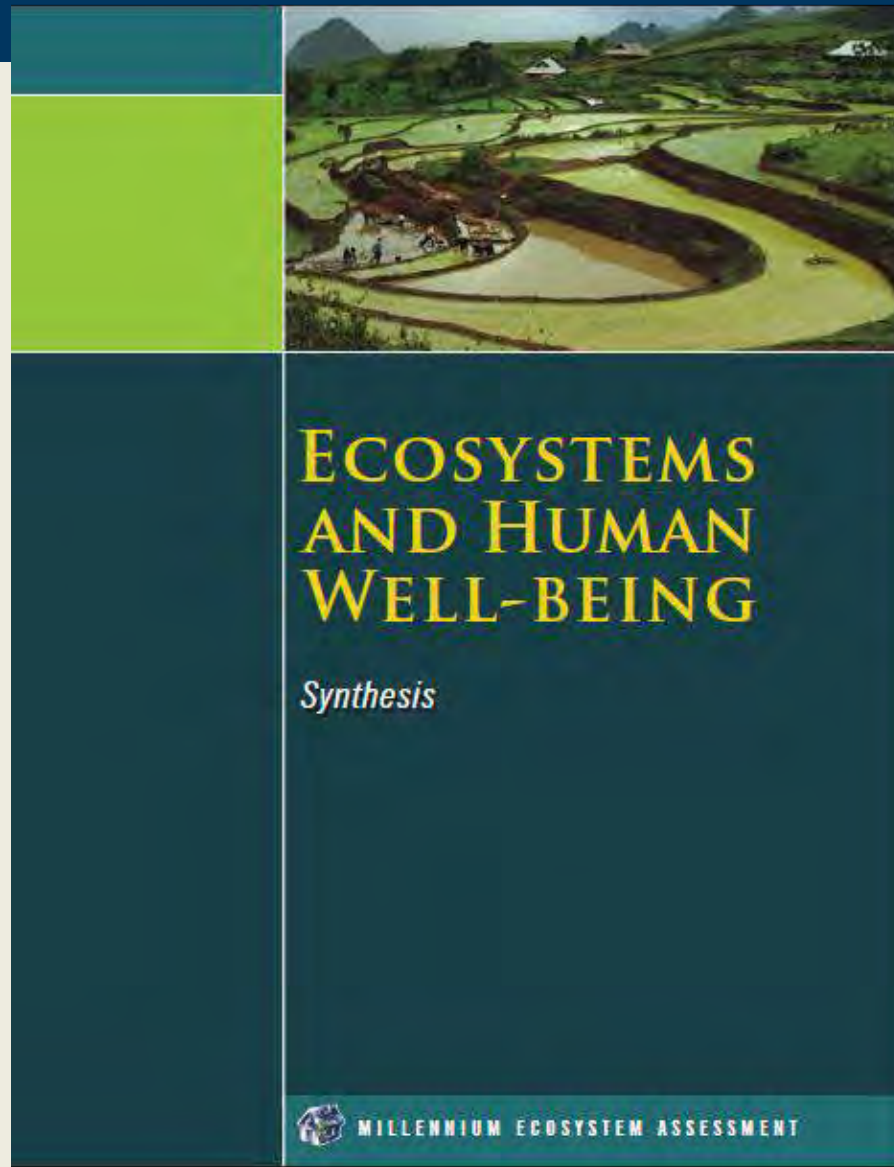


1st law of thermodynamics



2nd law of thermodynamics





Millennium Ecosystem Assessment 2003, 2005

- **Defining frameworks**
- **Classifying ecosystem services**

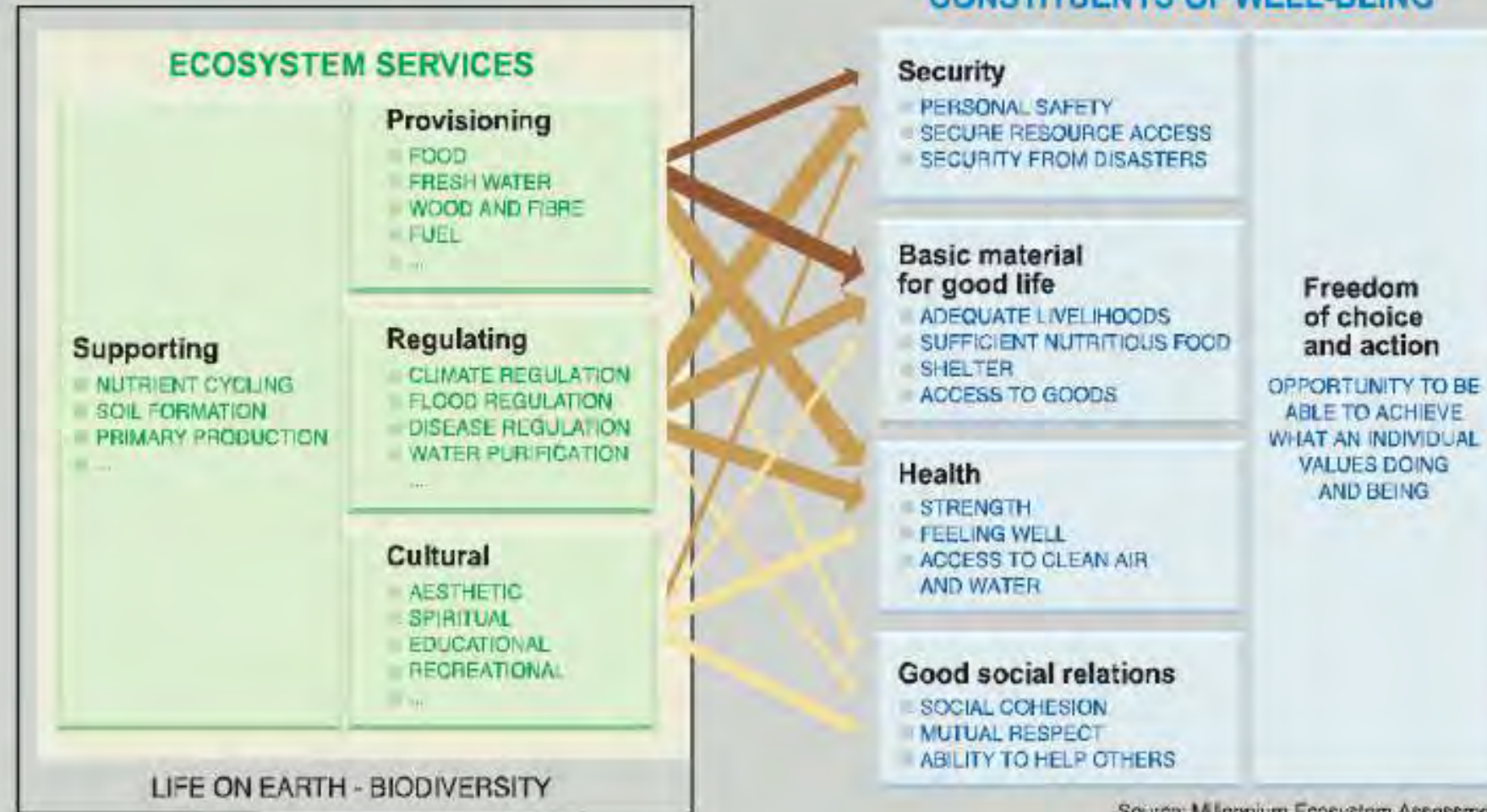
Supporting

Provisioning

Cultural

Regulating





ARROW'S COLOR
Potential for mediation by socioeconomic factors

Low
Medium
High

ARROW'S WIDTH
Intensity of linkages between ecosystem services and human well-being

Weak
Medium
Strong

MA 2005

darker, thicker arrows – greater effects

生態系統穩定提供高經濟價值

For the entire biosphere, the value (**most of which is outside the market**) is estimated to be in the range of **US\$16–54 trillion per year**, with an average of US\$33trillion per year. Because of the nature of the uncertainties, this must be considered a minimum estimate. Global gross national product total is around US\$18 trillion per year.

The services of ecological systems and the natural capital stocks that produce them are critical to the functioning of the Earth life-support system. They contribute to **human welfare**, both directly and indirectly, and therefore represent part of the total economic value of the planet.

The value of the world's ecosystem services and natural capital

Robert Costanza^a, Ralph d'Arge^a, Rudolf de Groot^b, Stephen Farber^c, Monica Grasso^d, Bruce Hannont^e, Karin Limburg^f, Shaihd Naeem^g, Robert V. O'Neill^h, Jose Parueloⁱ, Robert G. Raskin^j, Paul Setbon^k & Marjan van den Belt^l

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

Chen, Y. & J. H. Wu (2005) *Journal of Biomechanics*, **38**, 1355–1361.

^aCases of chikungunya and dengue fever, Nigerian agricultural laboratory, Ibadan.

¹ Graduate School of Public and International Affairs, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania 15260, USA

© Copyright by De Gruyter GmbH and Walter de Gruyter GmbH. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without prior written permission from De Gruyter GmbH, Walter de Gruyter GmbH, or the copyright holder(s).

© 2000 by Cambridge University Press. Printed in the United Kingdom

Department of Ecology, Evolution and Behavior, University of Minnesota, 75 Paul H. Haggard Hall, 191

J. Environmental Science & Technology (UK) (Wiley-Blackwell Publishing, Chichester, UK), 1993.

© 1999 Blackwell Science Ltd, *Journal of Internal Medicine* 245: 399–406

844 Mr Nicholas Collins, Deputy President, Gibraltar Arbitration Centre (DAC)

© 2004 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 255: 103–110

14

© 2004 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 255: 111–114

The services of ecological systems and the natural capital stocks that produce them are critical to the functioning of the Earth's life-support systems. They contribute to human welfare, both directly and indirectly, and therefore represent part of the total economic value of the planet. We have estimated the current economic value of 22 ecosystem services for 50 biomes, based on published studies and a few original calculations. For the entire biosphere, the value (most of which is outside the market) is estimated to be in the range of US\$10–34 trillion (10¹²) per year, with an average of US\$13.1 trillion per year. Because of the nature of the uncertainties, this must be considered a minimum estimate. Global gross national product total is around US\$5.8 trillion per year.

Because commercial services are not fully captured in commercial markets or adequately guaranteed in areas comparable with social services and infrastructure, we argue that the most important role for the state is to provide decision-making support and to facilitate the compromise and sustainability of human and ecological systems. The sustainability of the food model and food web without the services of nature depends on a continuous vision, which would provide targets: (1) for individual states in defining and reducing a broader range of uncertain services; (2) for the incorporation of more scientific information on ecosystem dynamics and interdependencies; and (3) in ecosystem services because these are not and 'cannot' be the future.

Ecosystems Simulators and ecosystems services

Existing research often focuses on the latter. Although it is often recognized that production is a cooperative activity, the nature of inputs and services used in joint production may represent the broader human-population divide, directly or indirectly through competing interests. For example, we will refer to economic goods and services together as *economic activities*. A large number of functions and services can be described as *non-economic* activities. A recent, detailed compilation of describing, measuring, and valuing economic activities for the purpose of this analysis was carried out by the authors in 1997 under the title, *Non-economic Activities in the U.S. and Canada*. These goods are listed in Table 1. For included, only non-market economic activities, including such non-market goods and services, and the assumption that non-economic activities and functions are not necessarily shared with the rest of the population. It turns out that a single activity is shared in the presence of two or more non-market functions whereas in other cases it might consist of functions contained in two or more non-market activities. It is also important to emphasize that the production of non-economic functions. For example, even if the primary production of an economy is only, at best, the manufacturing sector, services comprise a substantial percentage of primary production. In addition, the activities in a country are interdependent in some cases that can be added across. They involve time, products of the economy, which support human



濕地Wetlands

- Ramsar Convention, 1991
 - ✓ 草澤、汾澤、泥礫地或水域這些地方，無論是自然或是人造的、永久或暫時性的，其中的水是靜態或流動的、淡水、泥濘或是鹹性的海水地區，在低潮時的水深均不超過6公尺。



- 溼地滿足以下三個條件之一：
 - ✓ 長期或週期性的淹水，以水生植物為優勢。
 - ✓ 主要是無法排水的還原性土壤。
 - ✓ 在每年生長季節的某些期間內，含有飽和的水分，或者積有淺水的土地。



濕地提供多重生態系功能及服務

- i. 氣候功能：碳固定、水文循環、微氣候改善等
- ii. 生物多樣性功能：營造生態系統多樣性、水陸域的連結等
- iii. 棲地功能：作為野生動植物的棲地等
- iv. 水文功能：洪泛與沖蝕保護，地下水補注等
- v. 水質功能：植物吸附、微生物分解等



人工濕地Constructed Wetlands

模仿自然溼地的自淨功能

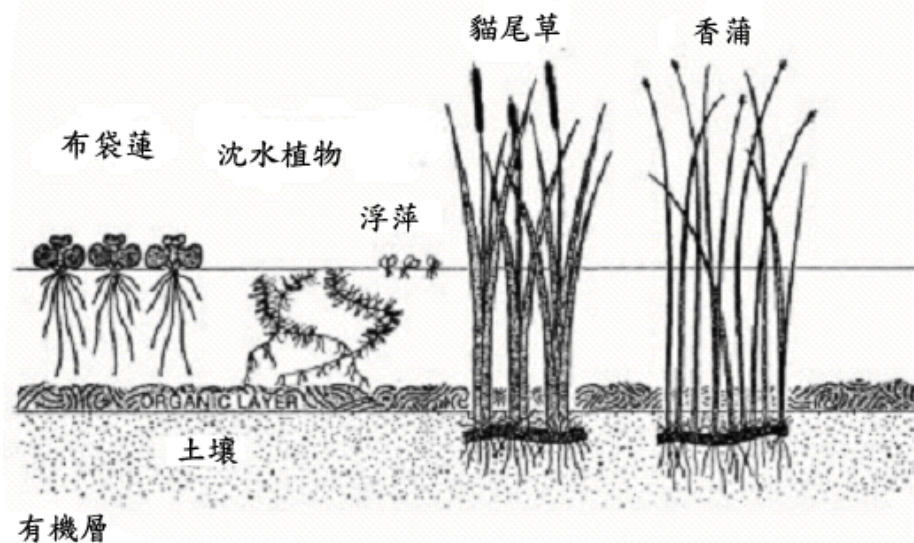
➤水質淨化生態工程原理

- 1.動植物吸收利用
- 2.土壤介質之過濾、沉澱、吸附
- 3.微生物之消化分解

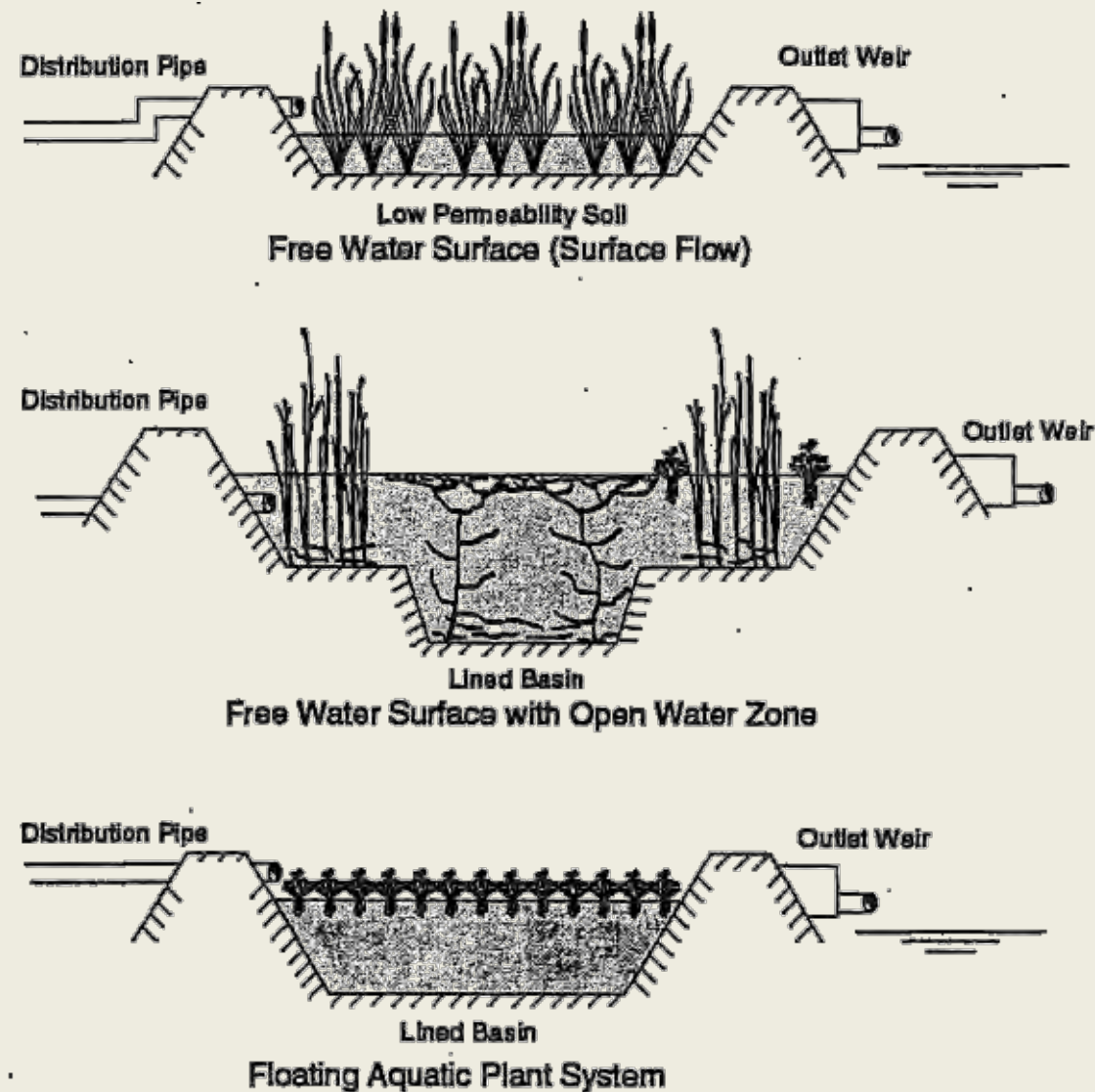


➤常見水質淨化生態工程特性

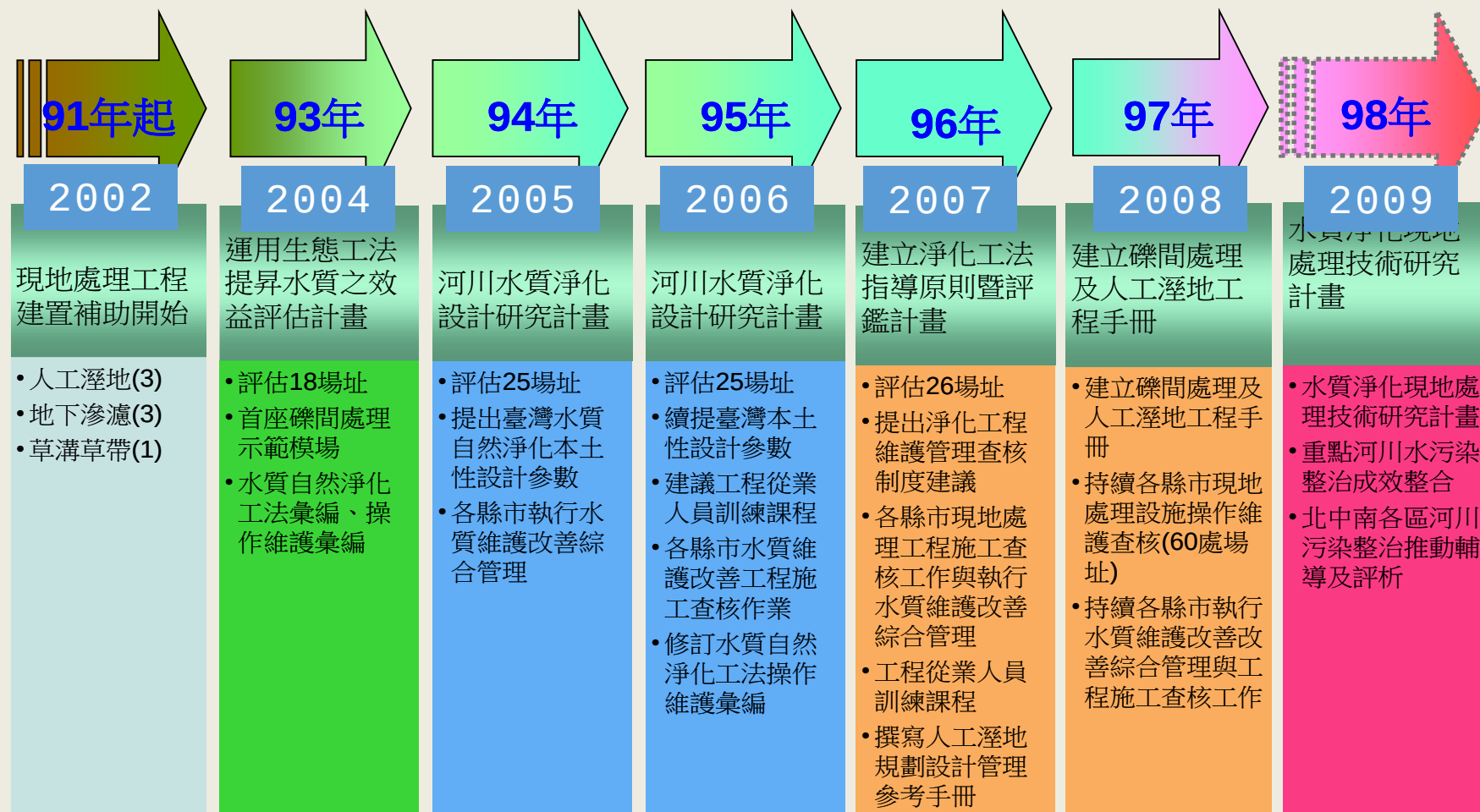
- 1.水生植物系統
- 2.表面流人工濕地 (Free-water surface CWs ; FWS)
- 3.地下流人工溼地 (Subsurface Flow CWs ; SF)
- 4.礫間接觸



- » 表面流人工濕地通常具有大面積的水域，及浮游性、挺水性、沉水性植物，一般水深淺且流速緩慢。
- » 透過物理作用（沉澱、過濾、吸附）、化學作用（降解、吸收、揮發）與生物作用（生物分解、營養鹽利用）來淨化水質(Merz, 2000)
- » 水中的溶氧(DO)增加，生物需氧量(BOD)、總氮(TN)、總磷(TP)減少→達到較佳的水質



人工溼地在臺灣的歷史與發展





水槽實驗的啟發

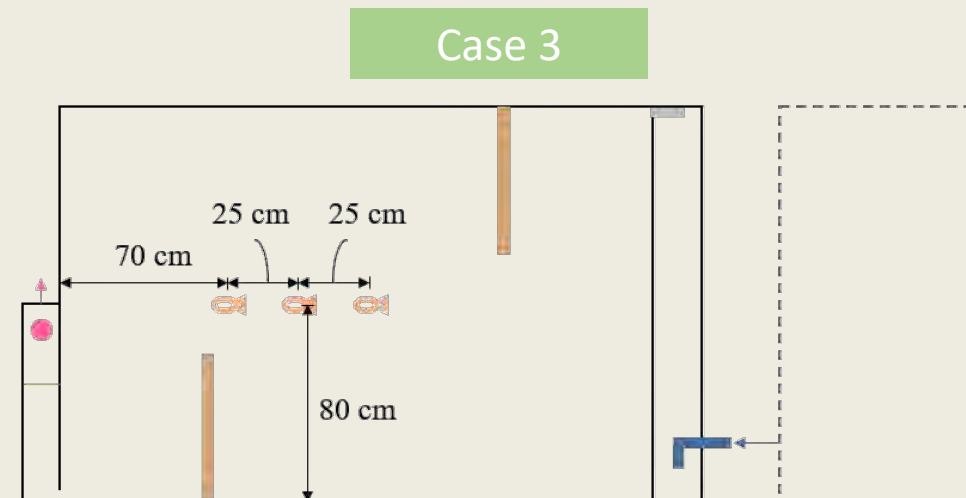
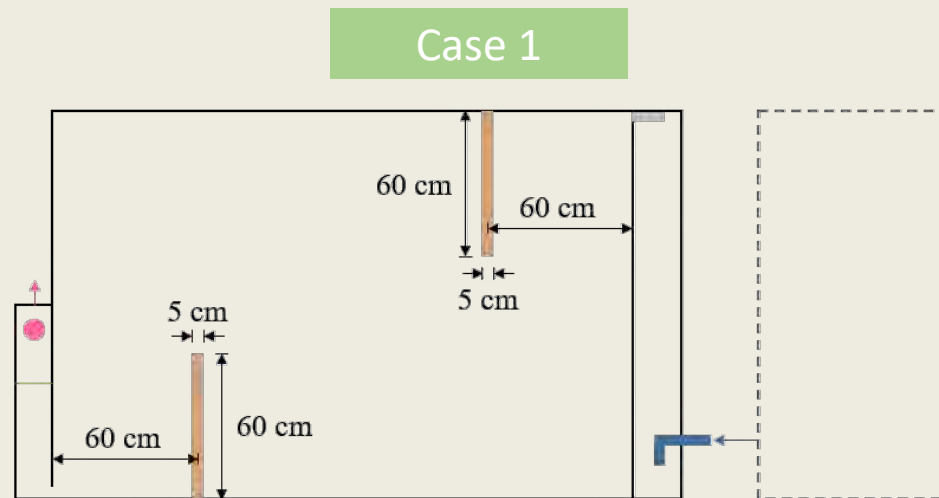
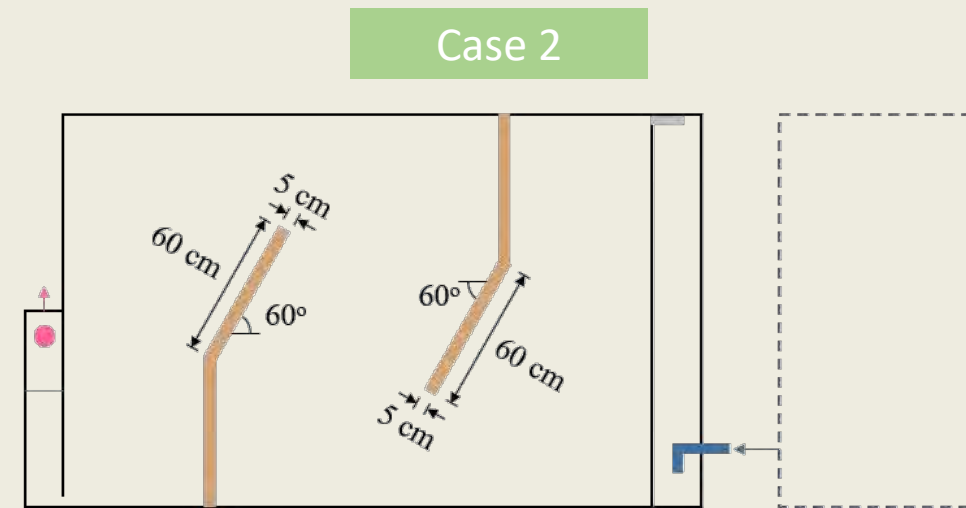
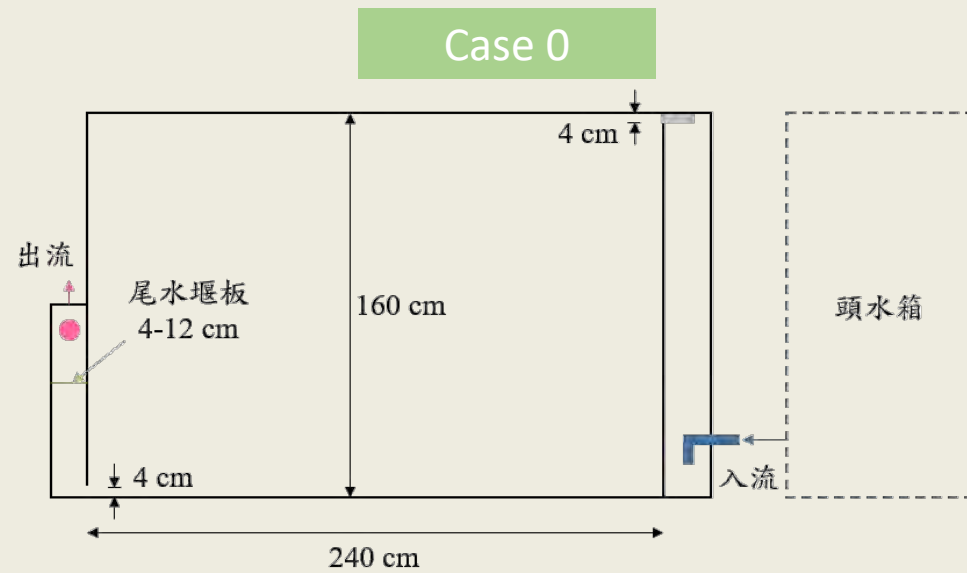
💧 模型率

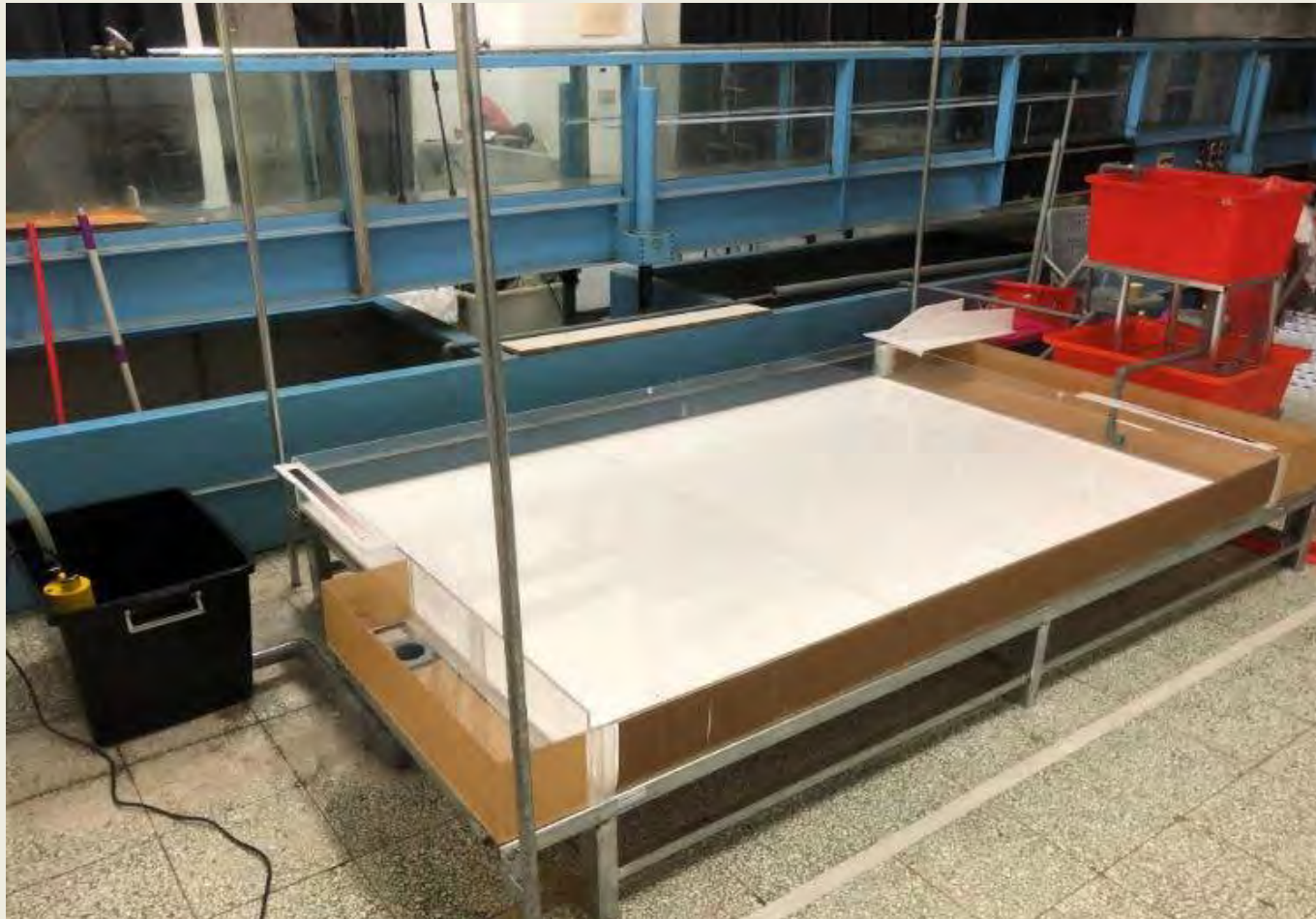
💧 水槽配置與實驗

💧 影像分析

💧 流場及濃度場變化







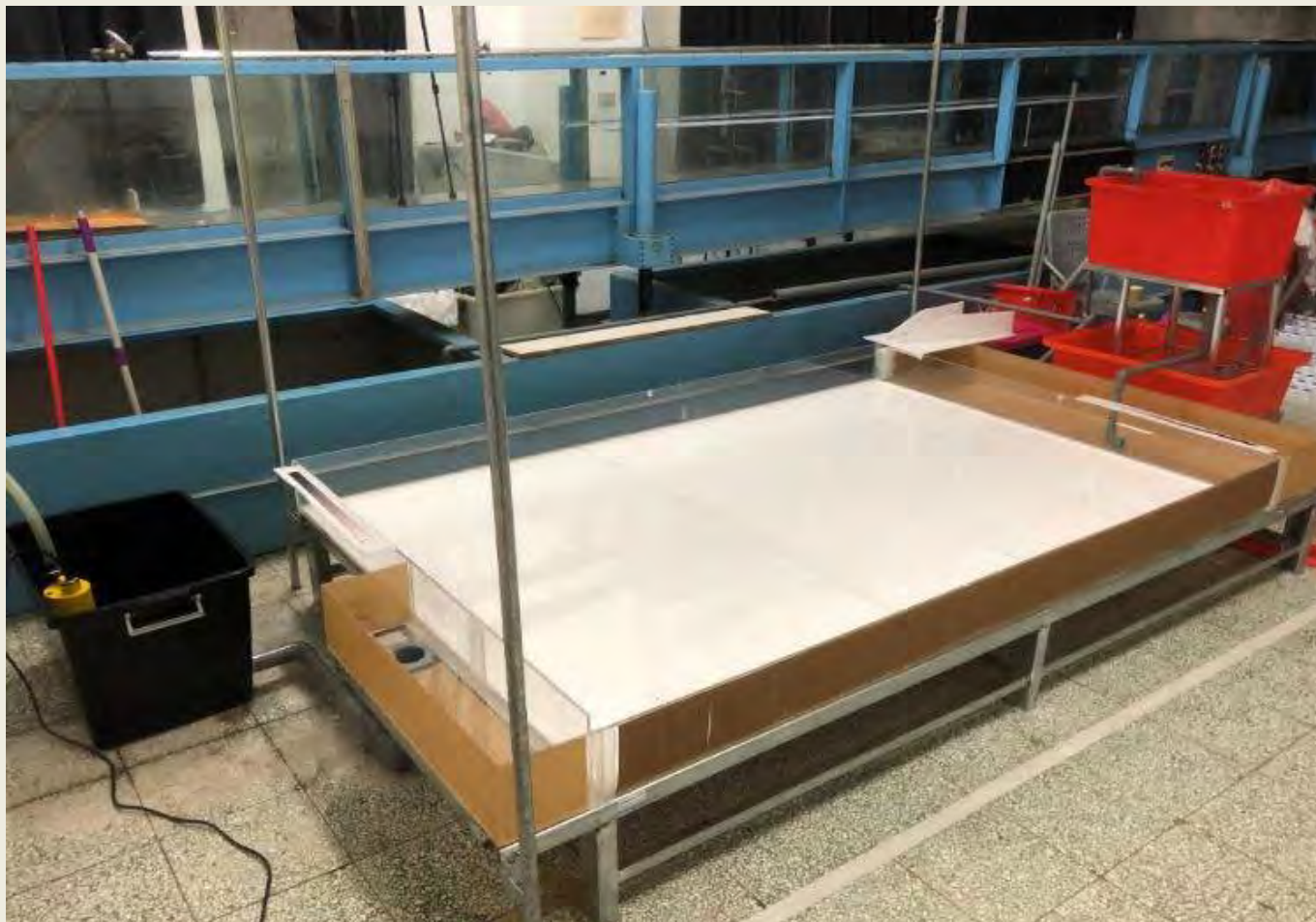
實驗水槽



頭水箱固定流量



尾水堰板控制水深



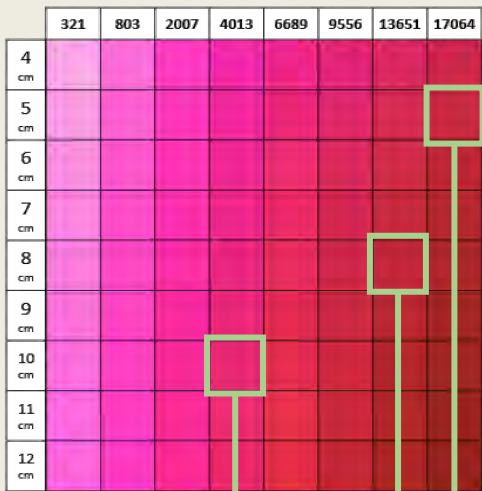
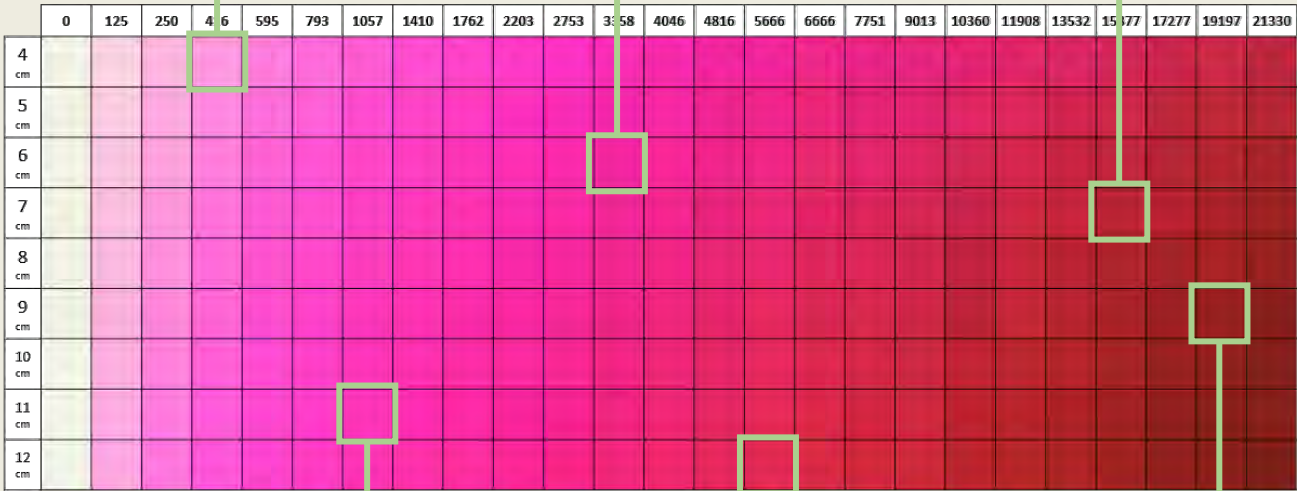
實驗水槽



動態擾動



玩具魚照片



針對不同水深分別配置24種不同濃度的羅丹明標準液，並擷取其中100*100 pixel進行平均。





使用碎紙片作為粒子：約 $4\text{ mm} * 2\text{ mm}$

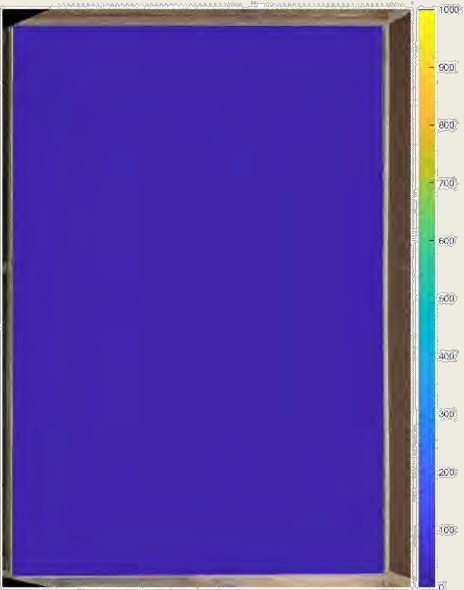
具有質地輕、易於跟隨水流、容易回收、不具靜電、烘乾後可再度使用等優點



- 在每種配置下皆發現大小不等的環流
- 環流使得示蹤劑停留時間增加、不易消散
- 增加停留時間、提升水力效率 v.s. 累積污染物、優養化

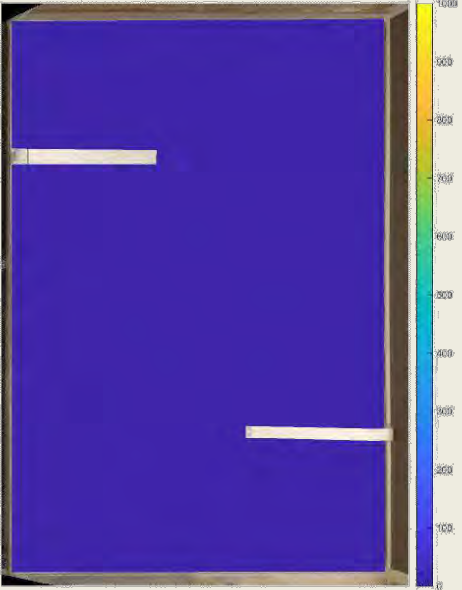
Case 0

Concentration (ppb)



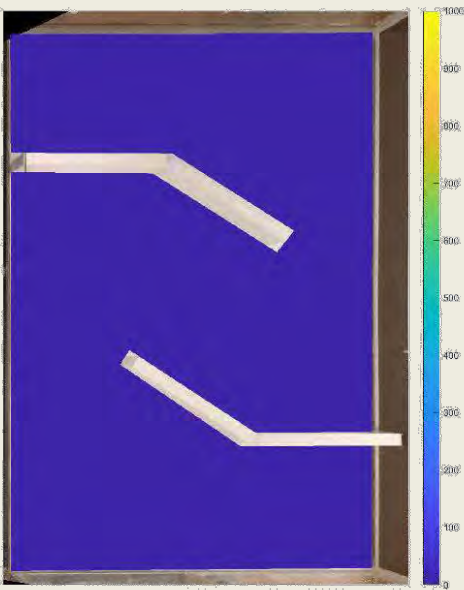
Case 1

Concentration (ppb)



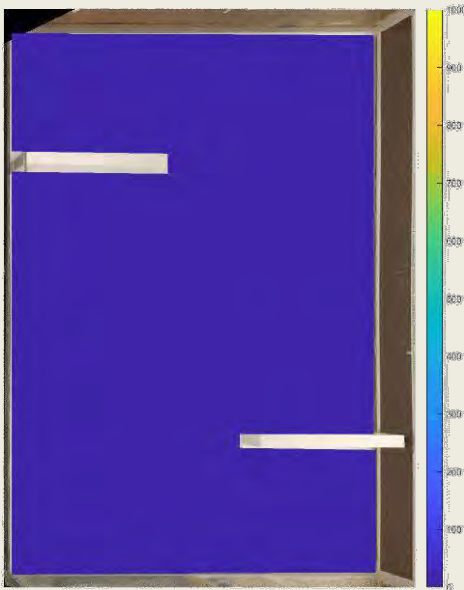
Case 2

Concentration (ppb)

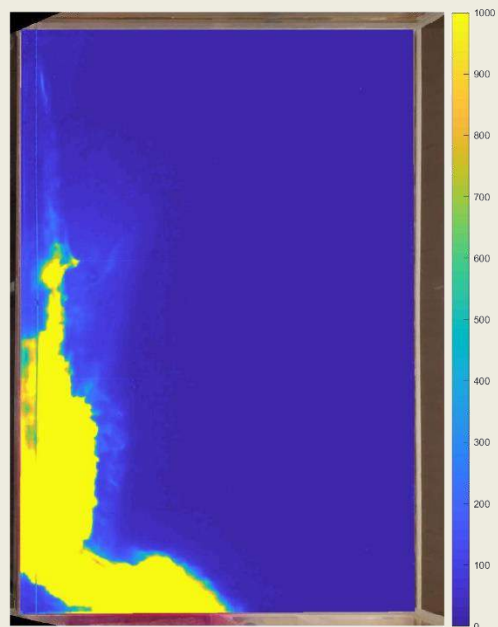


Case 3

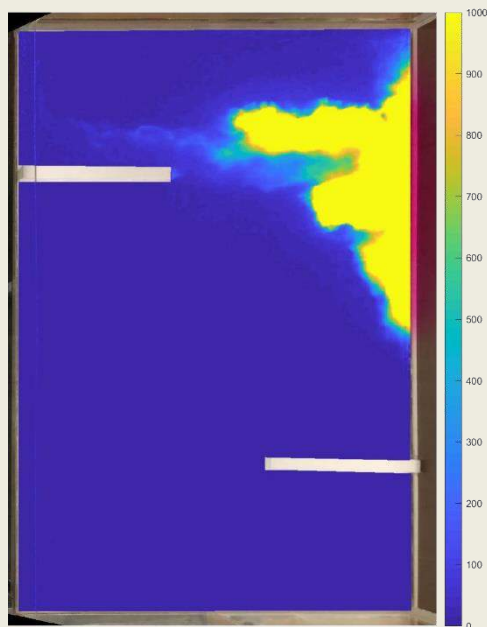
Concentration (ppb)



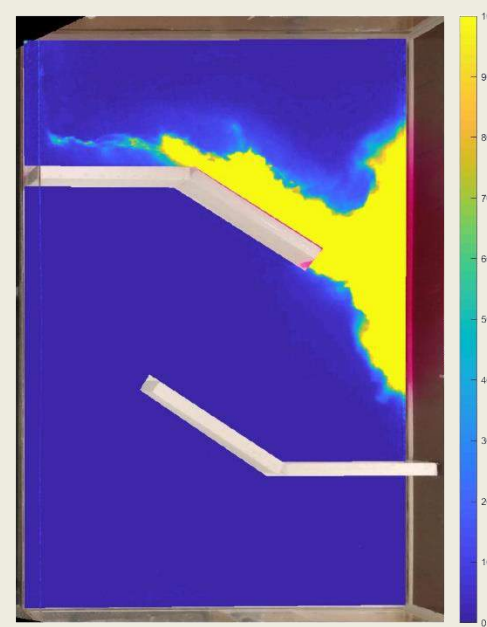
Case 0



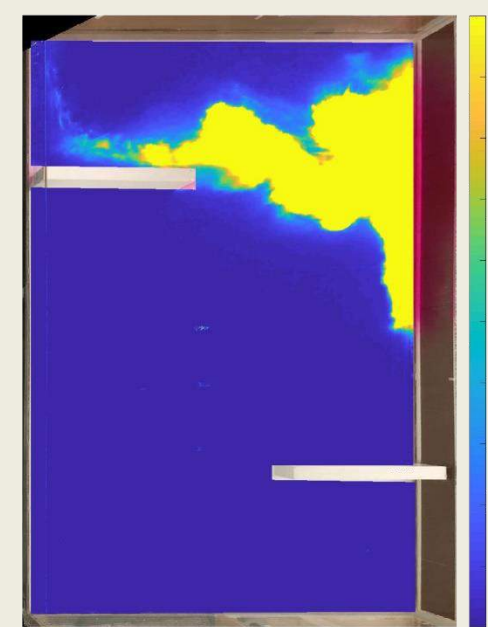
Case 1



Case 2

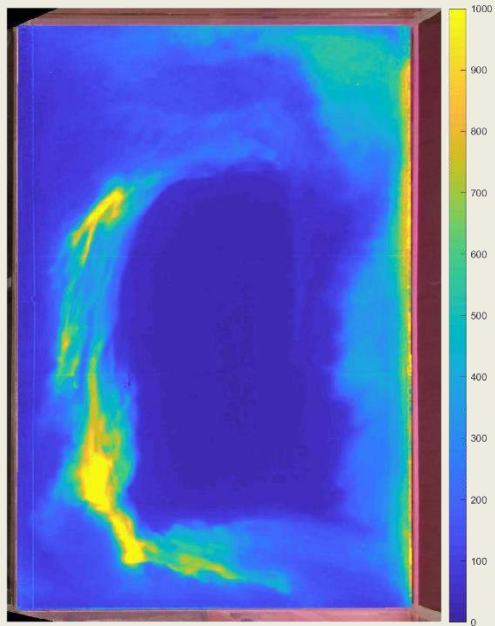


Case 3

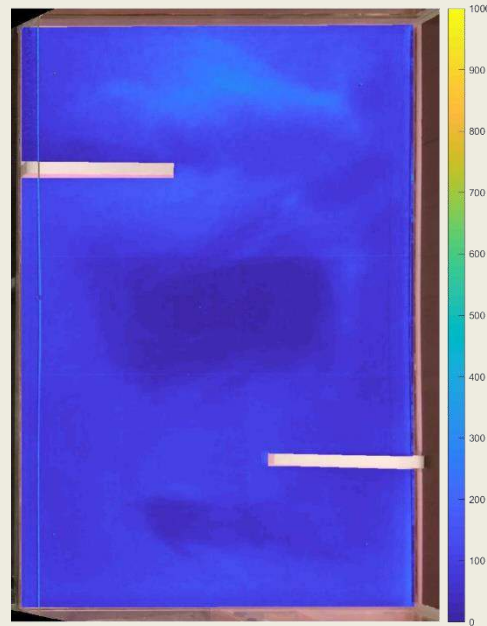


$t = 20s$

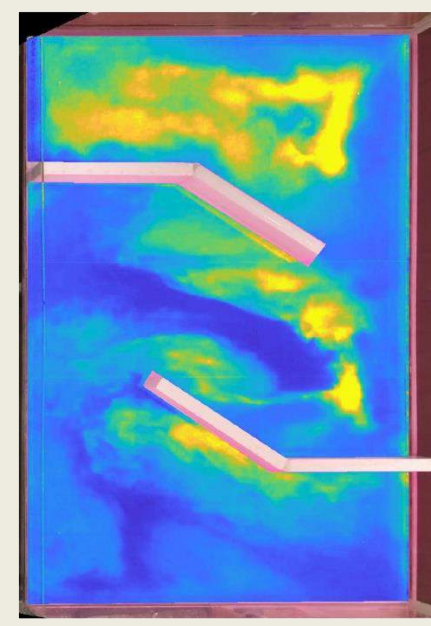
Case 0



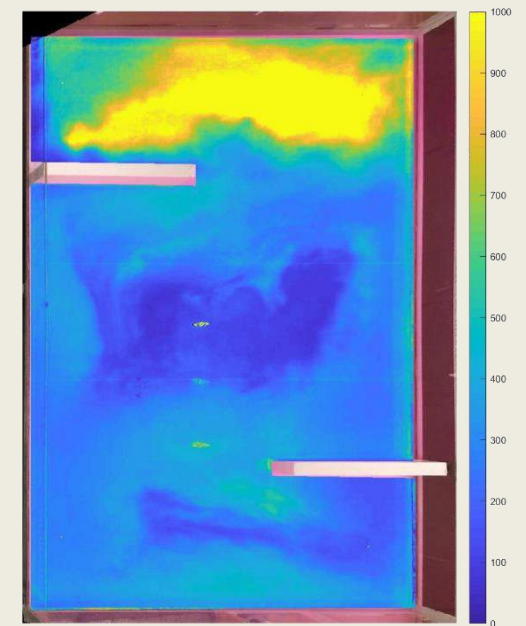
Case 1



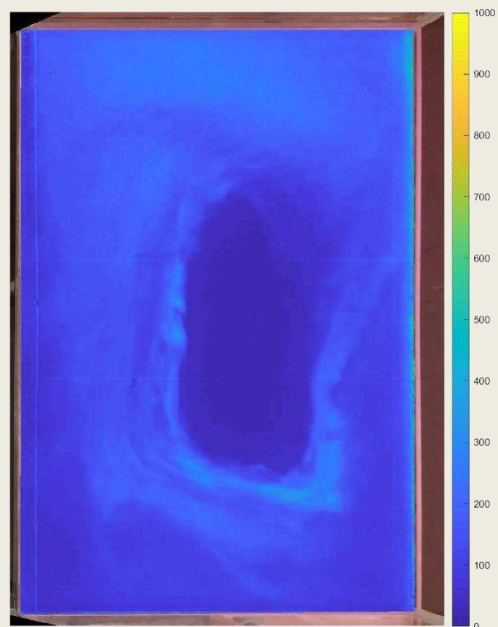
Case 2



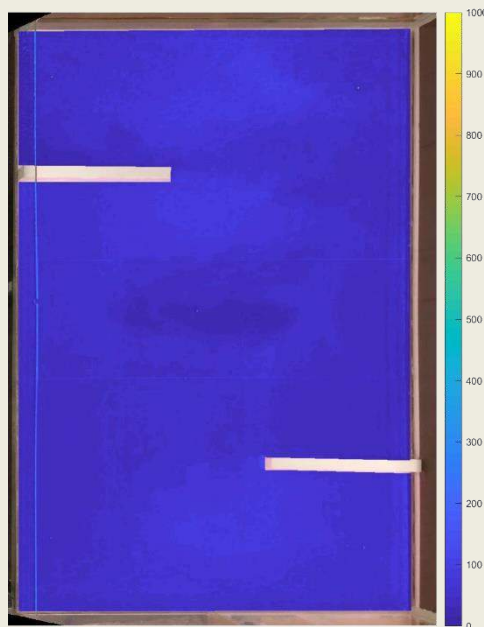
Case 3

 $t = 220s$

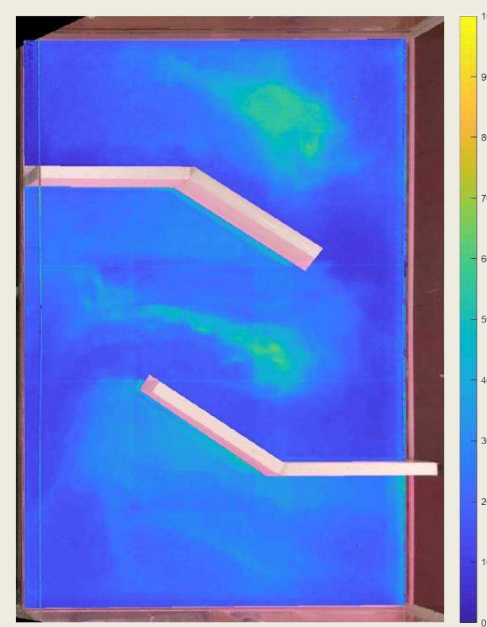
Case 0



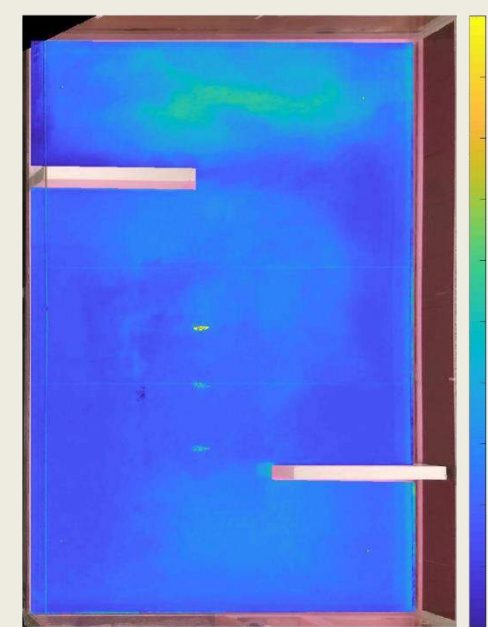
Case 1



Case 2

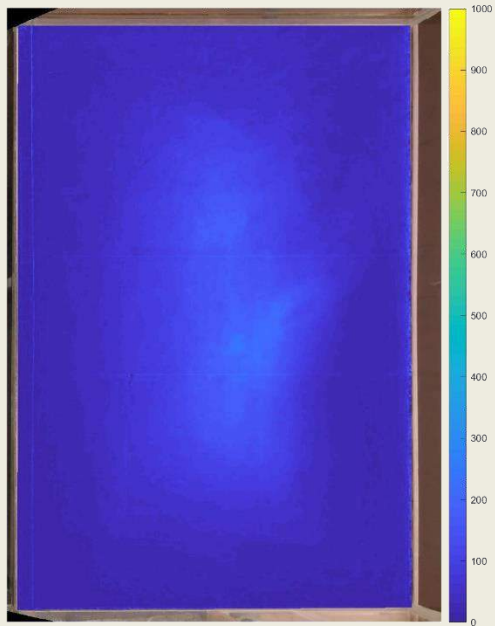


Case 3

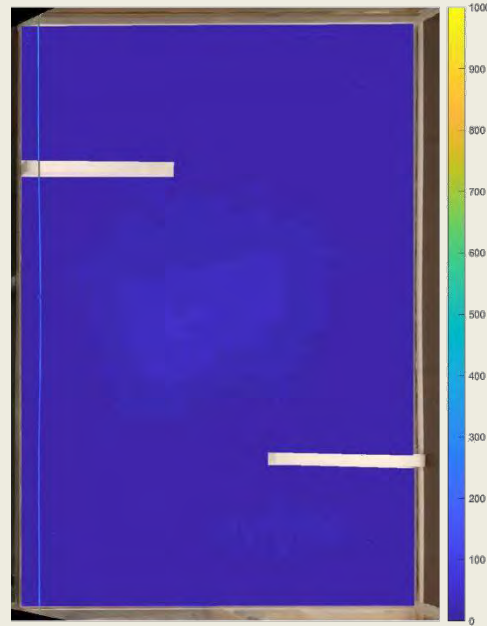


$t = 420s$

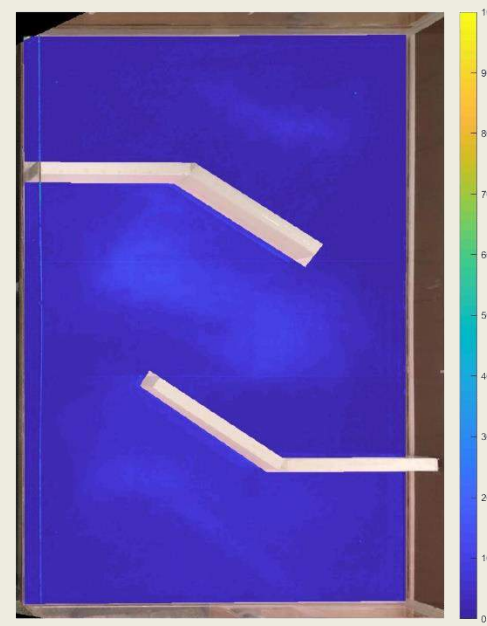
Case 0



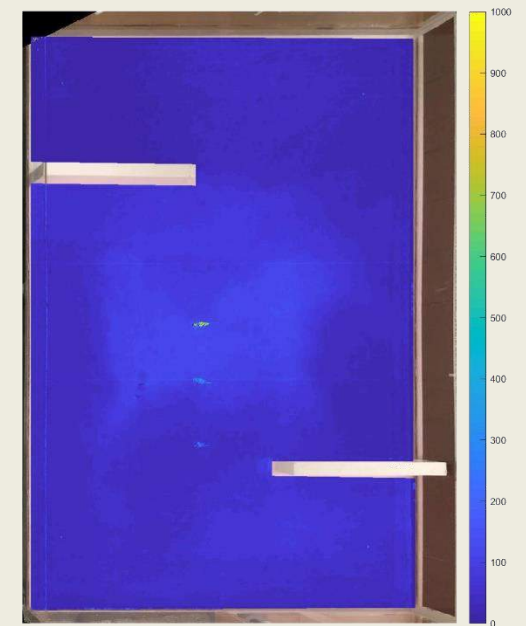
Case 1



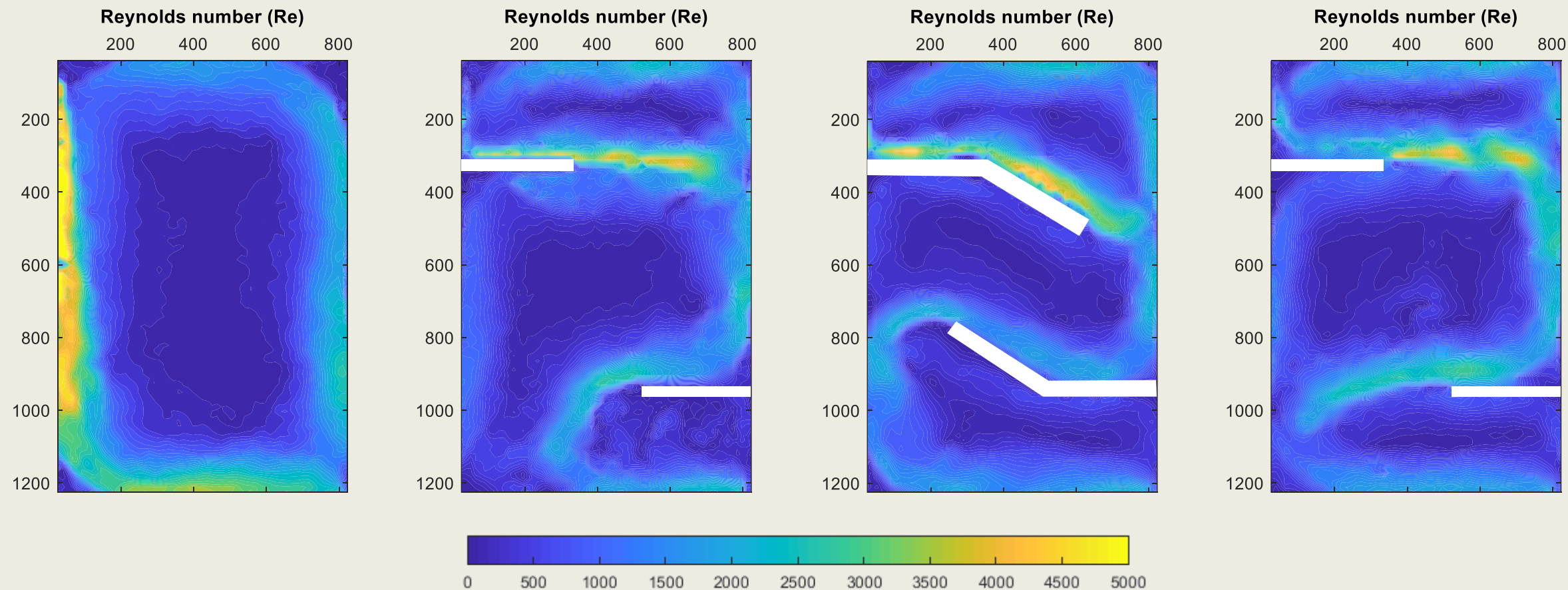
Case 2



Case 3



$t = \text{end}$







- 流場可分為「優勢流區」、「環流區」、與「兩者之間邊界」。
- 環流越大消散時間越慢。
- 水深越深消散速率越快。
- 環流與優勢流的速度梯度越大消散時間越快。
- 若有持續擾動可有效提高污染及物質交換速率。



水理特性	主要物質傳輸特性	說明
優勢流	平流效應	優勢流連結入口與出口，屬於流速較其他區域快的部分，因此區域水流快，平流效應影響較其它大。
介於兩者之間	渦流擴散、延散效應	介於優勢流與環流區中間，流速小於優勢流，且因為優勢流與環流區的速度梯度，有部分水流形成渦流，因此主要物質傳輸現象為渦流擴散與速度梯度影響的延散效應。
環流區	分子擴散、平流效應	環流區流速緩慢，速度梯度也小，因此分子擴散的影響程度相對提升。





水力效率與水質處理能力

💧 水力效率

💧 水質處理

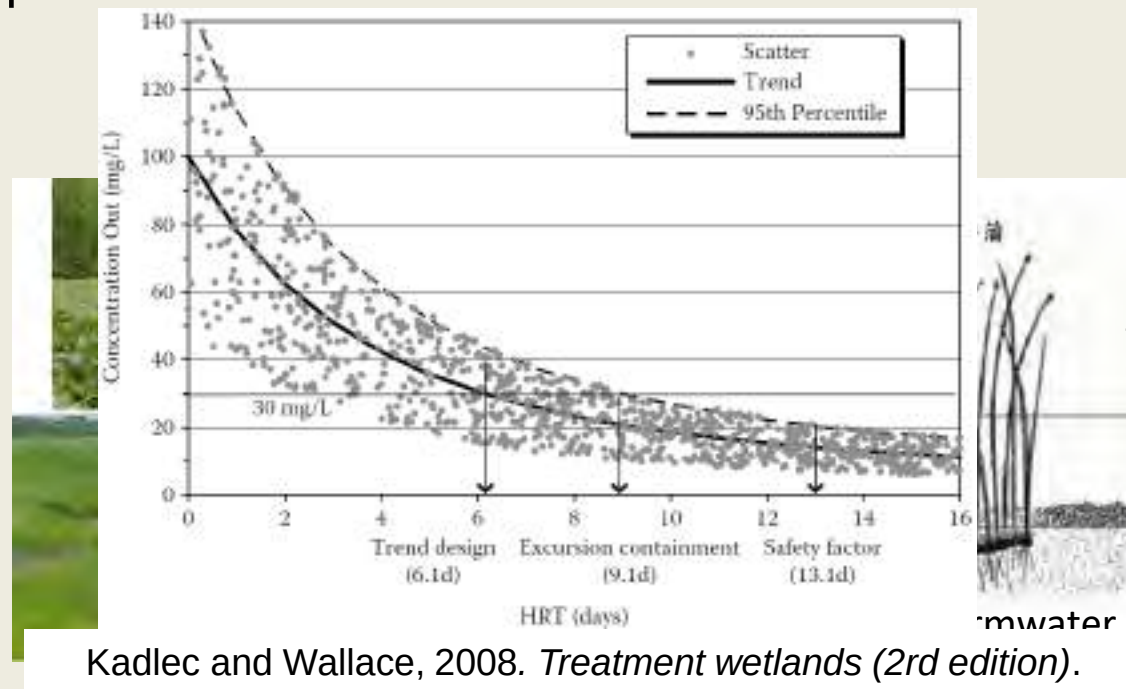
💧 Case study: 台北關渡、桃園大溪



水力設計-水力效率

HRT ↑

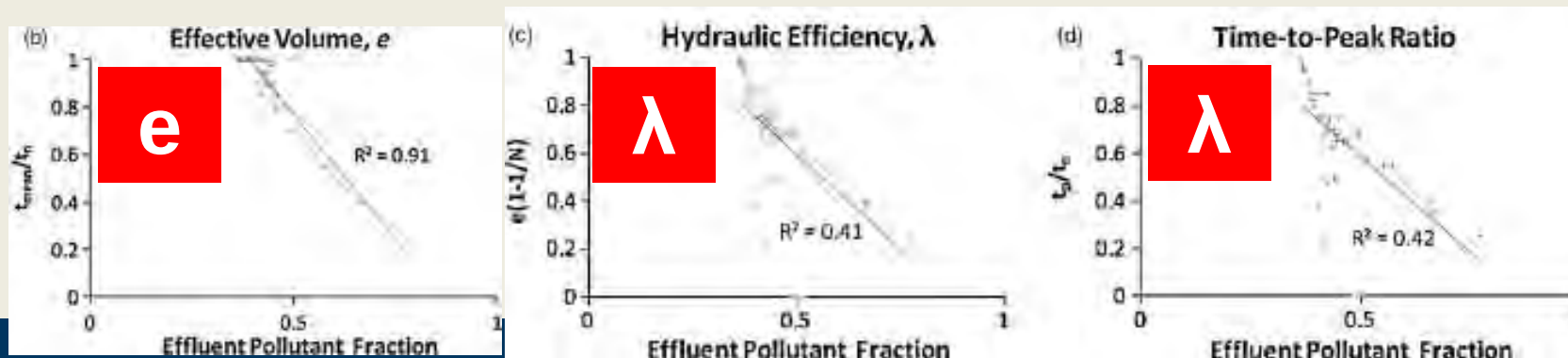
Treatment
efficiency ↑



e, λ ↑

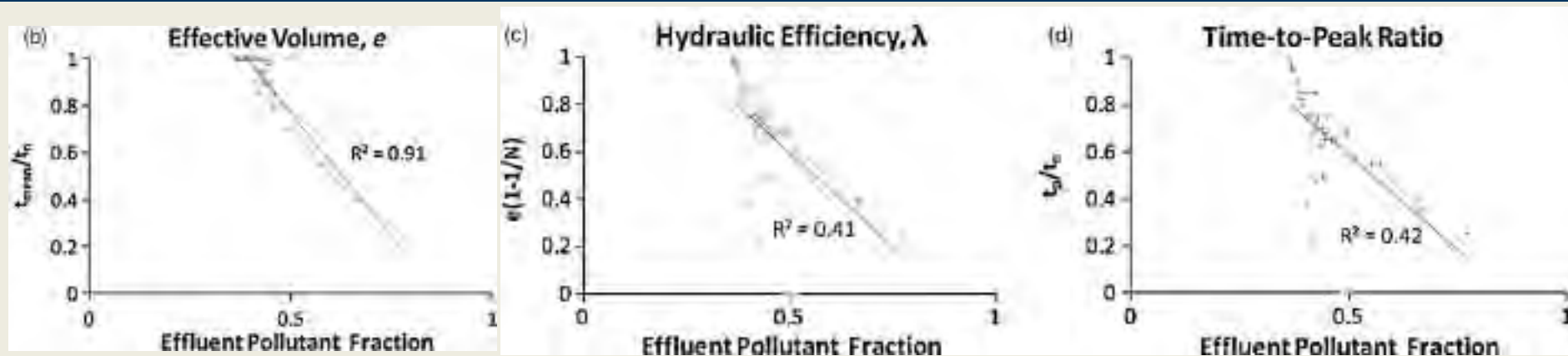
Treatment
efficiency ↑

Kadlec and Wallace, 2008. *Treatment wetlands* (2nd edition).

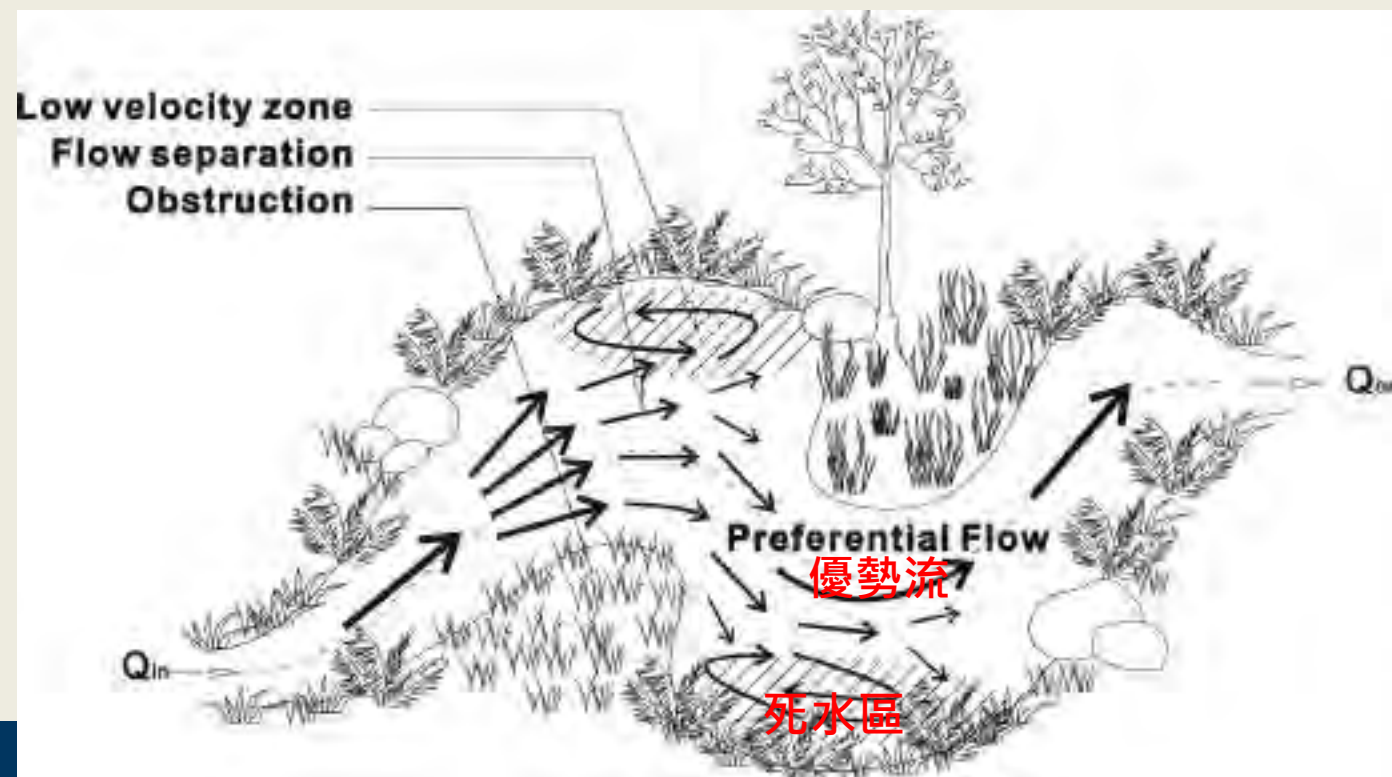


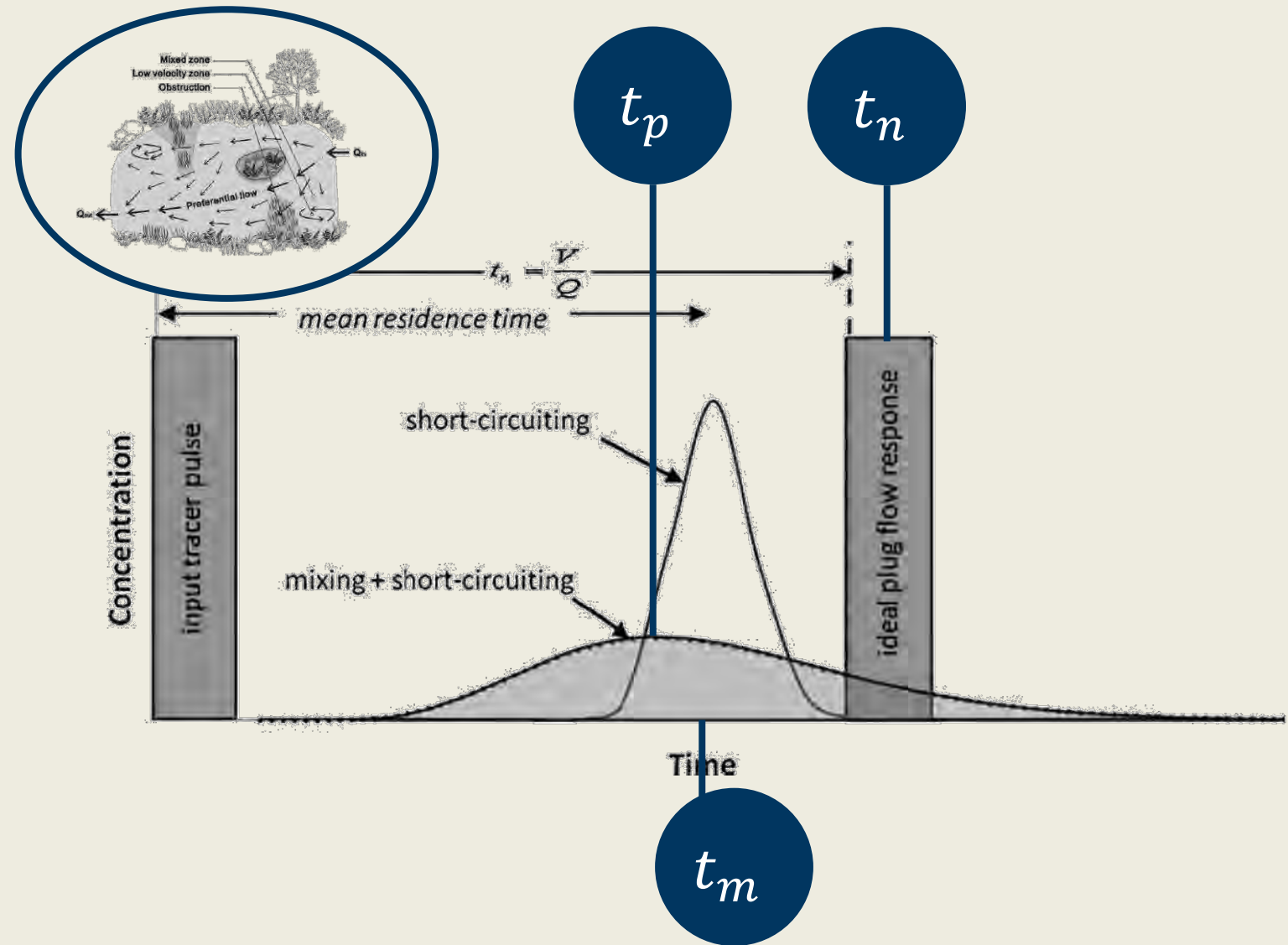
Wahl et al., 2010. *Ecological Engineering* 36:1691-1699.





Wahl et al 2010. *Ecological Engineering* 36:1691-1699.

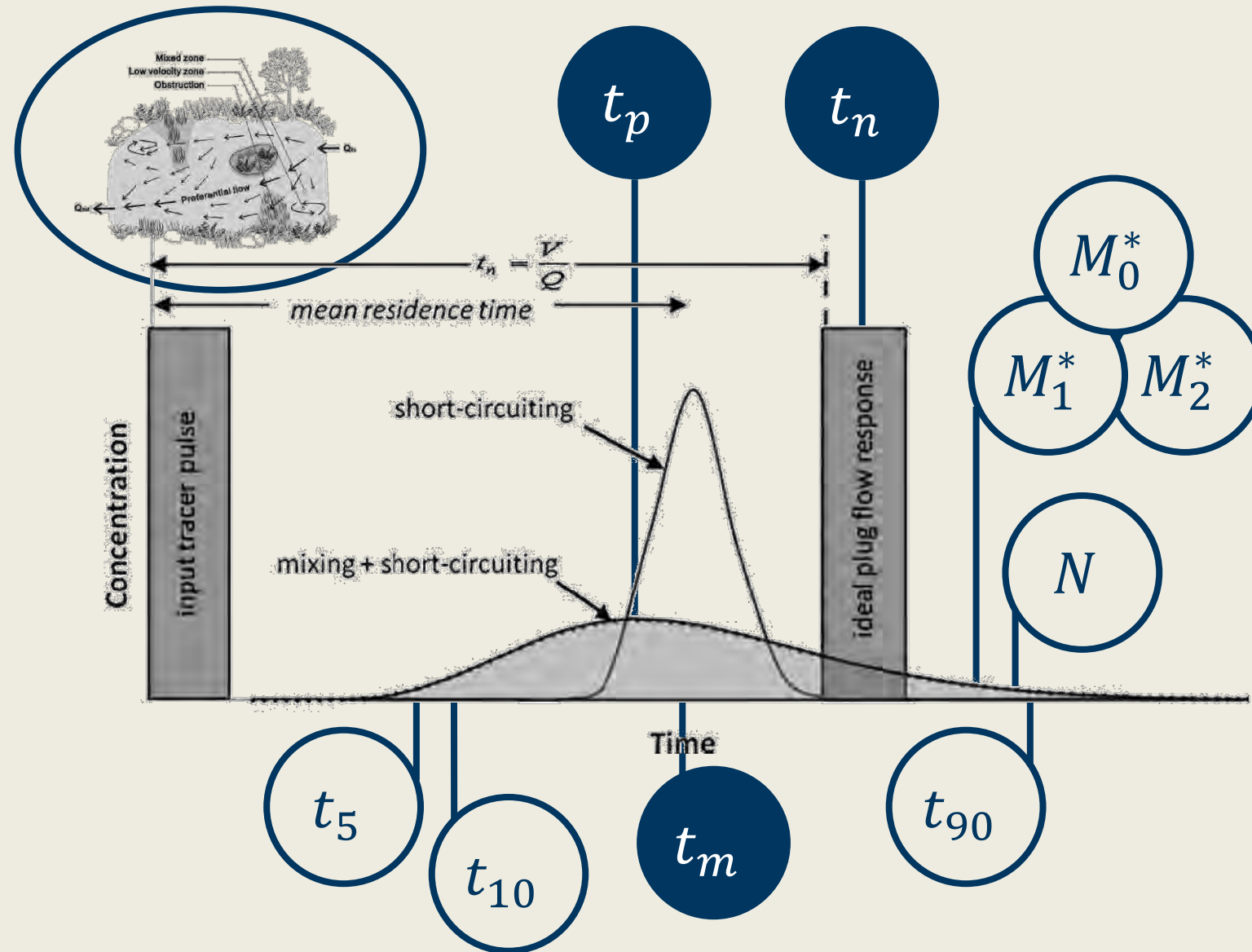




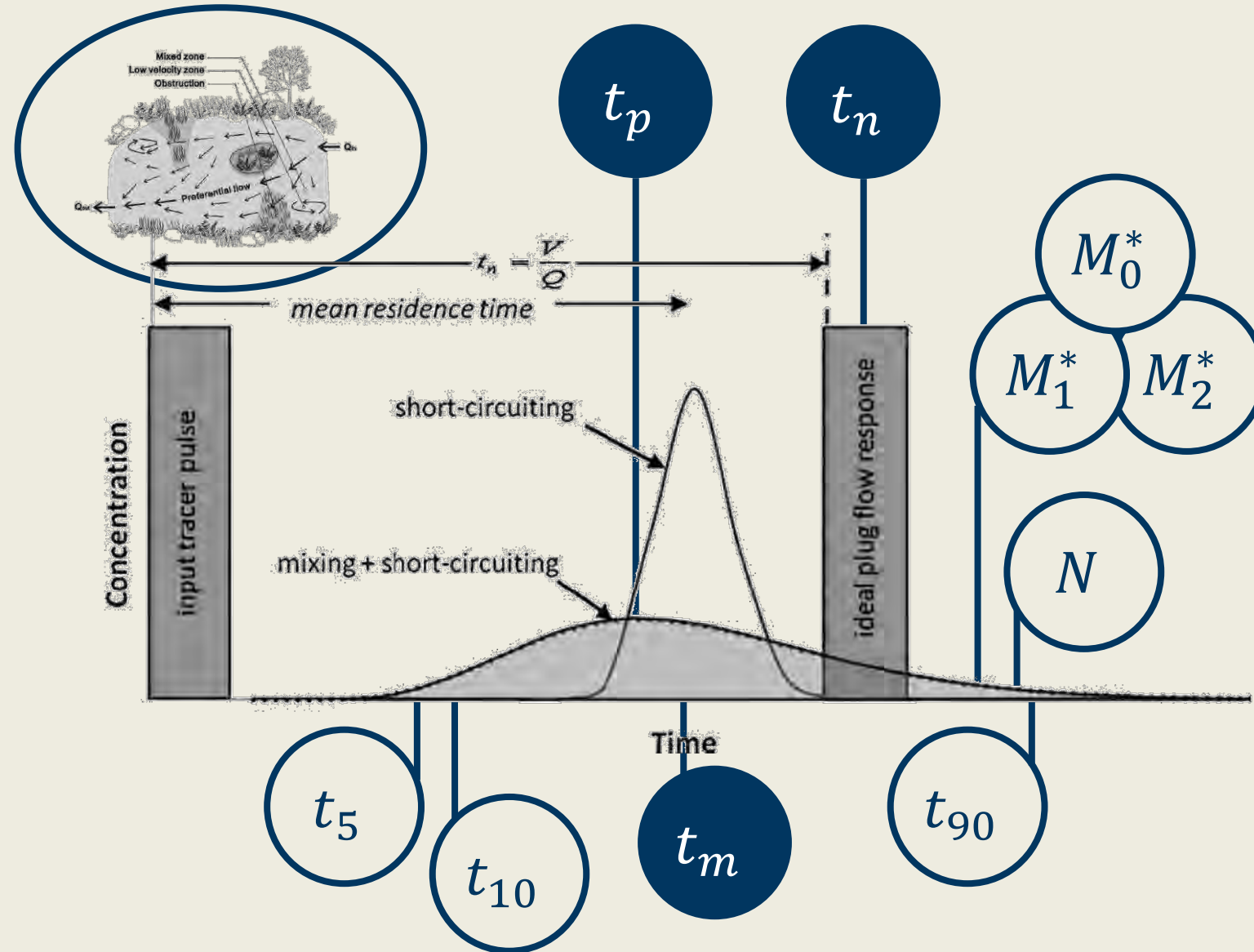
t_n 理論停流時間(V/Q)

t_m 平均停留時間

t_p 峰值濃度時間



t_n	理論停流時間(V/Q)
t_m	平均停留時間
t_p	峰值濃度時間
N	串聯桶槽個數
t_5	累積溶質時間(5%)
t_{10}	累積溶質時間(10%)
t_{90}	累積溶質時間(90%)
M_0^*	零次矩($\int_0^\infty C'(\phi)d\phi$)
M_1^*	一次矩($\int_0^\infty \phi C'(\phi)d\phi$)
M_2^*	二次矩($\int_0^\infty \phi^2 C'(\phi)d\phi$)



HEI :

$$e_v = \frac{t_m}{t_n} \quad (\text{Thackston et al., 1987})$$

$$\lambda = \frac{t_m \times t_p}{t_n^2} \quad (\text{Persson et al., 1999})$$

SC :

$$t_5, t_{10}$$

MI :

$$\sigma^2 = \frac{M_2^*}{M_1^{*2}}$$

$$M_0 = \frac{t_{90}}{t_{10}}$$

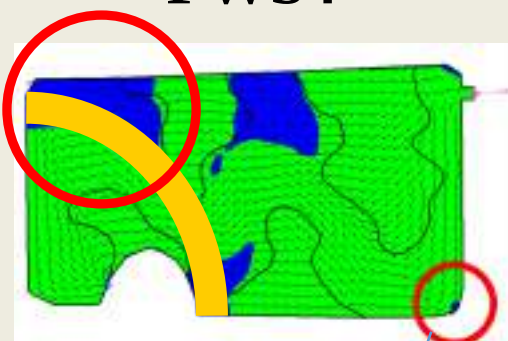


台北關渡自然公園

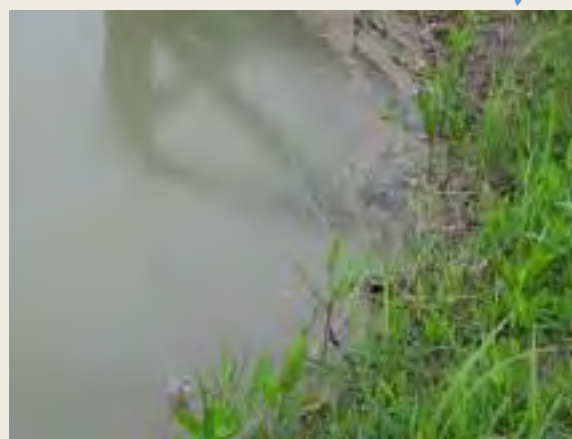
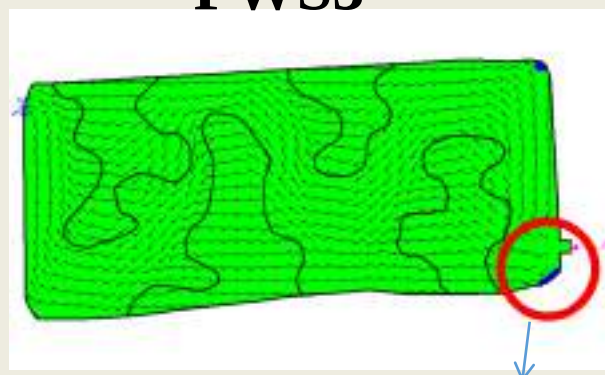


死水區臨界流速

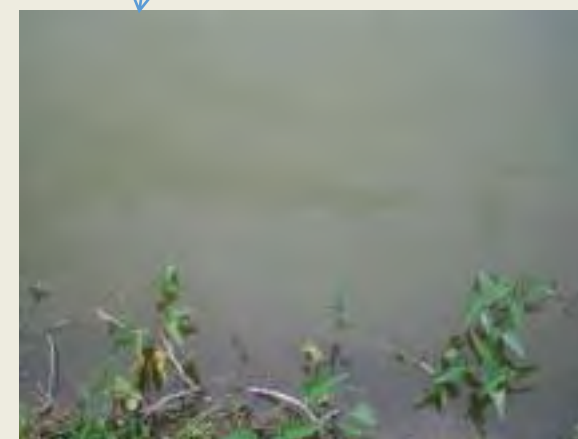
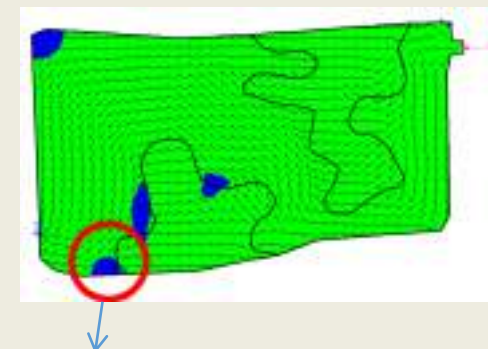
FWS4



FWS3

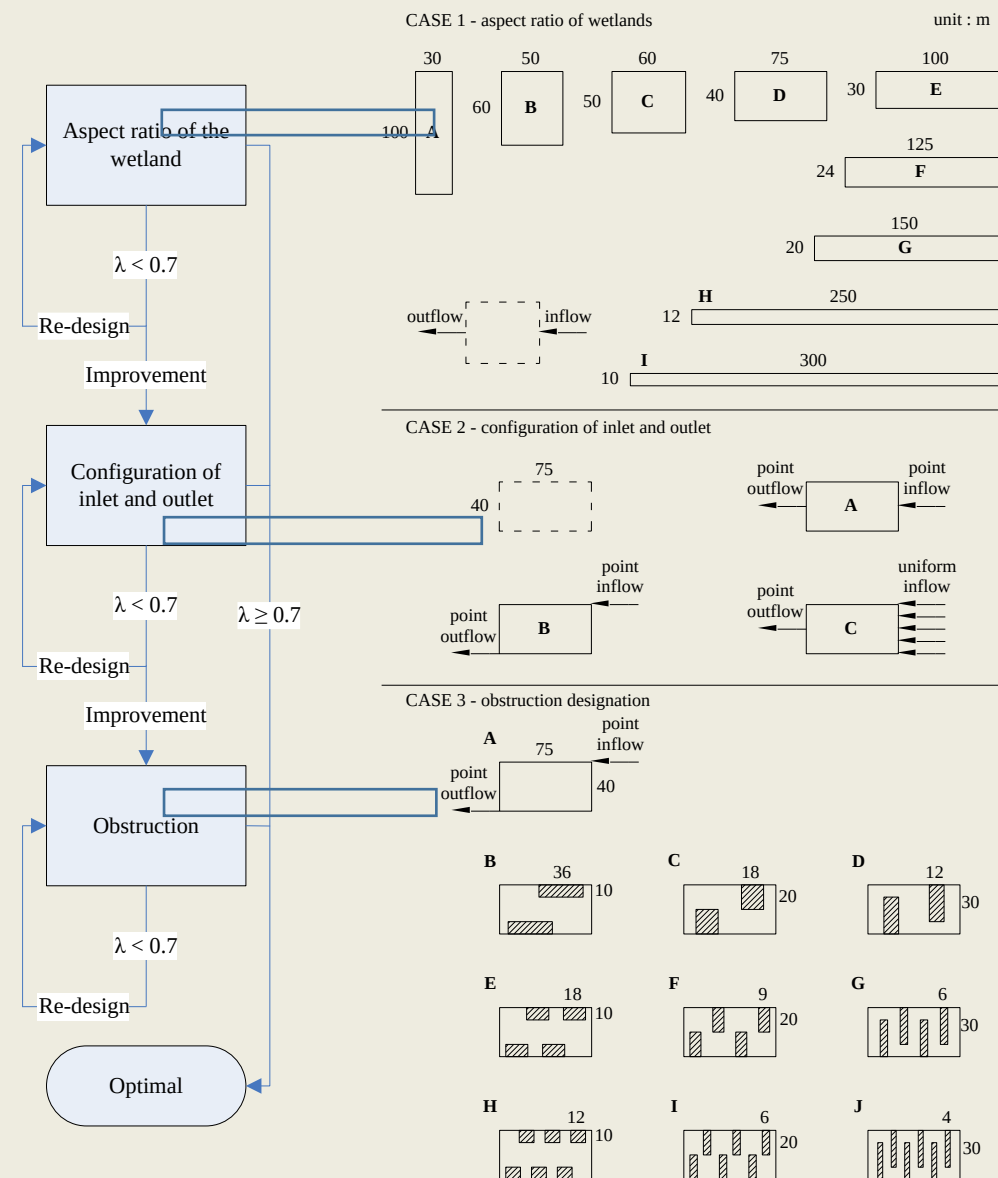


FWS2



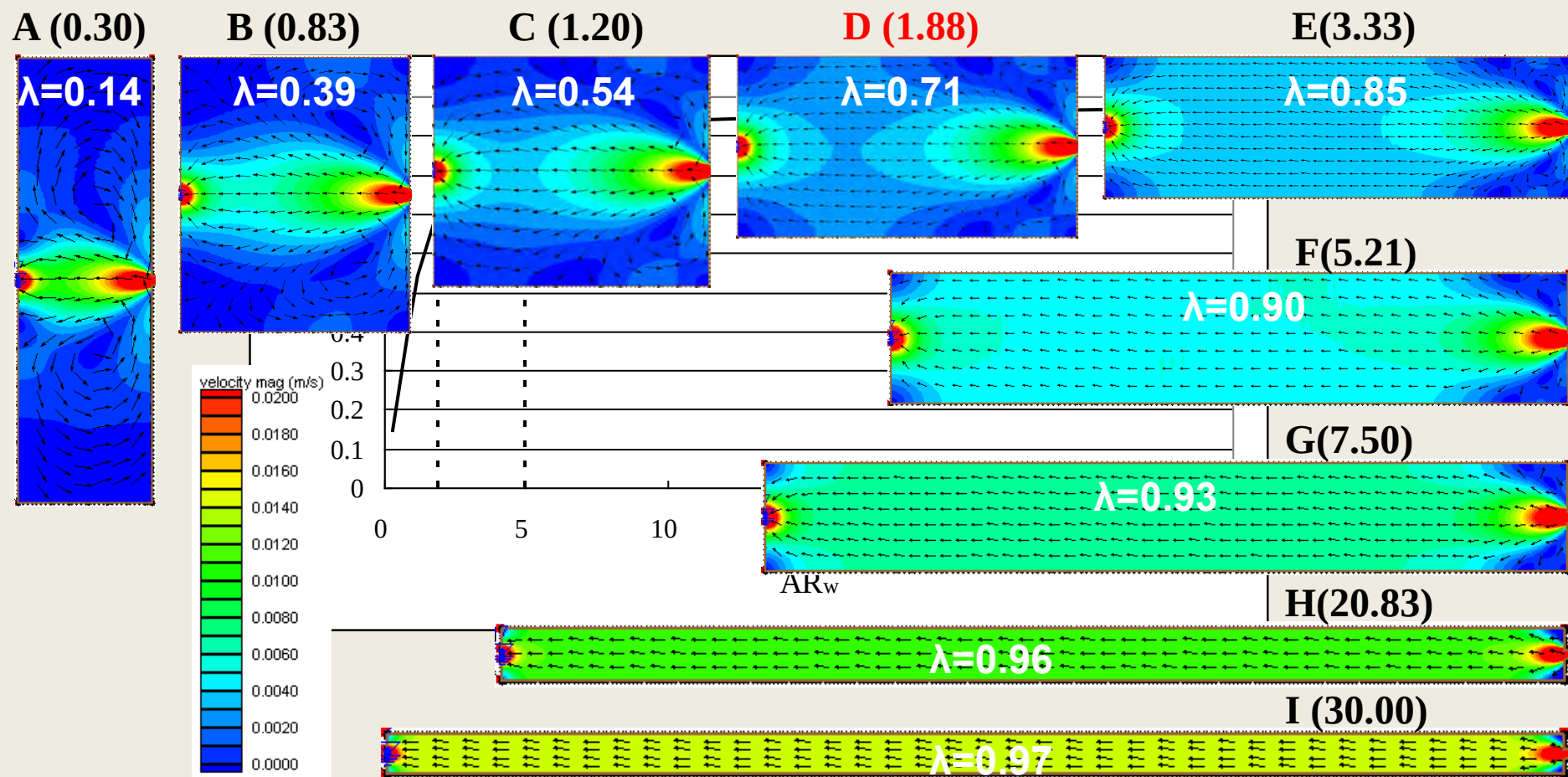
水力設計參數

- 長寬比Aspect ratio
- 入出流位置Inlet-outlet
- 阻礙物Submerged obstructions



Aspect ratio

流量=0.04CMS (3456CMD)



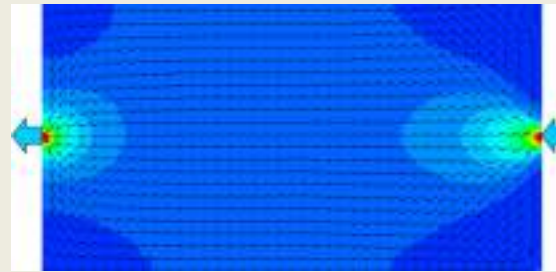
Inlet-outlet configuration

Uniform-Point > Point-Point > Corner-Corner



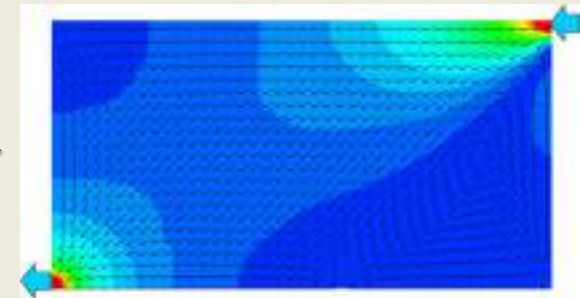
$$\lambda = 0.89$$

>



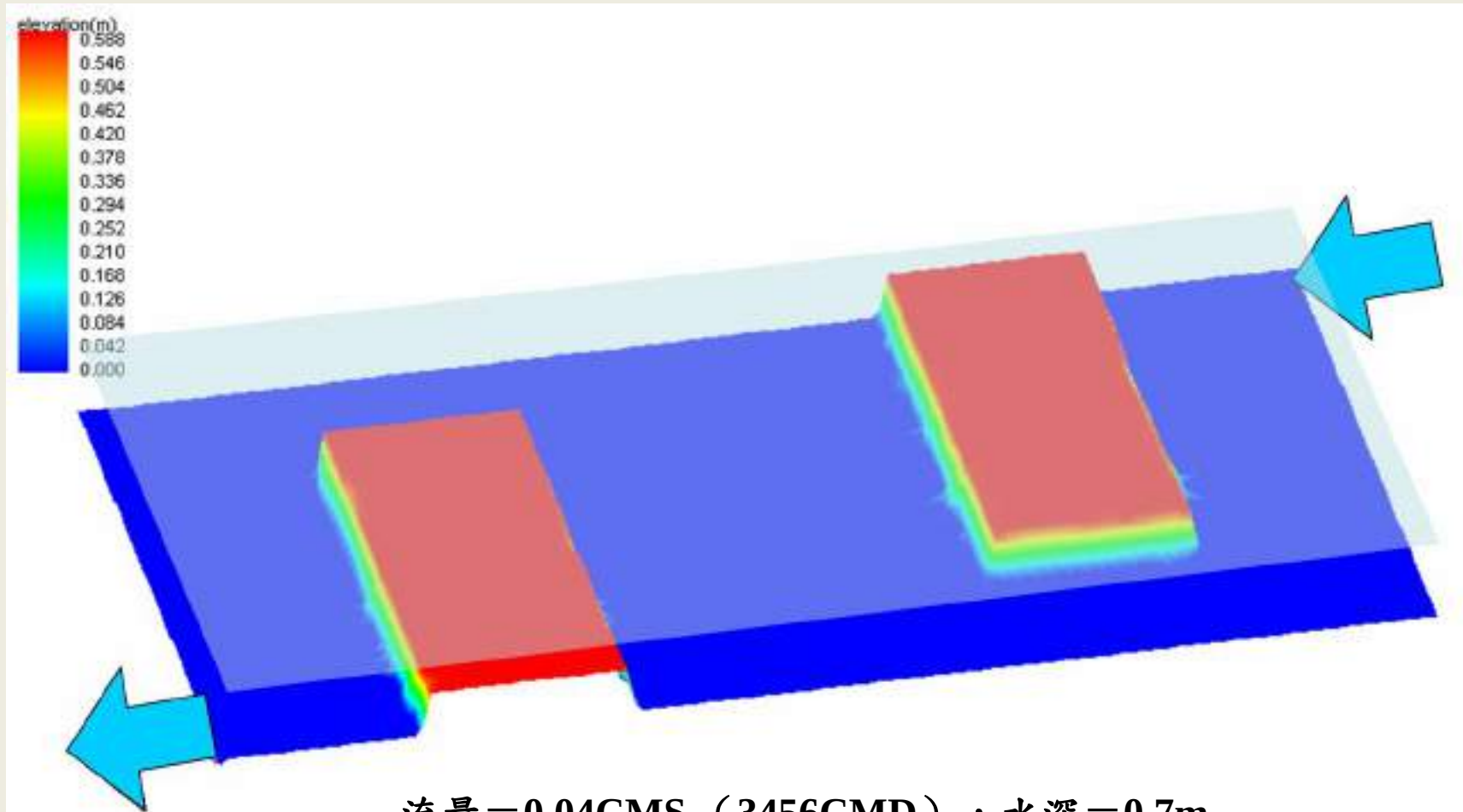
$$\lambda = 0.71$$

>

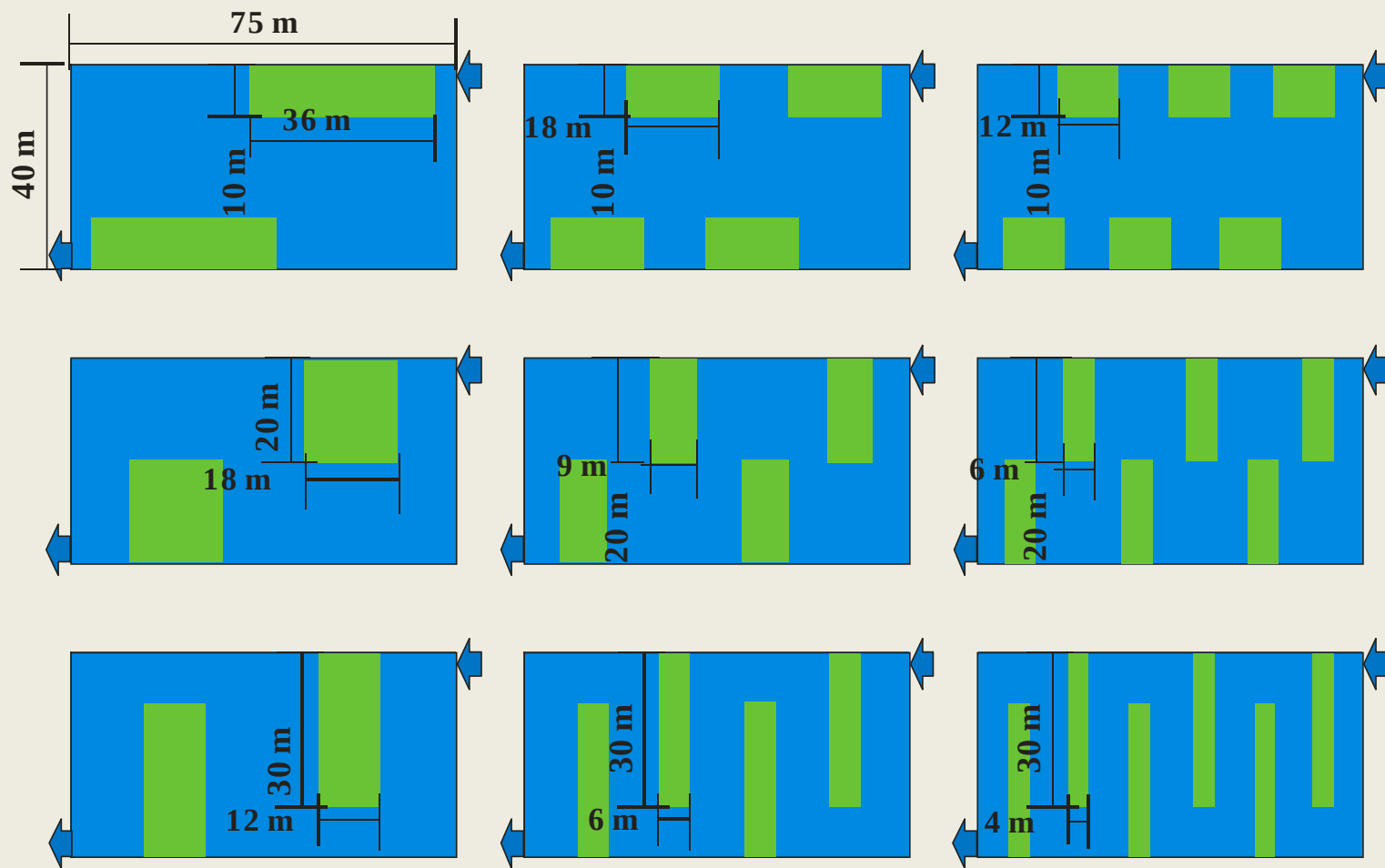


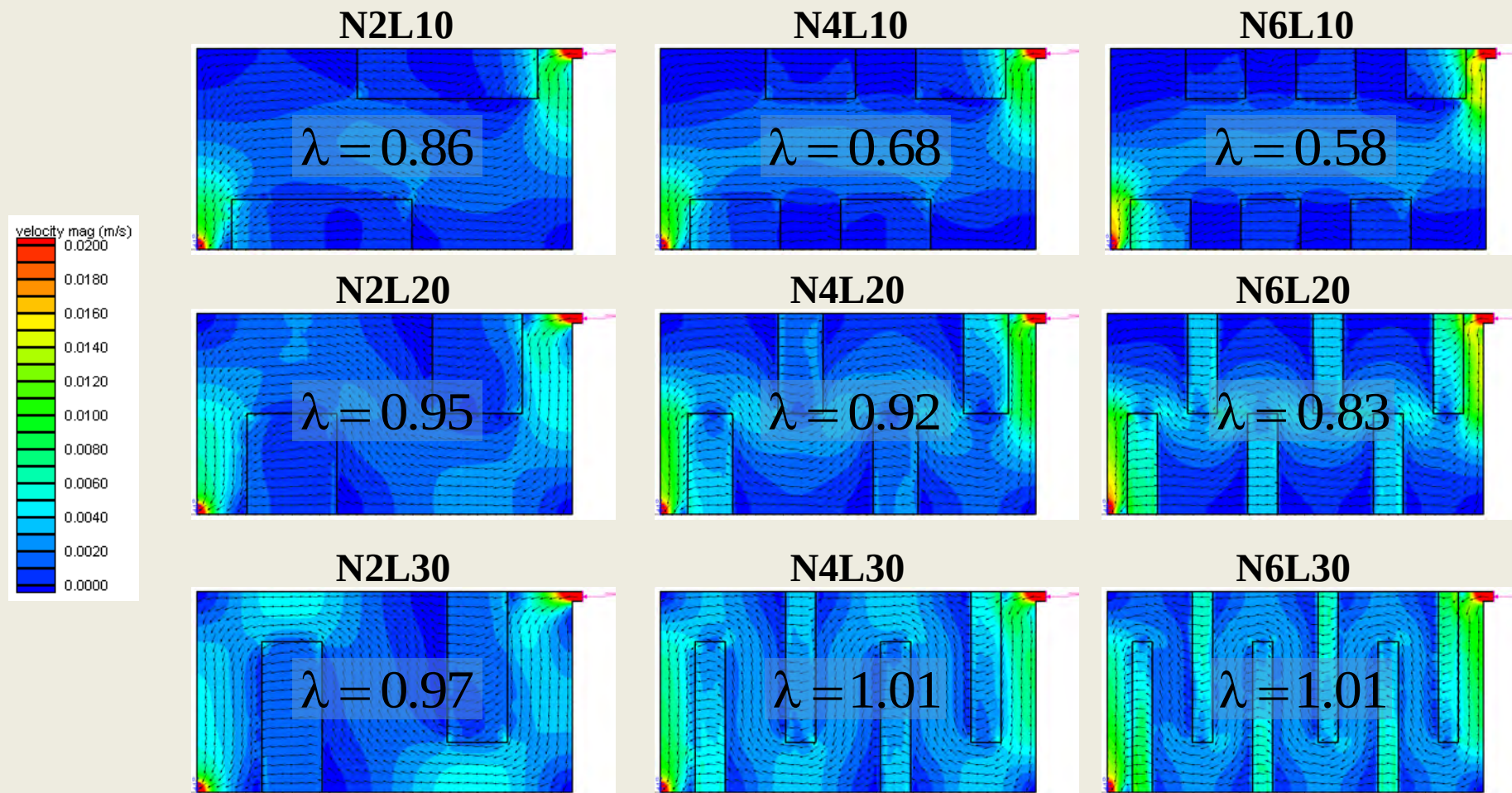
$$\lambda = 0.59$$

Submerged obstructions

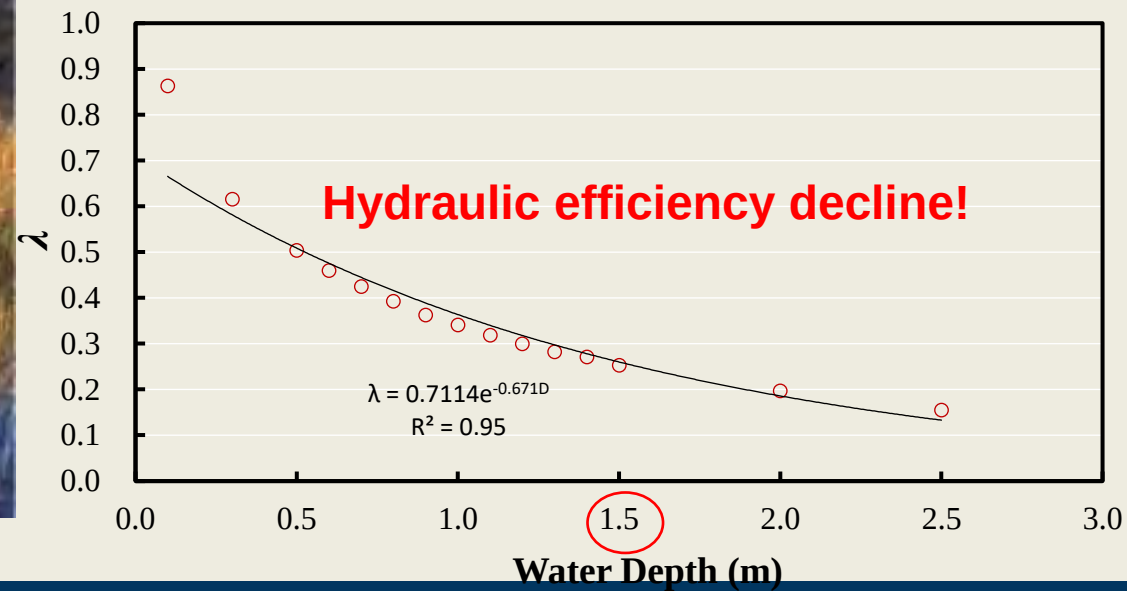
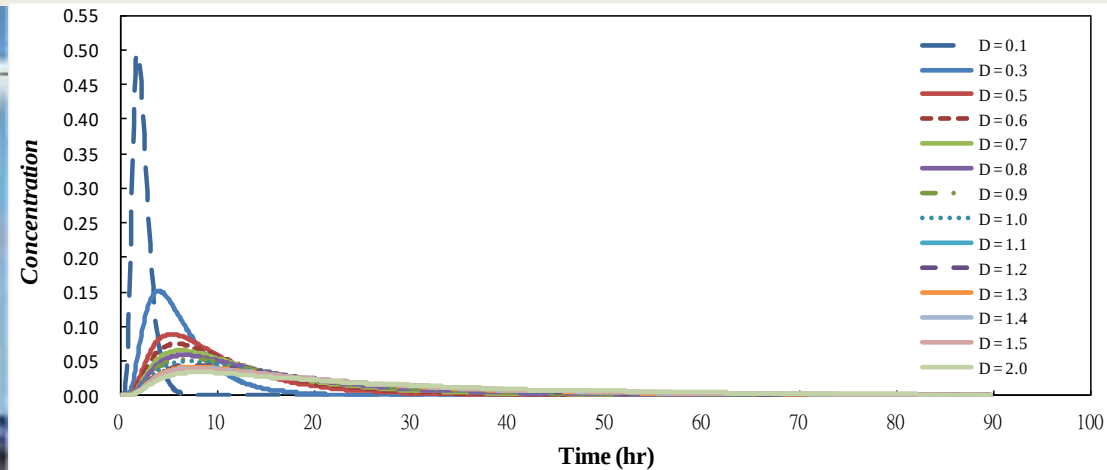
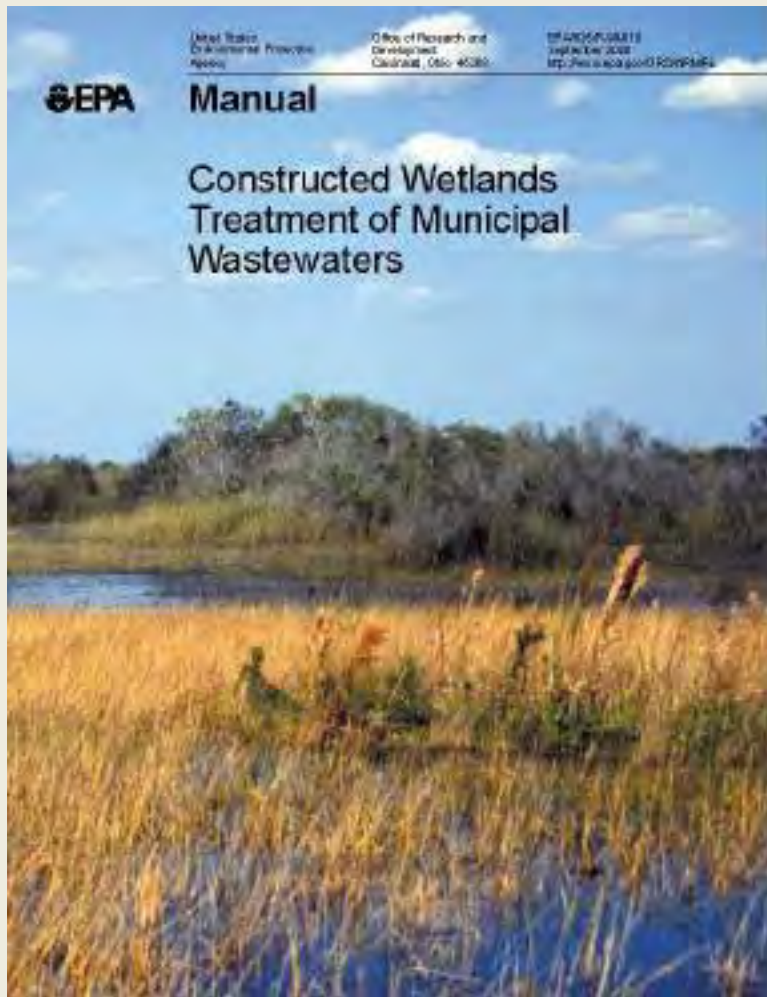


Submerged obstructions





Deep Water depth 有影響

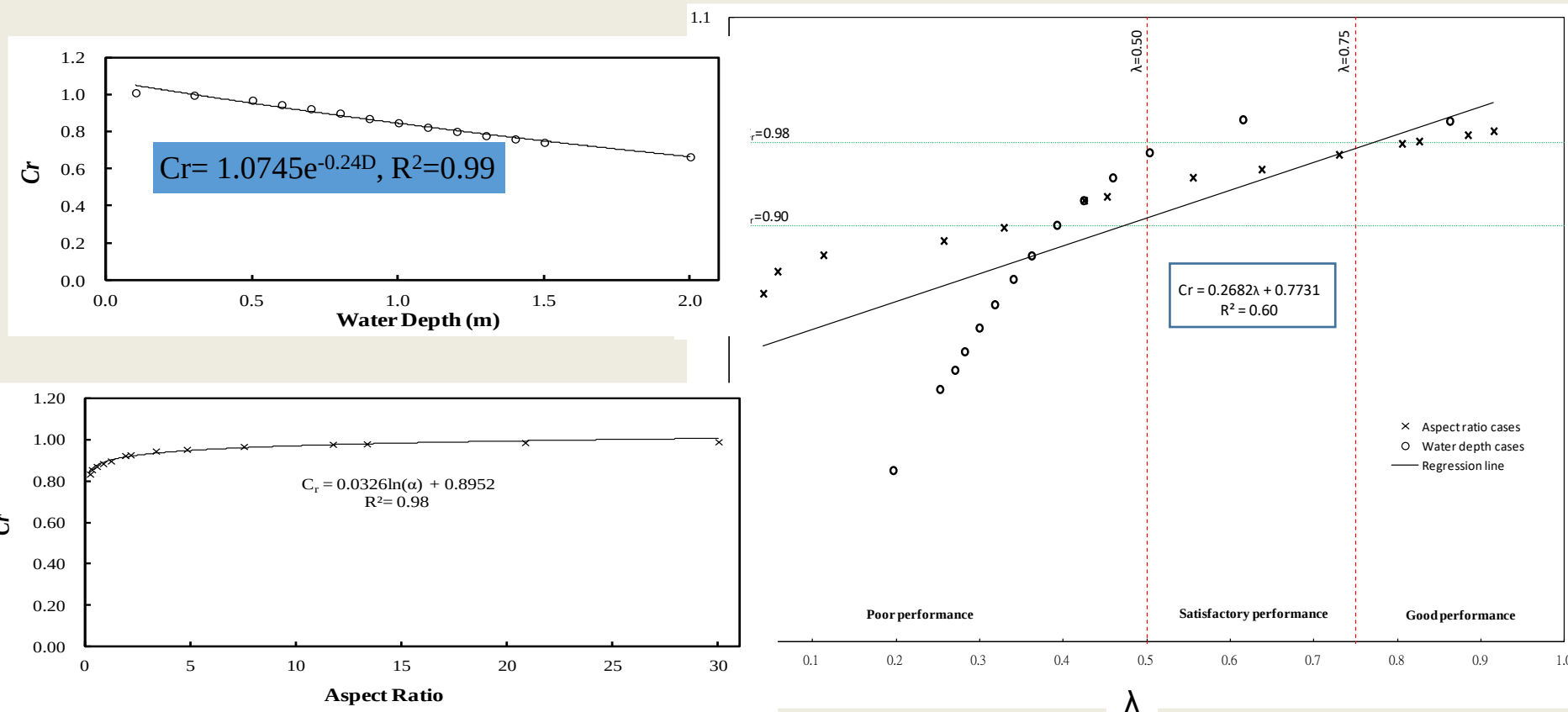


Correction for 1st order model calculation

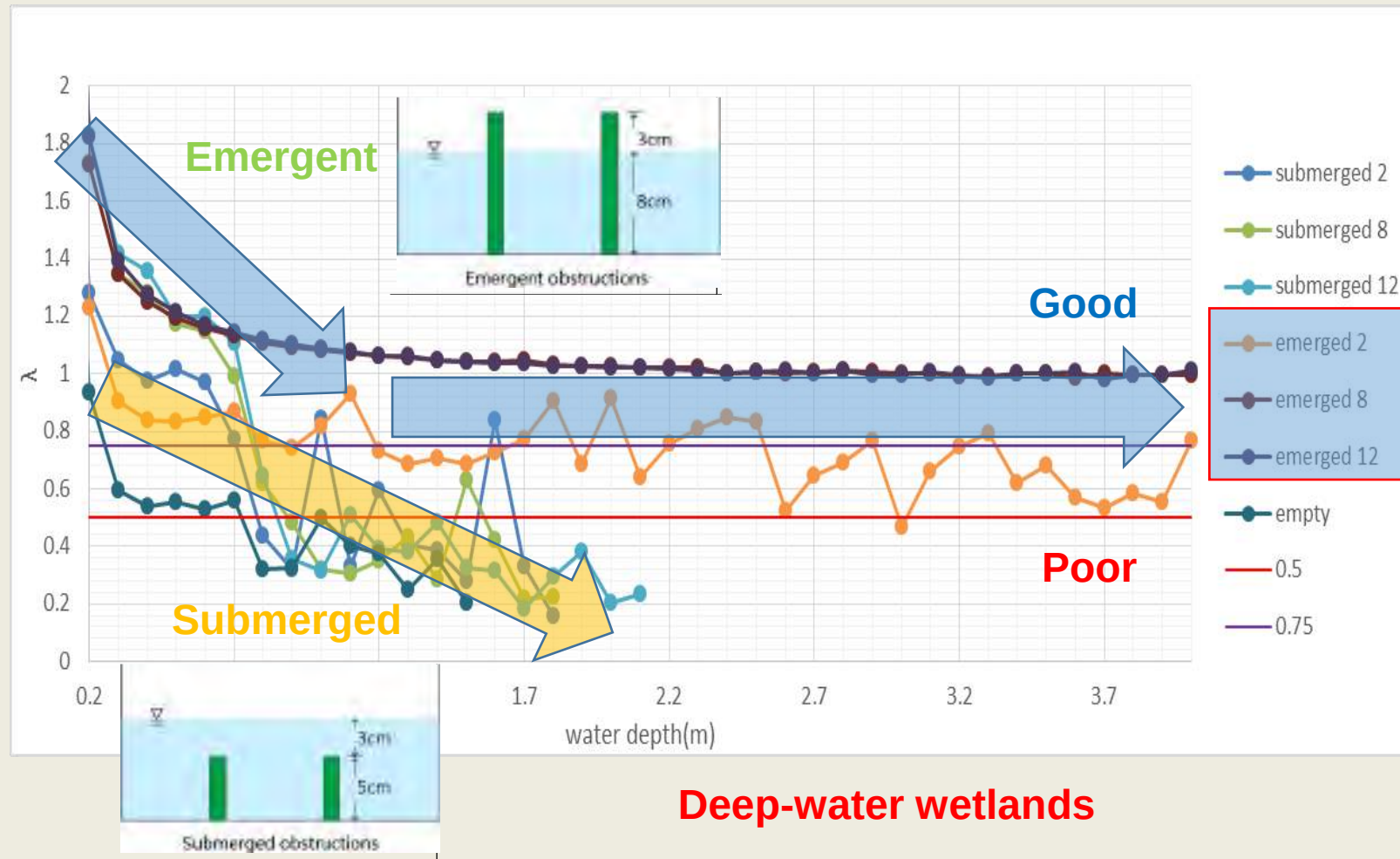
$$R = 1 - \frac{C_e}{C_i} = 1 - e^{-Kt}$$



$$C_r = \frac{R_{RTD}}{R_{HRT}} = \frac{1 - e^{-K_t t_{RTD}}}{1 - e^{-K_t t_{HRT}}}$$

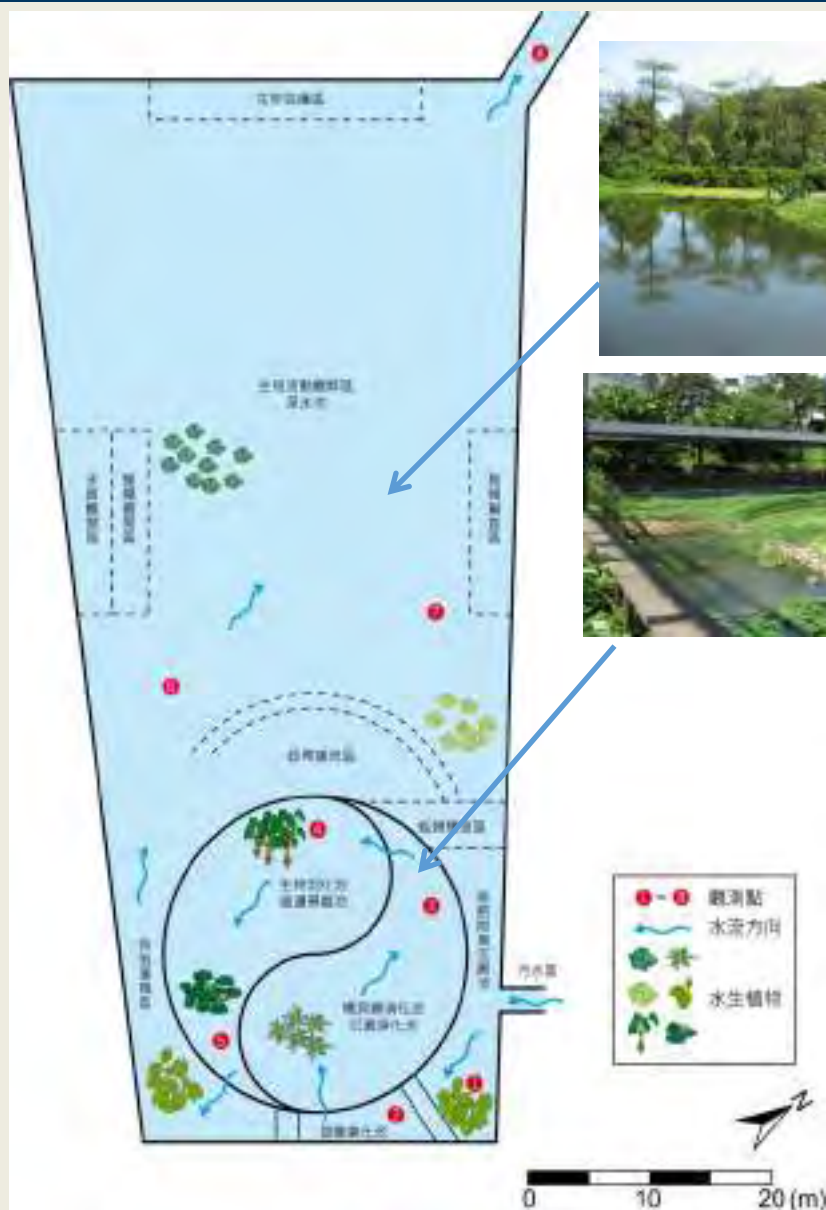


Emergent obstructions for deep water wetlands



Deep-water wetlands

桃園大溪 傳貴池



(281295, 2751781)



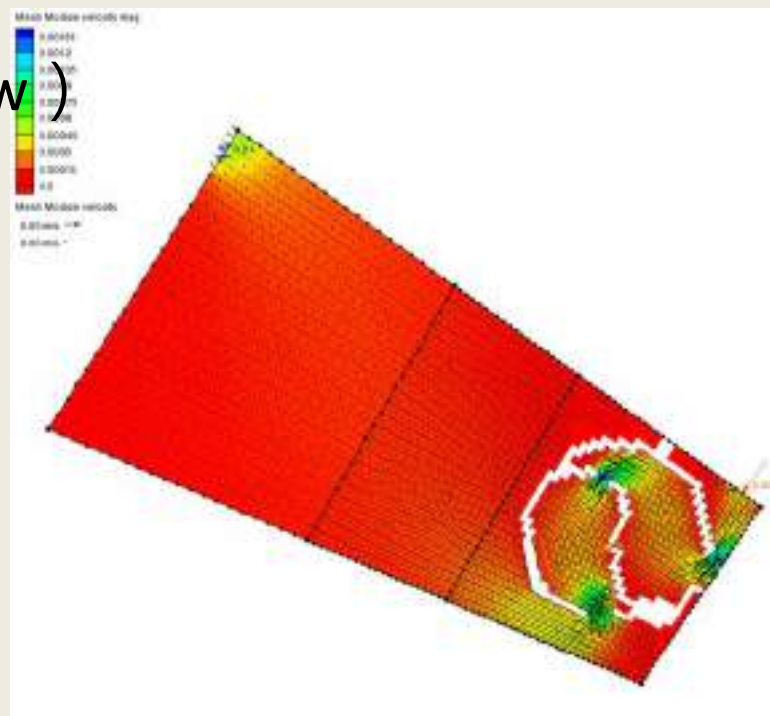
現地調査

- 地形Pond topography
- 流量Flow discharge
- 水位Water surface elevation
- 示蹤劑濃度Tracer concentration

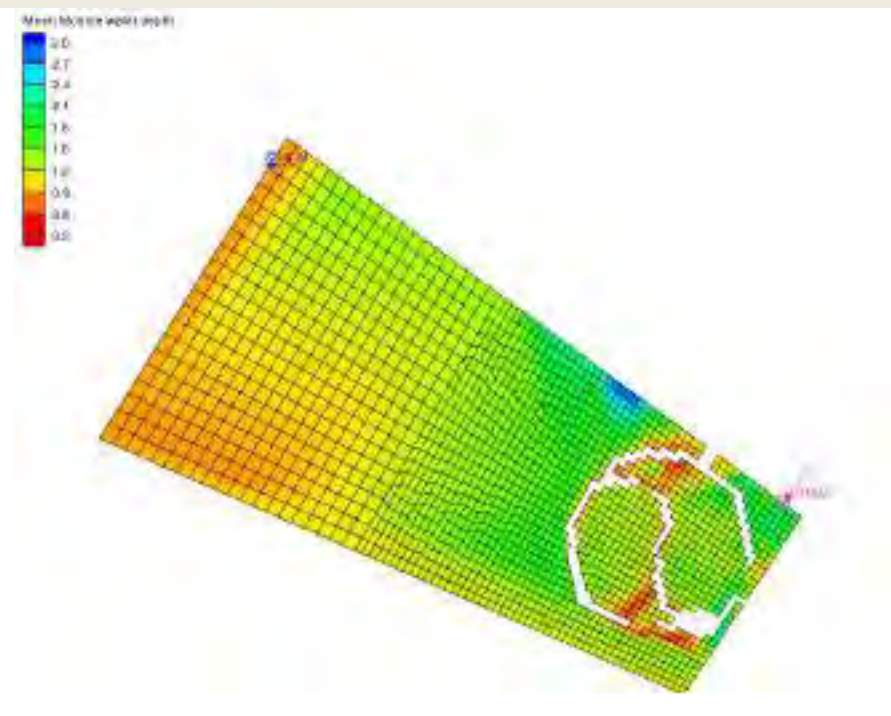


數值模型建立及驗證

- 水理模擬結果
 - 流速、水深、流向
 - 優勢流 (preferential flow)
 - 死水區 (dead zone)



傳貴池流速分布圖



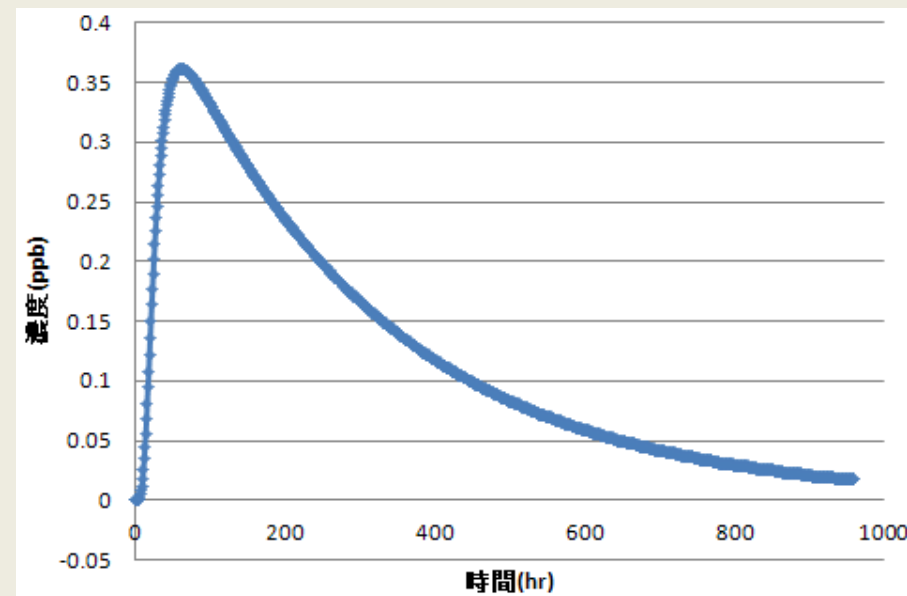
傳貴池水深變化圖

- 水質模擬結果

- 於上游邊界處設定追蹤劑入流濃度
- 於下游邊界擷取出流口追蹤劑濃度
- 濕地出口濃度歷線圖



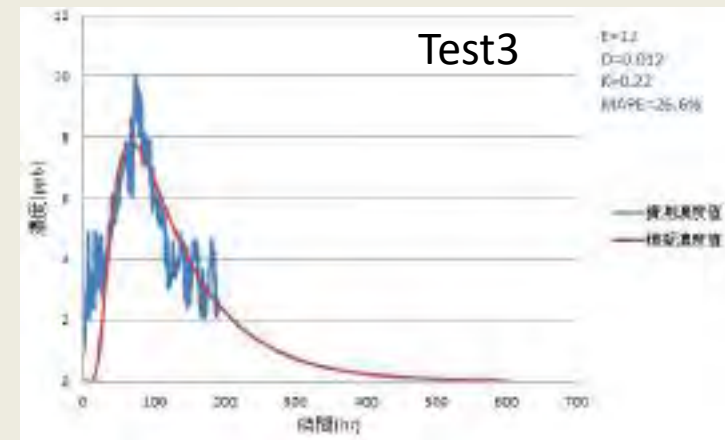
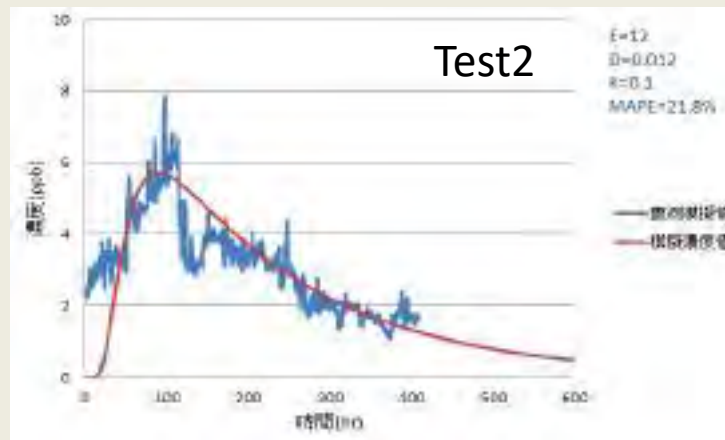
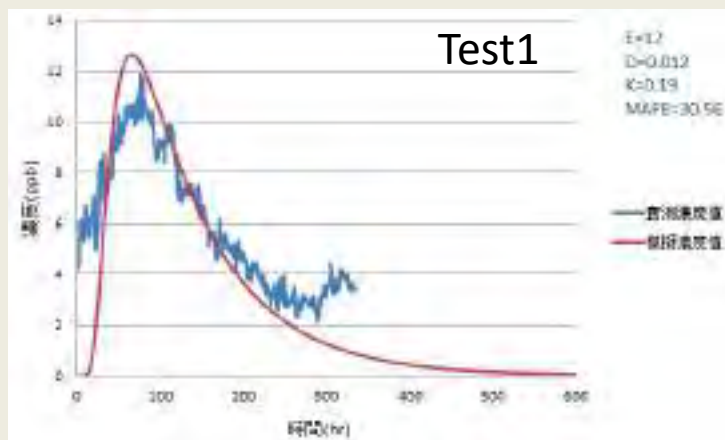
t=1hr時追蹤劑濃度分布圖



出口處追蹤劑濃度歷線圖

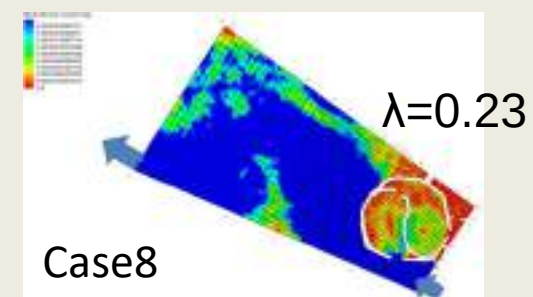
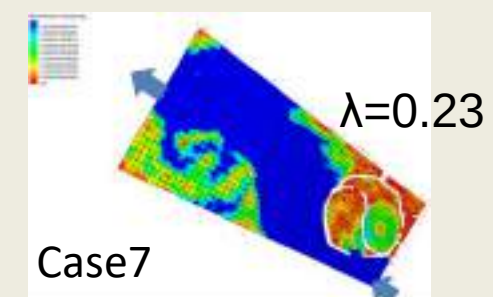
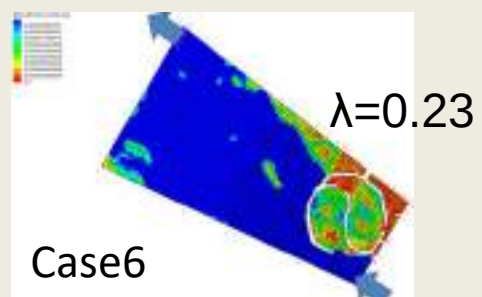
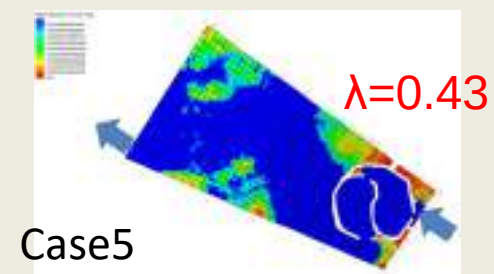
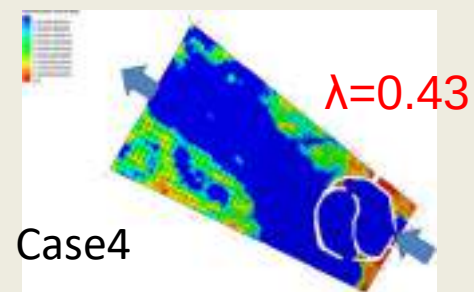
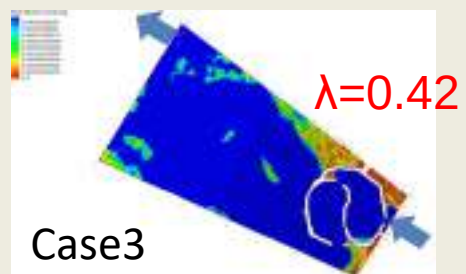
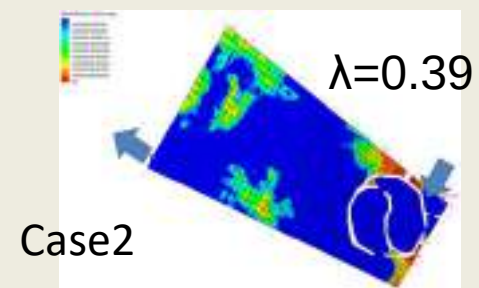
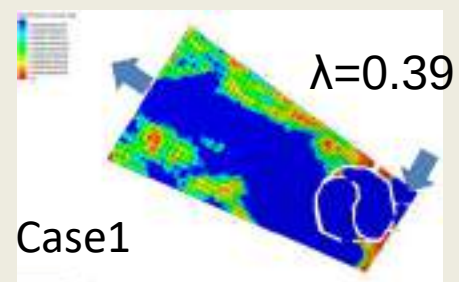
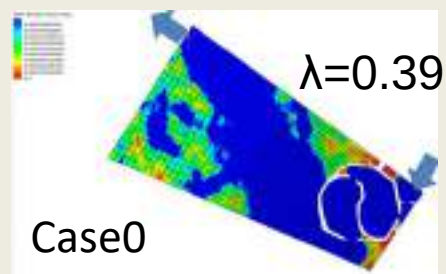
Model validation- concentration

	E ($N-sec/m^2$)	D (m^2/sec)	K (day^{-1})	MAPE (%)
Test1 : 2013/11/19-2013/12/03	12	0.012	0.19	30.56
Test2 : 2013/12/03-2013/12/20	12	0.012	0.10	21.8
Test3 : 2014/01/24-2014/02/07	12	0.012	0.22	22.6

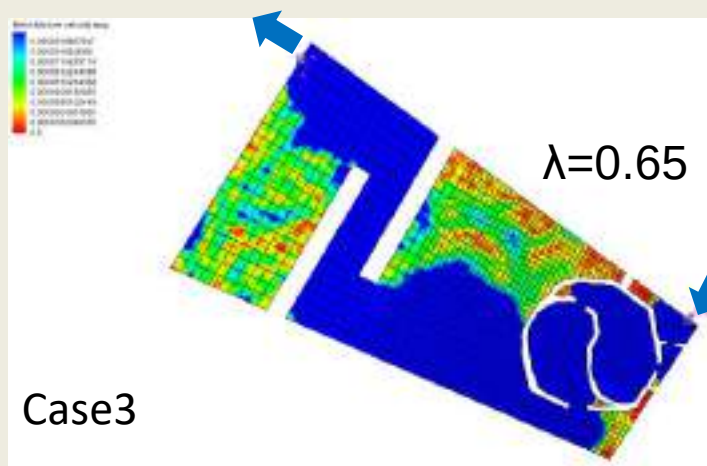
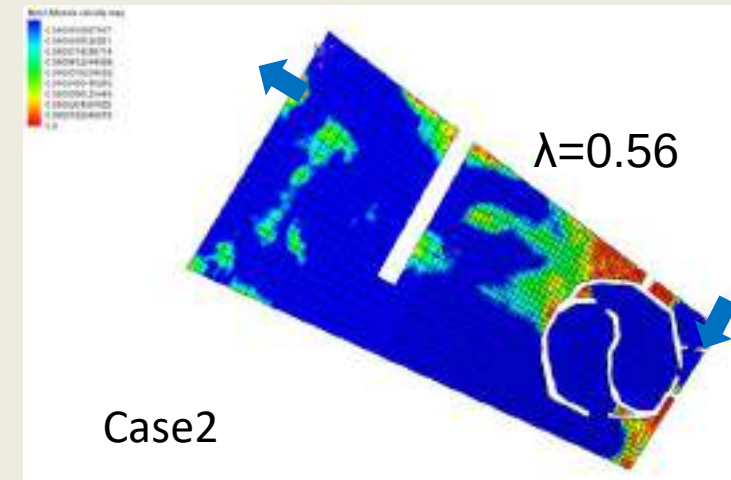
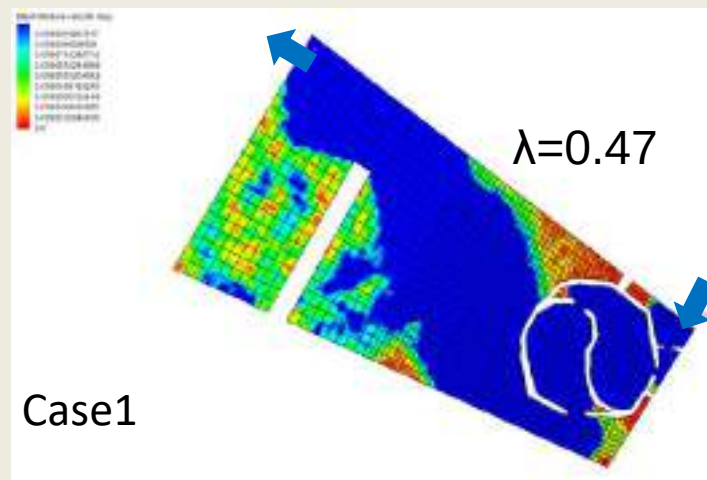


水力效率

- 改變inlet-outlet



- 增加Emergent Obstructions





大漢溪人工濕地轉型芻議

💧 人工濕地

💧 感潮濕地

💧 防洪、水質、生態





- 大漢溪河段高灘地過去為垃圾堆置場址，又於民國98年完成右岸之浮洲、打鳥埤、城林等人工濕地
- 現況右岸城林橋至鐵路橋段高灘腹地增加，河道通洪能力不足，且流心偏向左岸，左岸基礎逐漸淘刷

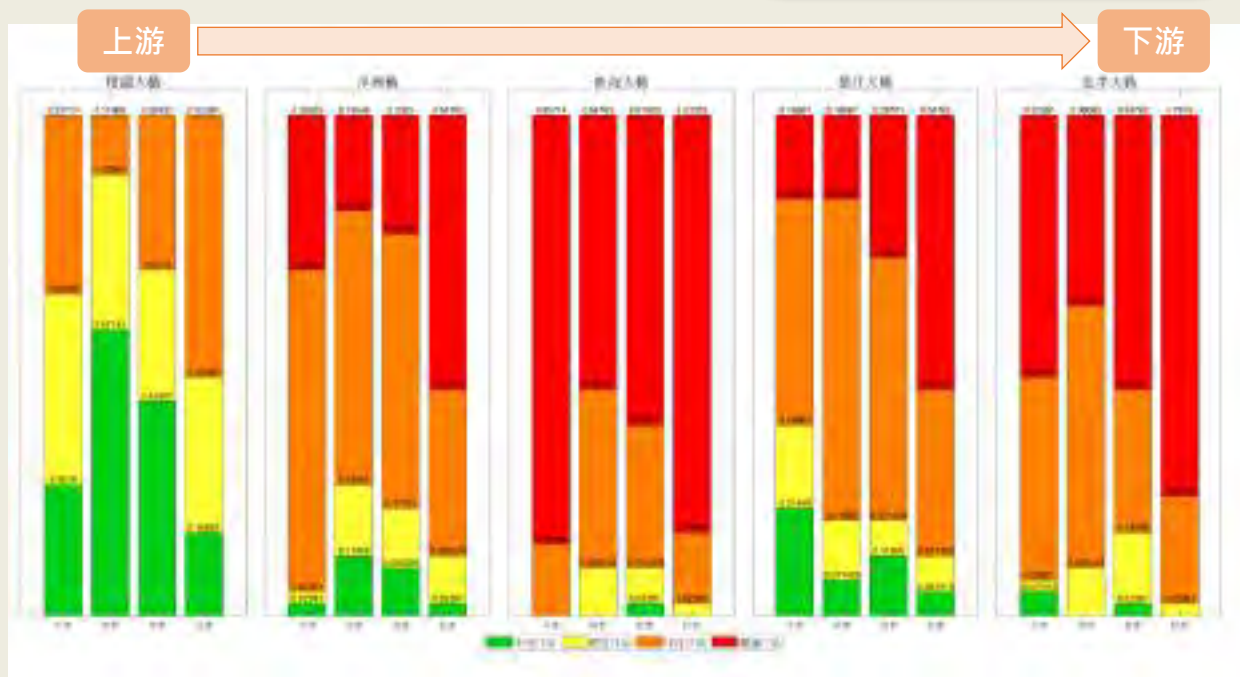


大漢溪城林橋至鐵路橋段為通洪能力瓶頸段，右岸高灘地造成河道束縮、沖刷左岸

計畫區域河道水質



河川污染指數RPI



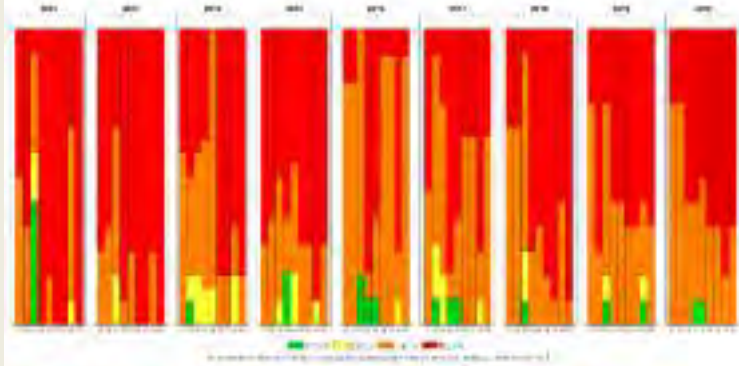
統計2008-2020研究區域附近五處環保署水質監測資料：

水質條件以臨近大漢溪上游的柑園大橋最好，位於大漢溪與淡水河交接處的新海大橋最差，推測與潮汐漲退有關。

研究區域附近水質參數以溶氧量DO與氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 兩者較為嚴重。

入流

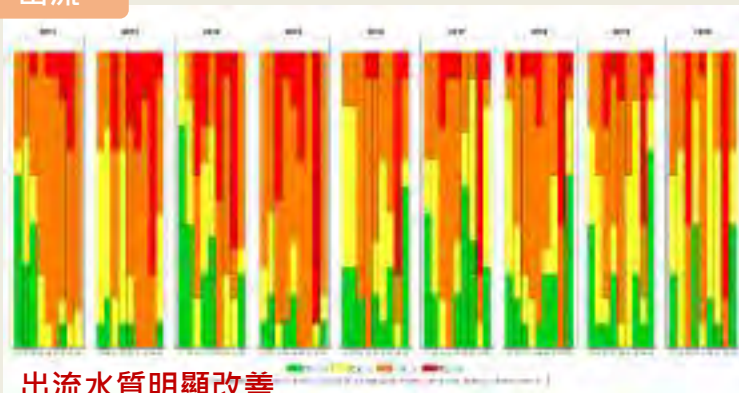
2016年後入流水質較之前年分佳



二二

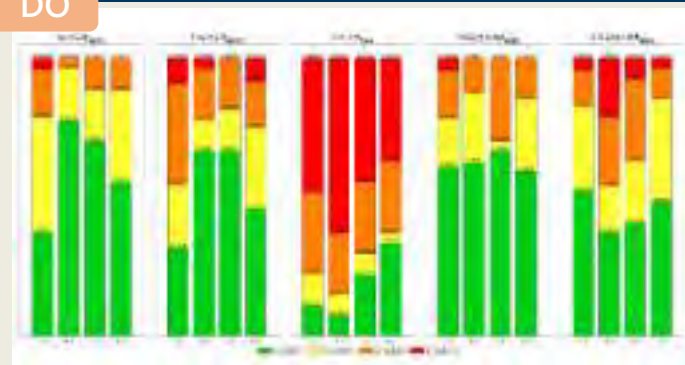
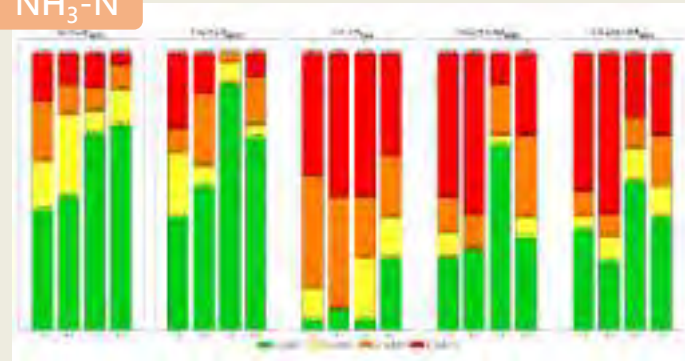
河道與濕地測站(點)

出流

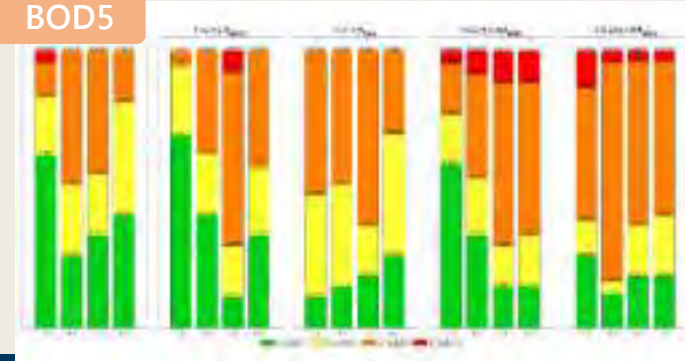


出流水質明顯改善

DO

河道表現明顯
較濕地差NH₃-N表現較其他
水質指標差

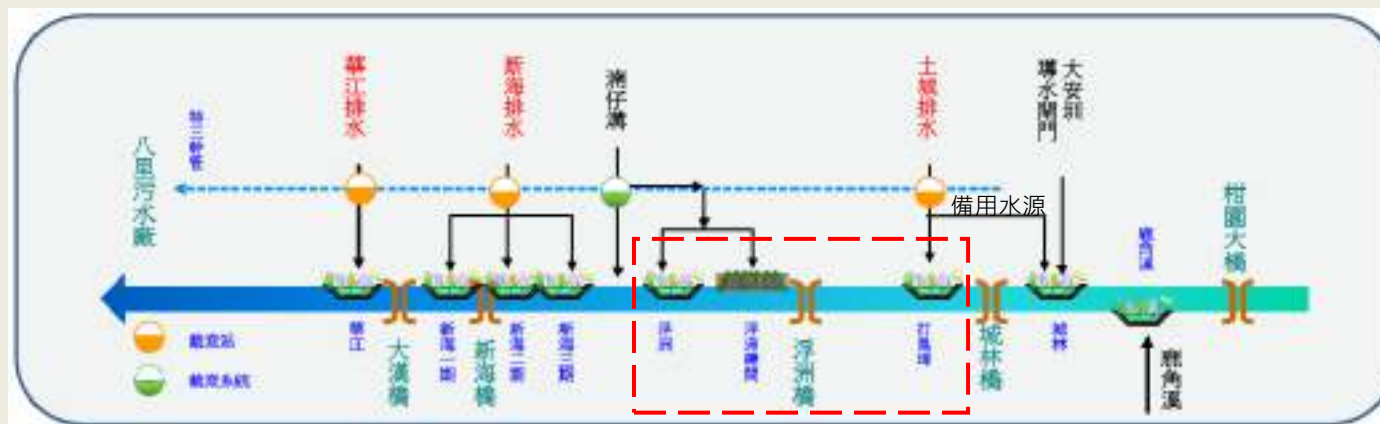
BOD5

多維持
中度污染

濕地功能檢討分析

人工濕地生態有陸化及減少生物多樣性之疑慮

人工濕地水量



人工濕地	浮洲	打鳥埤	城林
最大處理水量	30,000 CMD	11,000 CMD	11,500 CMD
污水來源	港仔溝	土城排水	大安圳
供水管理單位	污設科	衛工處	(重力流)

土城截流站而言，
截流量呈現逐年遞減趨勢，
供水量日益吃緊

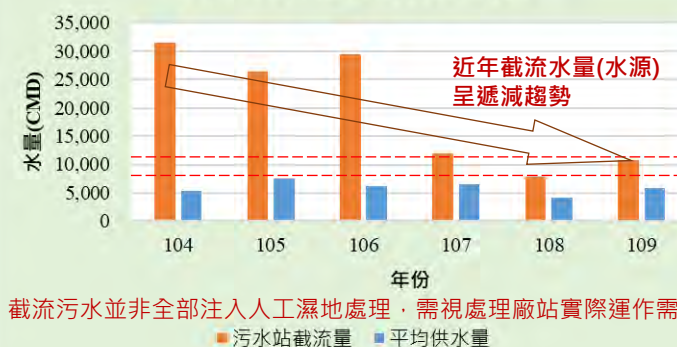
供水影響因素:

豪大雨特報預警性停供水、
截流站維修或污水量調整

近年因應措施:

106年起抬高出流水位、
密集巡視與緊急時抽補水、
城林水源聯合操作(打鳥埤)

土城截流站逐年之日均供水量



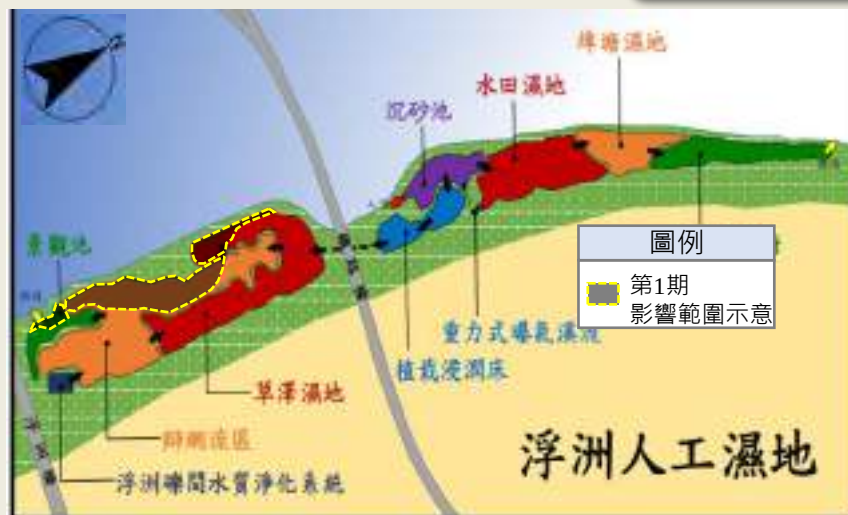
土城截流站104~109年之日均供水量



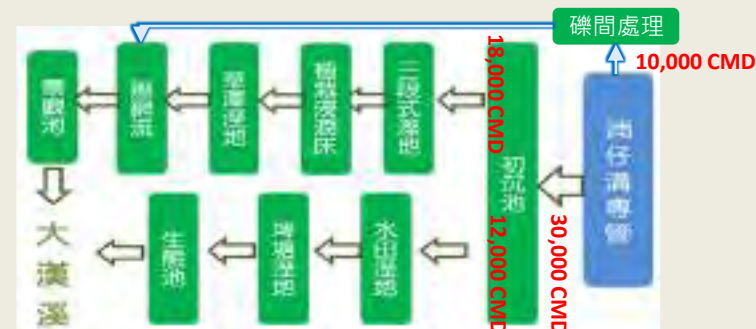
資料來源：水利局110/8/27回文、歷年經營計畫整理、美商傑明簡報



浮洲人工濕地



歷年人工濕地水質水量

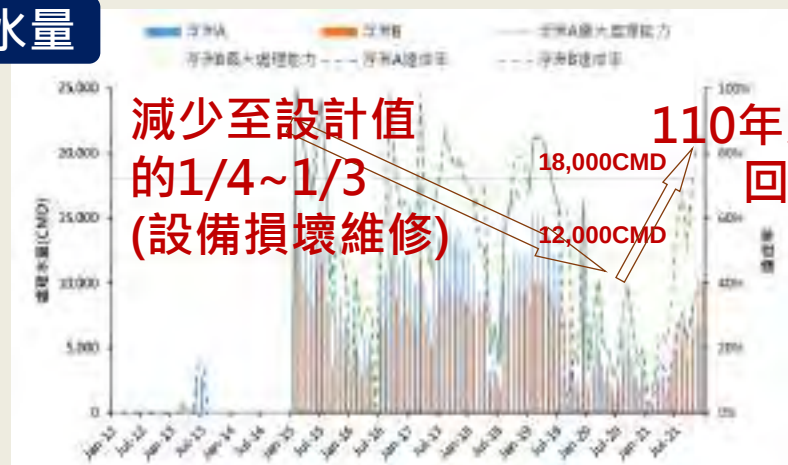


水質

進流水質普遍不佳

濕地處理後大多可減輕汙染

水量



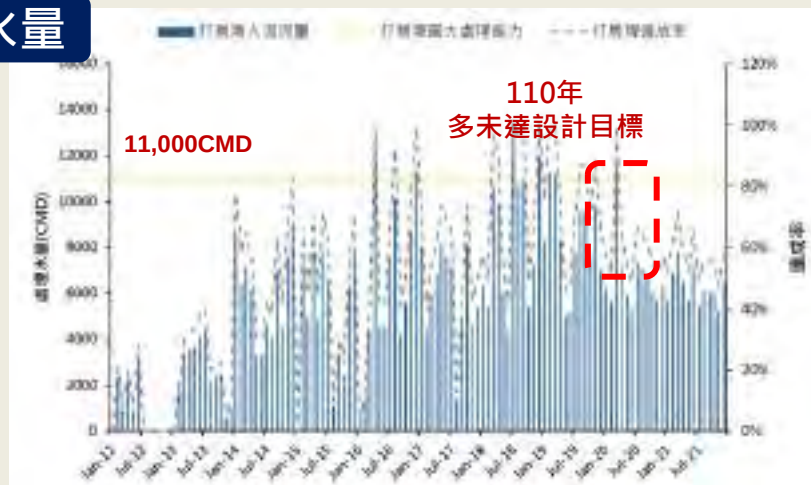
打鳥埤人工濕地



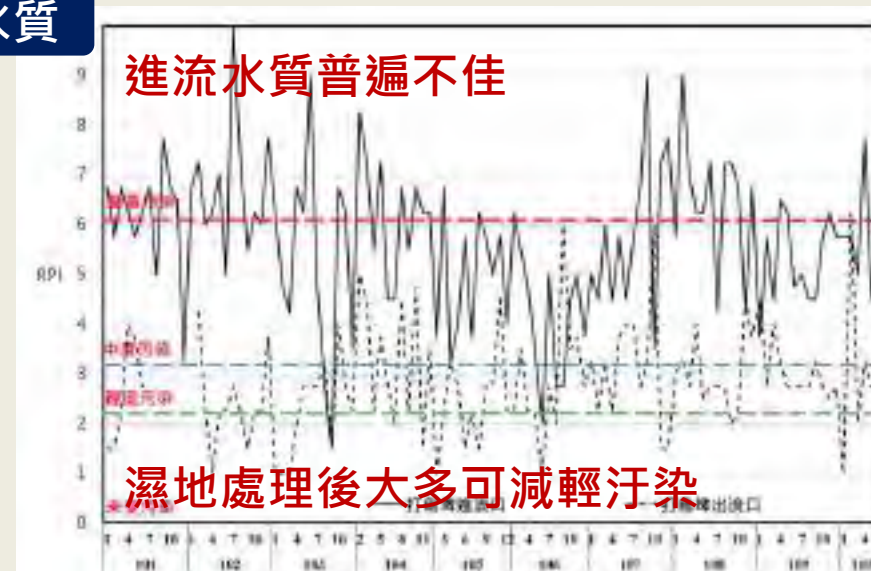
歷年人工濕地水質水量



水量



水質

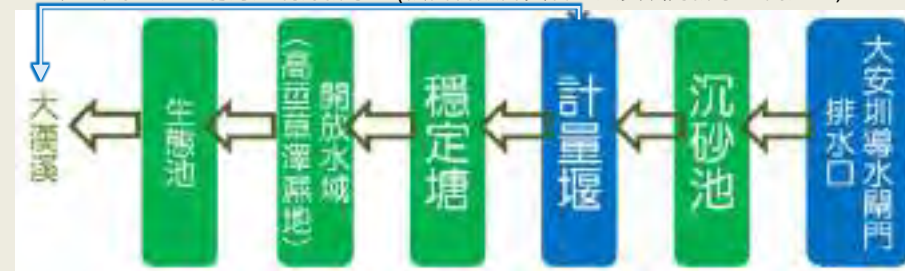


城林人工濕地



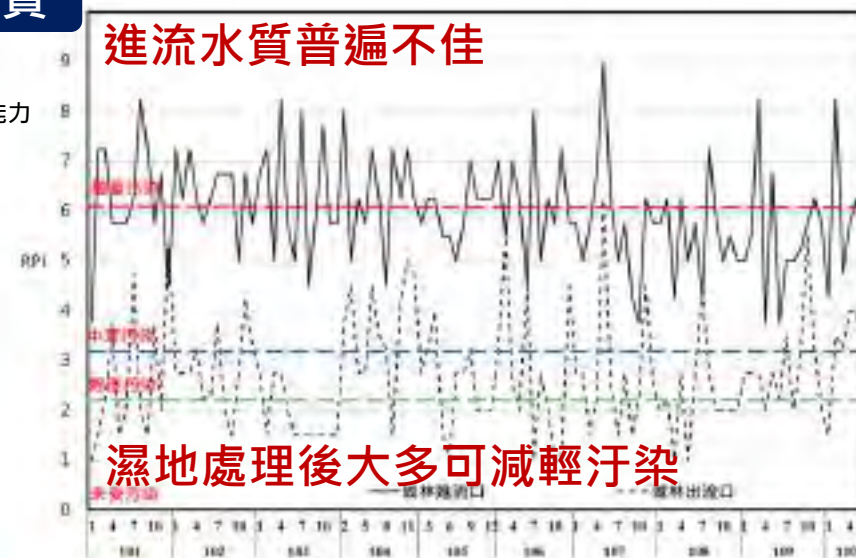
歷年人工濕地水質水量

超出場址處理能力之剩餘排水量(依當初設計資料，大安圳總排水量高達33,000CMD)

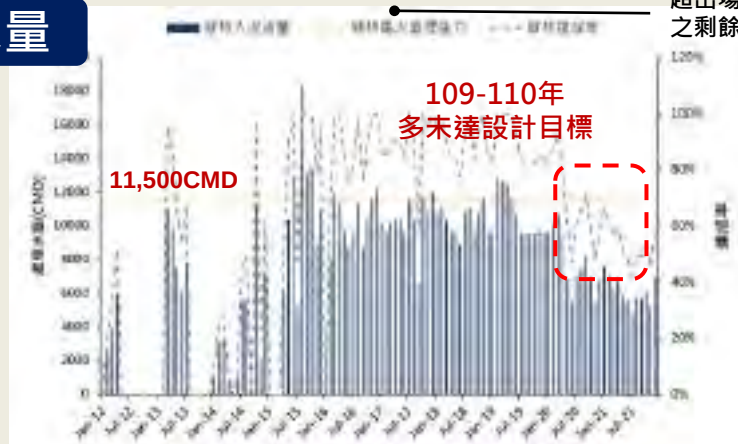


水質

進流水質普遍不佳



水量



超出場址處理能力之剩餘排水

生態環境評估

110年生態檢核報告

生態資源盤點

人工濕地	植物資源	陸域動物資源	水域生物資源
浮洲	- 大漢溪沿線的濕地植物歧異度最高者，物種多樣性高且分布均勻 - 曾記錄之稀有植物，例如流蘇樹、水茄苳、水蓼、大安水蓼衣、印度苔菜、柳葉水蓼、田蔥等，但多為人為栽植 外來種比例高	- 一直是大漢溪沿岸人工濕地中鳥類最為穩定豐富者，包含濕地常見、短草叢常見、長草叢常見、樹棲性、水域上空飛行覓食、猛禽類等各式鳥類 - 長草、短草叢的靜水域環境可見蜻蛉目物種，草澤濕地或周邊陸地可見兩棲類物種 保育類物種：鳥類為主 - 瀕絕野生動物（Ⅰ）：遊隼、東方白鸛、黑面琵鷺 - 珍稀野生動物（Ⅱ）：大冠鷲、鳳頭蒼鷹、黑翅鳶、台灣畫眉、燕鴿、水雉、彩鵲、黃鸝及八哥 - 其他野生動物（Ⅲ）：紅尾伯勞 - 鳥類棲地種類：濕地內的闊葉喬木(包含高隱蔽、邊緣及疏林)、開闊環境中的電塔或大樹、鄰近水域的喬木、濕地草澤和稀疏灌木與禾本科等，多樣鳥類棲地吸引眾多鳥類 - 生態亮點：黃鸝（NVU、Ⅱ）、水雉（NVU、Ⅱ）、東方白鸛（NEN、Ⅰ）、黑面琵鷺（NNT、Ⅰ）	- 水源為湳仔溝溪的廢水，鯽魚和雜交吳郭魚等耐污力較強的種類為優勢 - 關注物種：曾記錄到高體鯉（NNT），其偏好低海拔緩流或靜止的湖沼水域棲息，常見於透明度低、優養化程度略高的靜止水域 - 曾記錄到鯉科的羅漢魚（偏好低海拔、低流速）、鯽魚（偏好低海拔、低流速）、鰕虎科的極樂吻鰕虎（偏好稍有石礫的潭區、淺水區）等



110年生態檢核報告

生態資源盤點

人工濕地	植物資源	陸域動物資源	水域生物資源
打鳥埤	- 曾記錄之稀有植物，例如大安水蓼衣、水社柳及莎草科的克拉莎等，但多為人為栽植 - 關注物種：曾發現稀有植物臺灣艾納香（VU），其偏好溫暖氣候、酸性土壤、耐乾旱，棲地類型以路邊或灌木叢為主 外來種比例高	- 同樣包含濕地常見、短草叢常見、長草叢常見、樹棲性、水域上空飛行覓食、猛禽類等各式鳥類 - 靜水域環境可見蜻蛉目、兩棲類物種，另曾紀錄到春蜓科的粗鉤春蜓、晏蜓科的綠胸晏蜓 保育類物種：鳥類為主 - 瀕絕野生動物（I）：白尾海鵬 - 珍稀野生動物（II）：紅隼、魚鷹、黑翅鳶、彩鵲及八哥 - 其他野生動物（III）：紅尾伯勞、臺灣藍鵲 - 鳥類棲地種類：大型水域、開闊的林緣等，分別吸引冬候鳥的白尾海鵬（通常現於山區的湖泊或水庫）、適應都市公園的留鳥臺灣藍鵲	- 穩定出現的魚種為鯽魚、雜交吳郭魚等耐污力較強的種類 - 曾記錄到鯉科的羅漢魚（偏好低海拔、低流速）、鯽魚（偏好低海拔、低流速）、鰕虎科的極樂吻鰕虎（偏好稍有石礫的潭區、淺水區）、鰲條等



105淡水河水系河川情勢調查

生態資源盤點

樣點	植物資源	陸域動物資源	水域生物資源
新海橋-大漢橋河段	1. 原生優勢物種包含葎草及虎葛；木本植物以小桑樹與特有種水柳等 2. 外來種比例高如狗尾草、象草、大花咸豐草等	1. 同樣包含濕地常見、短草叢常見、長草叢常見、樹棲性、水域上空飛行覓食、猛禽類等各式鳥類 2. 特有與保育物種以鳥類為主，共有7種特有或特有亞種與4種保育類物種	1. 穩定出現的魚種為食蚊魚、雜交吳郭魚等耐污力較強的種類 2. 無特有及保育物種



110/10-111/5 生態補充調查

生態資源盤點



水棲昆蟲與底內動物樣點



調查穿越線與重點調查區域

調查對象：

1. 植物
2. 鳥類
3. 魚類
4. 底棲 (蝦蟹螺貝類、水棲昆蟲、底內動物)



111/5 第3季生態補充調查

生態資源盤點-植物



➤ 植物調查:

植物穿越線調查：步道2m內步行目視調查，搭配望遠鏡協助調查樹冠層植物，產出重點調查區域內植物名錄

植物樣區調查：重點調查區域內設置2×2 m²樣區，調查樣區內各種植物覆蓋度

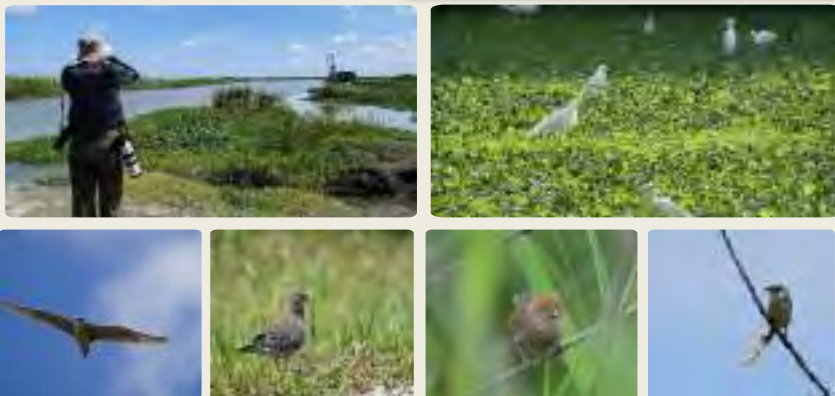
濕地	浮洲	打鳥埤	城林
科種數	31科75種	28科70種	26科74種
特有種	水柳	水柳、佛士通泉草	山芙蓉、水柳
主要歸化種	菊科、禾本科、天南星科與豆科	菊科、禾本科、旋花科及豆科	菊科、禾本科、旋花科、大戟科及豆科
栽培種	香蕉、綠竹、甘蔗、扁桃斑鳩菊及香椿	(無)	葫蘆竹
常見入侵植物	小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、布袋蓮、番仔藤、銀合歡、大萍及陰香	小花蔓澤蘭及南美蟛蜞菊、番仔藤、銀合歡及大萍	小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、番仔藤、銀合歡及布袋蓮
木本植被	較多	較稀疏	較稀疏
重要值 (IV) 排序	大萍 (30.29) · 布袋蓮 (27.4) · 美洲水丁香 (8.25) · 竹仔菜 (5.47) · 大花咸豐草 (5.31) · 短葉水蜈蚣 (5.42)	香蒲 (29.28) · 粉綠虎尾藻 (28.91) · 巴拉草 (23.44) · 李氏禾 (11.72) · 甕菜 (3.49) 及大萍 (3.16)	布袋蓮 (60.86) · 其次為巴拉草 (38.94) · 最後為甕菜 (6.45)

僅於城林濕地記錄VU級的稀有植物「水茄冬」，但為人工栽植植株



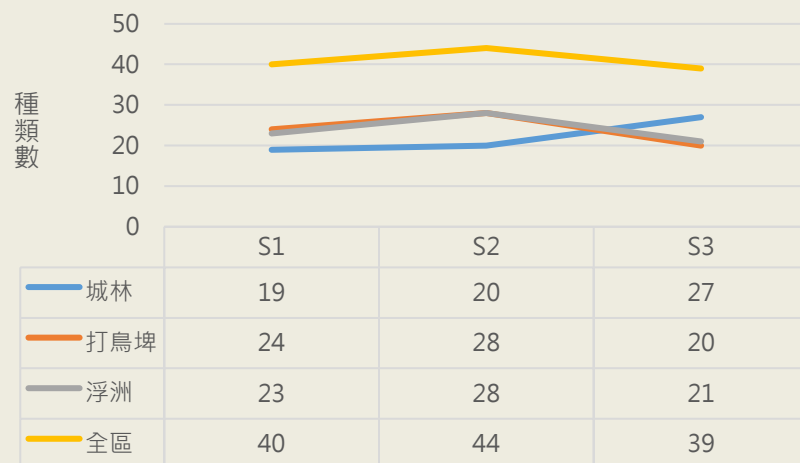
111/5 第3季生態補充調查

生態資源盤點-鳥類

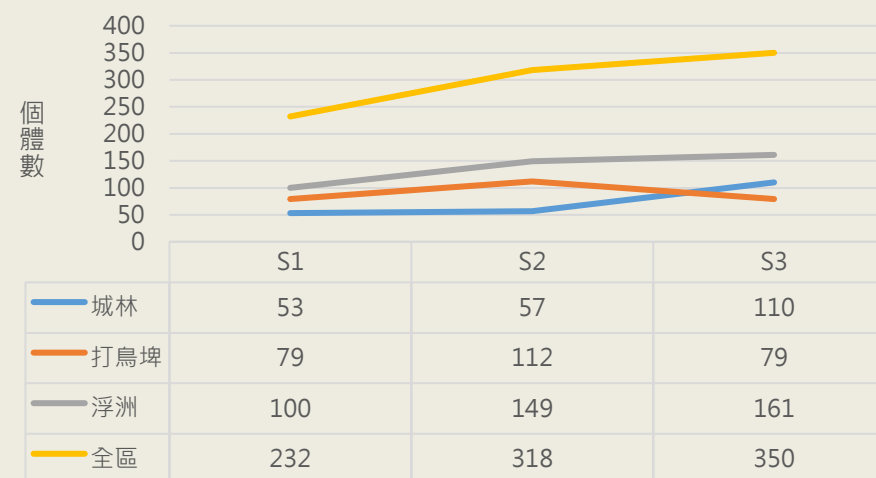


1. 優勢物種：黃頭鷺、白頭翁、斯氏繡眼
2. 保育類：八哥(浮洲)
3. 外來種：喜鵲、黑領棕鳥、家八哥、白尾八哥、野鴿、黑頭文鳥（引進種族羣）

3場址各季鳥類種類數變化

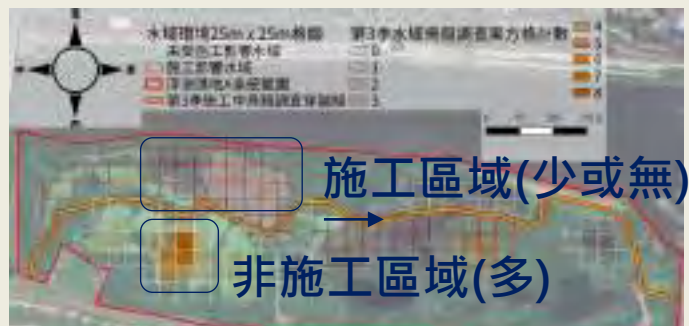


3場址各季鳥類個體數變化

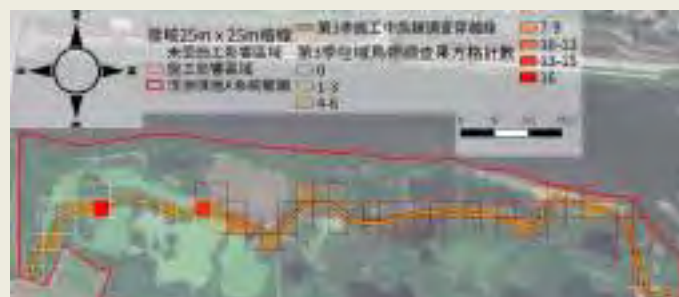


110/10-111/5 生態補充調查

施工中鳥類棲息影響分析



受施工影響水域劃分與鳥類計數



受施工影響陸域劃分與鳥類計數

Mann-Whitney U test

	U value	P value
第一季調查 (施工前)	3,229.5	0.6445
第二季調查 (施工前)	3,212.5	0.6287
第三季調查 (施工中)	2,630	0.002805*

1. 受施工影響的**水域鳥類數量**明顯低於未受施工影響區域 ($U = 2,630$; $P = 0.002784$)
2. 受施工影響與未受施工影響區域的**陸域鳥類數量**並無顯著差異 ($U = 863.5$; $P = 0.2616$)
3. 施工前 (第一季與第二季間) **並無顯著差異** (Mann-Whitney test 分析成果接近)

111/5 第3季生態補充調查



浮洲

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	第一季	第二季	第三季	總計
鯉科	羅漢魚	<i>Pseudorasbora parva</i>					2	2
鯉科	鯽	<i>Carassius auratus auratus</i>					19	19
花鱗科	孔雀花鱗	<i>Poecilia reticulata</i>	外				15	15
麗魚科	混種吳郭魚	<i>Oreochromis spp.</i>	外				1	1
絲足鱸科	絲鰭毛足鬥魚	<i>Trichopodus trichopterus</i>	外		1		2	3
物種數					1	0	5	5
個體數					1	0	39	40

打鳥埤

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	第一季	第二季	第三季	總計
鯉科	鯽	<i>Carassius auratus auratus</i>					1	1
花鱗科	孔雀花鱗	<i>Poecilia reticulata</i>	外				2	2
麗魚科	混種吳郭魚	<i>Oreochromis spp.</i>	外			*	6	7
絲足鱸科	絲鰭毛足鬥魚	<i>Trichopodus trichopterus</i>	外		1		3	4
物種數					1	1	4	4
個體數					1	0	12	14

城林

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	第一季	第二季	第三季	總計
鯉科	鯽	<i>Carassius auratus auratus</i>					9	9
棘甲鯰科	豹紋翼甲鯰	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	外		1			1
麗魚科	混種吳郭魚	<i>Oreochromis spp.</i>	外				1	1
絲足鱸科	絲鰭毛足鬥魚	<i>Trichopodus trichopterus</i>	外		14		2	16
鱧科	線鱧	<i>Channa striata</i>	外			*		*
物種數					2	1	3	5
個體數					15	0	12	27



110/10-111/5 三季生態補充調查

生態資源盤點-蝦蟹螺貝類



第一季

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	浮洲	打鳥埤	城林	總計
長臂蝦科	日本沼蝦	<i>Macrobrachium nipponense</i>			4	4	10	18
田螺科	石田螺	<i>Sinotaia quadrata</i>				1		1
蘋果螺科	福壽螺	<i>Pomacea canaliculata</i>	外			33	32	65
物種數					1	3	2	3
個體數					4	38	42	84

第二季

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	浮洲	打鳥埤	城林	總計
長臂蝦科	日本沼蝦	<i>Macrobrachium nipponense</i>			3			3
田螺科	石田螺	<i>Sinotaia quadrata</i>				1		1
蘋果螺科	福壽螺	<i>Pomacea canaliculata</i>	外			9		9
物種數					1	2	0	3
個體數					3	10	0	13

第三季

科中名	物種	學名	特有性	保育等級	浮洲	打鳥埤	城林	總計
長臂蝦科	日本沼蝦	<i>Macrobrachium nipponense</i>			8	4	4	16
蘋果螺科	福壽螺	<i>Pomacea canaliculata</i>	外		20	16		36
物種數					2	2	1	2
個體數					28	20	4	52



生態資源盤點-水棲昆蟲&底內動物

- 水棲昆蟲調查方式:
以D型水生撈網於埤塘底部來回掃動。



- 底內動物調查方式:
以管心法使用直徑10公分金屬採土器，採取底質約10公分深度。



• 浮洲濕地

FJ2受**大萍(外來種植物)**大面積覆蓋遮蔽光線，可能造成水體及底質缺氧，因此**底棲動物較為缺乏**。

• 打鳥埤濕地

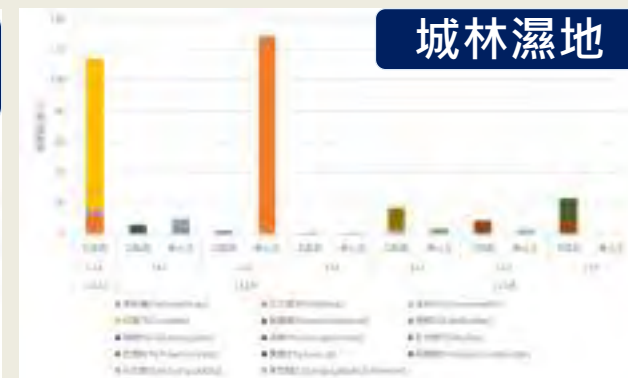
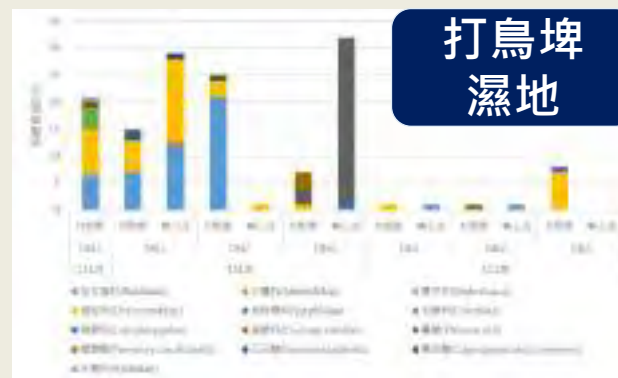
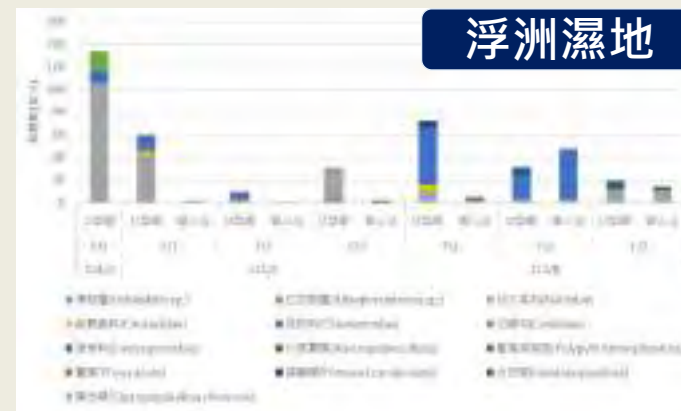
DN1及DN3之底內動物較為豐富；DN2則在底表有較多動物。

• 城林濕地

CL2有較多挺水植物，其豐富根系可能提供底質氧氣，使底內動物相對豐富（如仙女蟲科）；CL3底土呈現缺氧的黑色，底棲動物較為缺乏。

各濕地之不同埤塘間，可能因植被種類及覆蓋度差異，影響底棲動物群組成。

生態資源盤點-水棲昆蟲&底內動物



111/5 第3季生態補充調查

鳥類相對豐富，植物及水域多為外來種

人工濕地	植物資源	鳥類資源	水域生物資源
浮洲	- 特有種：水柳 - 樣區內重要值 (IV) 最高者：大萍 (30.29)，屬常見入侵植物	- 記錄隻次 (≥ 10)：黃頭鷺(54)、白頭翁(20)、中白鷺(15)、斯氏繡眼與八哥(13) - 特有亞種：金背鳩、黑枕藍鶯、白頭翁、紅嘴黑鸛、山紅頭、八哥 - 保育類：八哥 (II)	- 魚類：羅漢魚、鯽、孔雀花鱗 (外)、混種吳郭魚 (外)、絲鰭毛足鬥魚 (外) - 蝦蟹螺貝：日本沼蝦、福壽螺 (外)
打鳥埤	- 特有種：水柳、佛氏通泉草 - 樣區內重要值 (IV) 最高者：香蒲 (29.28)	- 記錄隻次 (≥ 10)：黃頭鷺(28) - 特有亞種：金背鳩、褐頭鷓鴣、白頭翁、山紅頭 - 保育類：本季未記錄	- 魚類：鯽、孔雀花鱗 (外)、混種吳郭魚 (外)、絲鰭毛足鬥魚 (外) - 蝦蟹螺貝：日本沼蝦、福壽螺 (外)
城林	- 特有種：水柳、山芙蓉 - 記錄到 NT 級以上的稀有植物水茄冬 (VU)，為人工栽植植株 - 樣區內重要值 (IV) 最高者：布袋蓮 (60.86)，屬常見入侵植物	- 記錄隻次 (10)：白頭翁(15)、夜鷺(13)、粉紅鸚嘴與斯氏繡眼(12) - 特有種與特有亞種：五色鳥、金背鳩、黑枕藍鶯、樹鵲、褐頭鷓鴣、白頭翁、紅嘴黑鸛、粉紅鸚嘴 - 保育類：本季未記錄	- 魚類：鯽、混種吳郭魚 (外)、絲鰭毛足鬥魚 (外) - 蝦蟹螺貝：日本沼蝦



111/5 第3季生態補充調查

三處人工濕地均發現強勢外來入侵物種

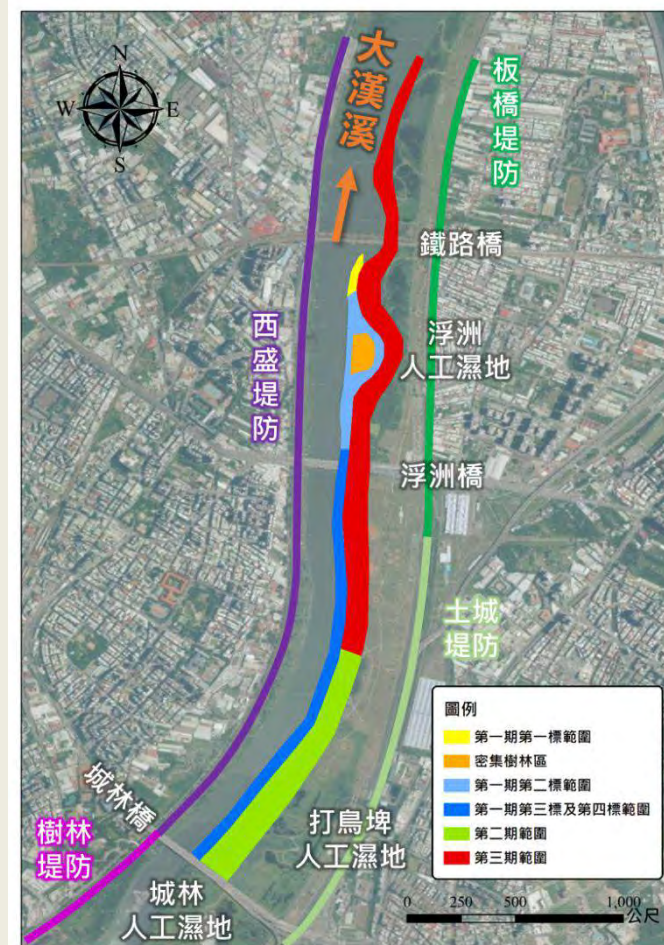
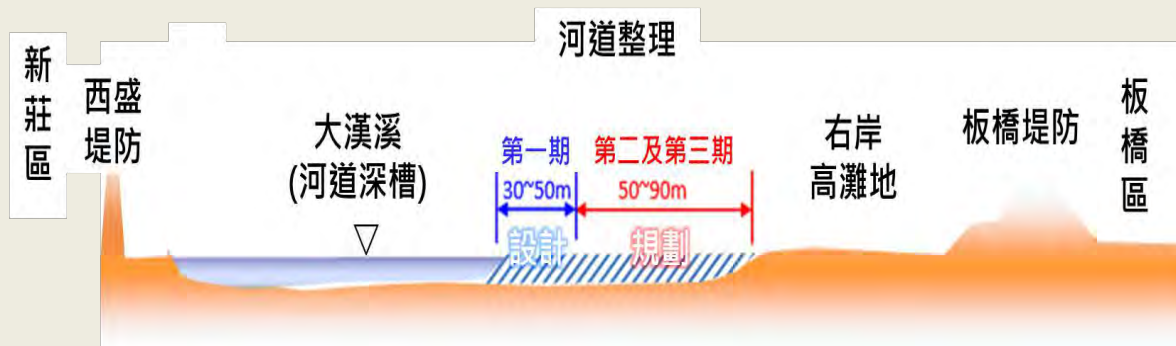
人工濕地	外來植物	外來鳥類	外來水域生物
浮洲	小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、布袋蓮、番仔藤、銀合歡、大萍及陰香	喜鵲、黑領棕鳥、白尾八哥	孔雀花鱗、混種吳郭魚、絲鰭毛足鬥魚、福壽螺
打鳥埤	小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、番仔藤、銀合歡、大萍	喜鵲、黑領棕鳥、家八哥	孔雀花鱗、混種吳郭魚、絲鰭毛足鬥魚、福壽螺
城林	小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、番仔藤、銀合歡、布袋蓮	野鴿、喜鵲、黑領棕鳥、家八哥、白尾八哥、黑頭文鳥（引進種）	混種吳郭魚、絲鰭毛足鬥魚



整體改善方案規劃

➤ 考量防洪安全、生態補償

- ✓ 依右岸現地高程蜿蜒方式設計疏濬堤肩線
- ✓ 於浮洲濕地保留密集樹林區作為樹棲鳥類停棲空間
- ✓ 維持既有人工溼地水域面積
- ✓ 疏濬後平均高程約為低潮位(-0.05m)，營造自然感潮淡水濕地
- ✓ 依地形特性營造潮溝、潮池



- 建議整體規劃方案推動，各人工濕地系統池區銜接方式。
- 運用水力停留時間評估疏濬後水質淨化能力可能差異。



疏濬前後濕地處理能力模擬

浮洲濕地

浮洲濕地系統A

浮洲濕地系統B

疏濬前



疏濬後



疏濬前



疏濬後



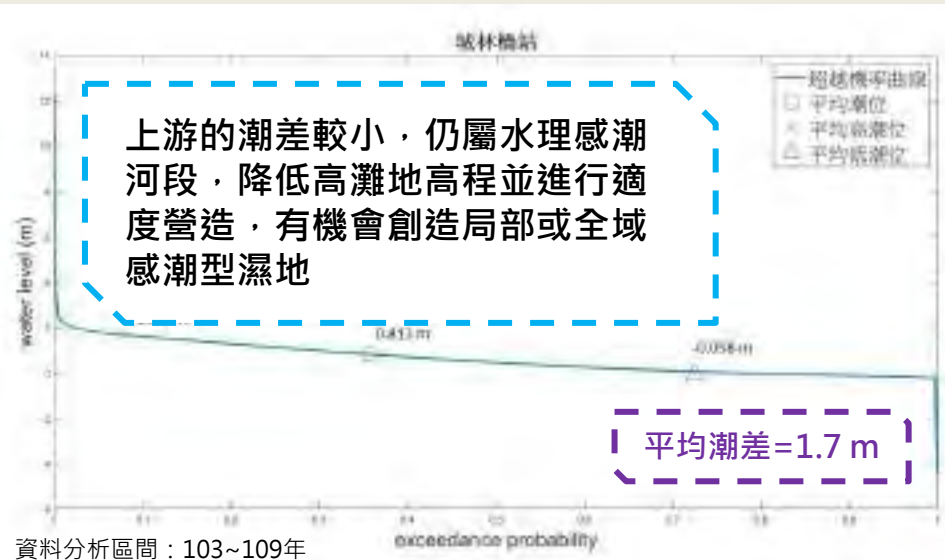
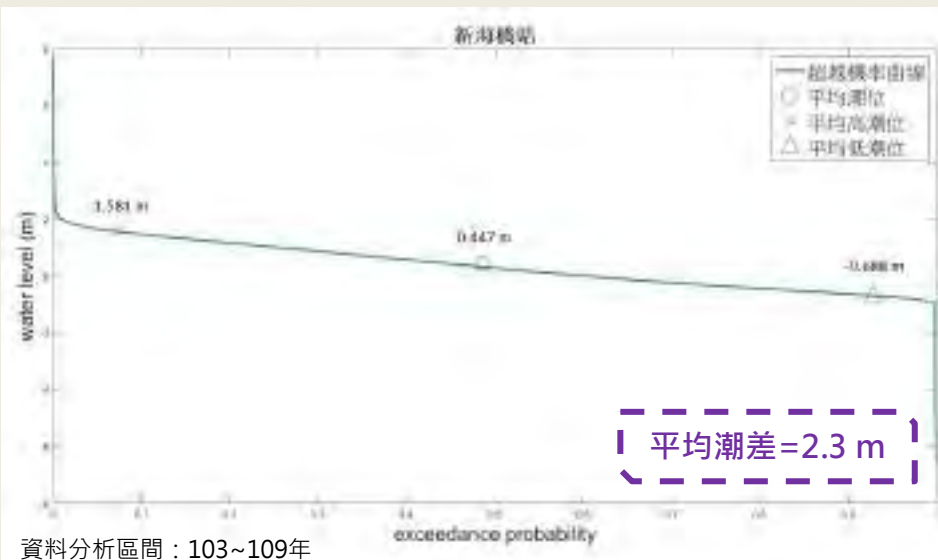
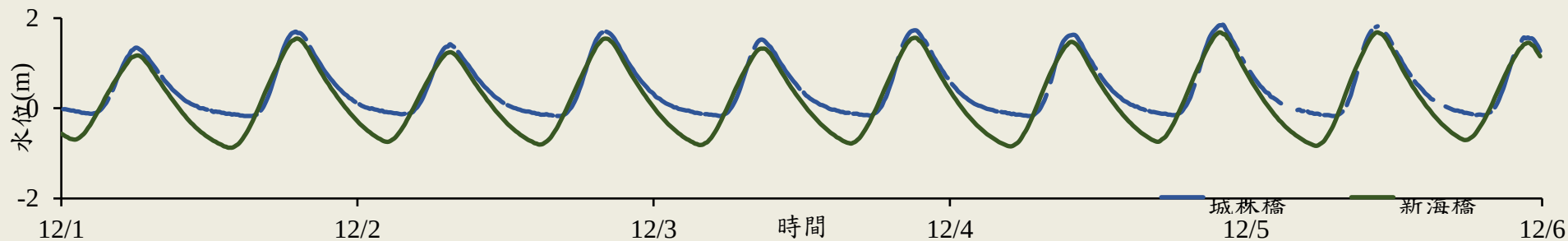
	打鳥埤濕地	浮洲濕地系統A	浮洲濕地系統B
疏濬前水體體積(m ³)	47,224	66,168	57,485
疏濬後水體體積(m ³)	43,911	53,042	48,007

	t_n (日)	t_m (日)	t_{10} (日)	t_{90} (日)	t_p (日)	e_v	λ	M_0
打鳥埤疏濬前	4.29	4.35	3.45	6.86	3.95	1.01	0.93	1.99
打鳥埤疏濬後	3.99	3.96	3.15	6.32	3.47	0.99	0.86	2.00
浮洲A疏濬前	3.53	2.58	1.78	4.21	2.42	0.73	0.50	2.37
浮洲A疏濬後	2.78	2.60	1.82	3.96	2.19	0.93	0.74	2.18
浮洲B疏濬前	4.79	3.96	2.84	7.31	3.12	0.83	0.54	2.57
浮洲B疏濬後	4.00	4.33	3.40	6.58	3.90	1.08	1.05	1.93



兩水位站皆有呈現
漲退潮的水位變化情形

潮位分析



上游的潮差較小，仍屬水理感潮河段，降低高灘地高程並進行適度營造，有機會創造局部或全域感潮型濕地

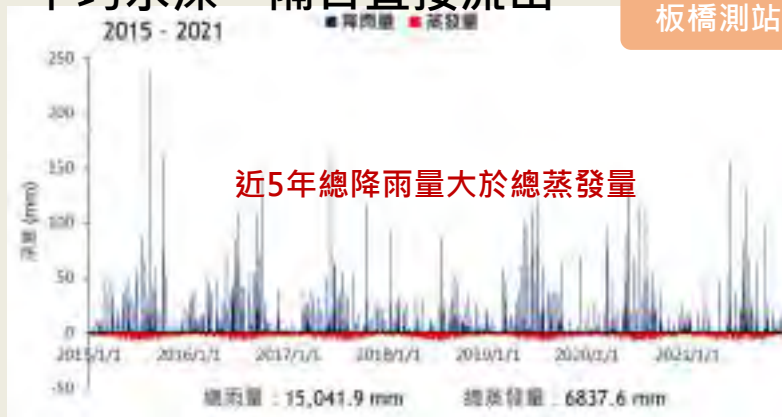


濕地水文收支模型建立

$$\Delta S = (\sum I - \sum O)$$

濕地水量變化 污水入流、降雨 污水出流、蒸發

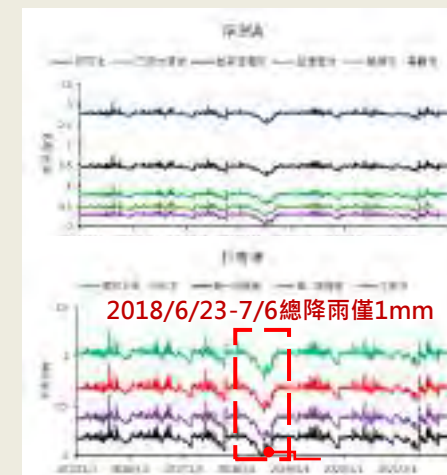
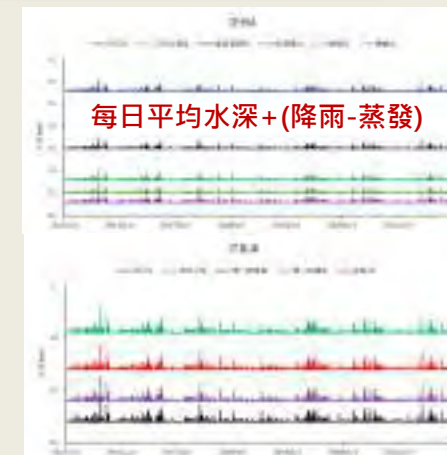
控制因子：當單元池水深高於設計平均水深，隔日直接流出



板橋測站

污水入流減少之濕地水量評估

- 情境一：污水每日皆以設計流量入流（平均水深）
 - 各單元池皆不會發生乾涸
 - 污水入流+降雨總量>蒸發支出項
- 情境二：完全無污水入流，平均水深作為初始水深
 - 長時間無降雨，在低水深單元可能出現乾涸
 - 其餘時間皆無發生乾涸
 - 調整初始水深避免濕地乾涸



出現14天乾涸

→ 推動轉型為「感潮淡水濕地」(tidal freshwater wetlands)





結論與建議

✓ 水力效率

✓ 水生植物

✓ 水生動物

✓ 生態系功能

✓ 濕地劣化及轉型

水深
☑

水深增加、水力效率降低

(Holland et al., 2004; Shih et al., 2013; Chang et al., 2016; Shih et al., 2017)

形狀與長寬比
☑

長寬比大於1.88能得到較好水力效率

(Su et al., 2009)

阻礙物
☑

挺水性、沉水性障礙物皆能得到較好的水力效率，其中又以挺水性的效果更佳

(Shih et al., 2016; Chang et al., 2016; Shih and Wang, 2021)

植生、動物
☑

植生密度對水力效率影響有其侷限、魚類等動物對局部水力效率及污染物消散有幫助

(Bodin and Persson, 2012; Jenkins and Greenway, 2005; Persson et al., 1999; Shih and Wang, 2021)

入出流配置
☑

均勻流—中點 > 中點—中點 > 角落—角落

(Su et al., 2009; Sabokrouhiyeh et al., 2017)



桃園原生水生植物介紹及辨識

環境部環境教育人員 全民綠生活種子講師

桃園市環境資源教育推廣學會 榮譽理事長

桃園陂塘故事館 創辦人

福爾摩沙昆蟲館 館長

王派鋒







挺水植物

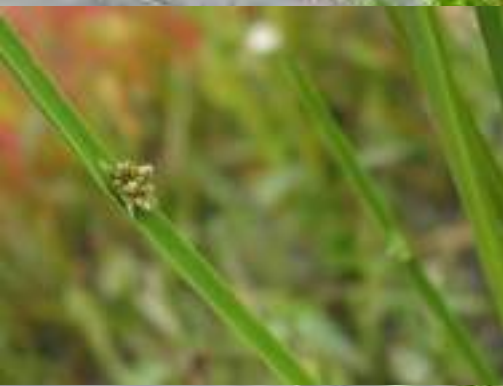
生長在水深半公尺到一公尺左右的淺水區中，根系固著在水中土壤，將其莖葉的一部分或大部分伸出水面，像是蘆葦、茭白、筍、蓮花...等。



香蒲



桃園蔺



原生稻



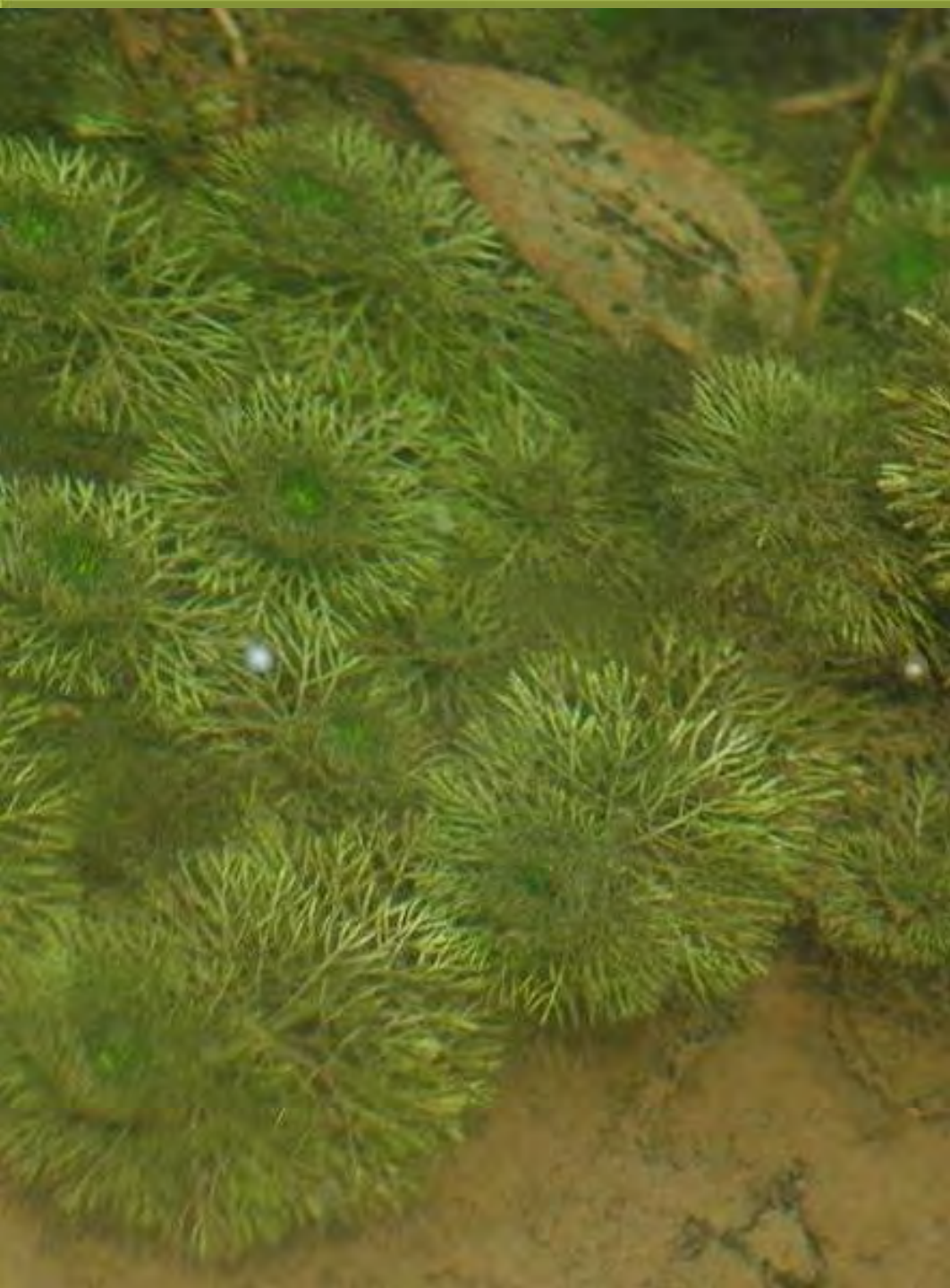
水丁香



水蕨



桃園石龍尾



水杉菜



烏蘇里聚藻



大葉穀精草



桃園草





浮葉植物

生長在淺水區，葉片浮在水面，形狀多為扁平狀，葉上表面有氣孔，根系或地下莖固著在泥土裡，這類型的葉柄會隨著水的深度而伸長，常見有田字草、小荇菜、睡蓮、菱...等。

台灣萍蓬草



小荇菜



龍潭苔菜



黃花荇菜



野菱



田字草





浮水(漂浮)植物

這類型植物根系並沒有固著於泥土中，而是沉於水中，植物體則漂浮於水面，某些還具有特化的氣囊以利於漂浮，例如布袋蓮、大萍、滿江紅、槐葉蘋等。

槐葉蘋



滿江紅





浮萍





沉水植物

這類植物植物體全部或大部分浸沒於水面下，根系固著在水下泥土裡或漂浮水中，像是金魚藻、水蘊草、眼子菜等。



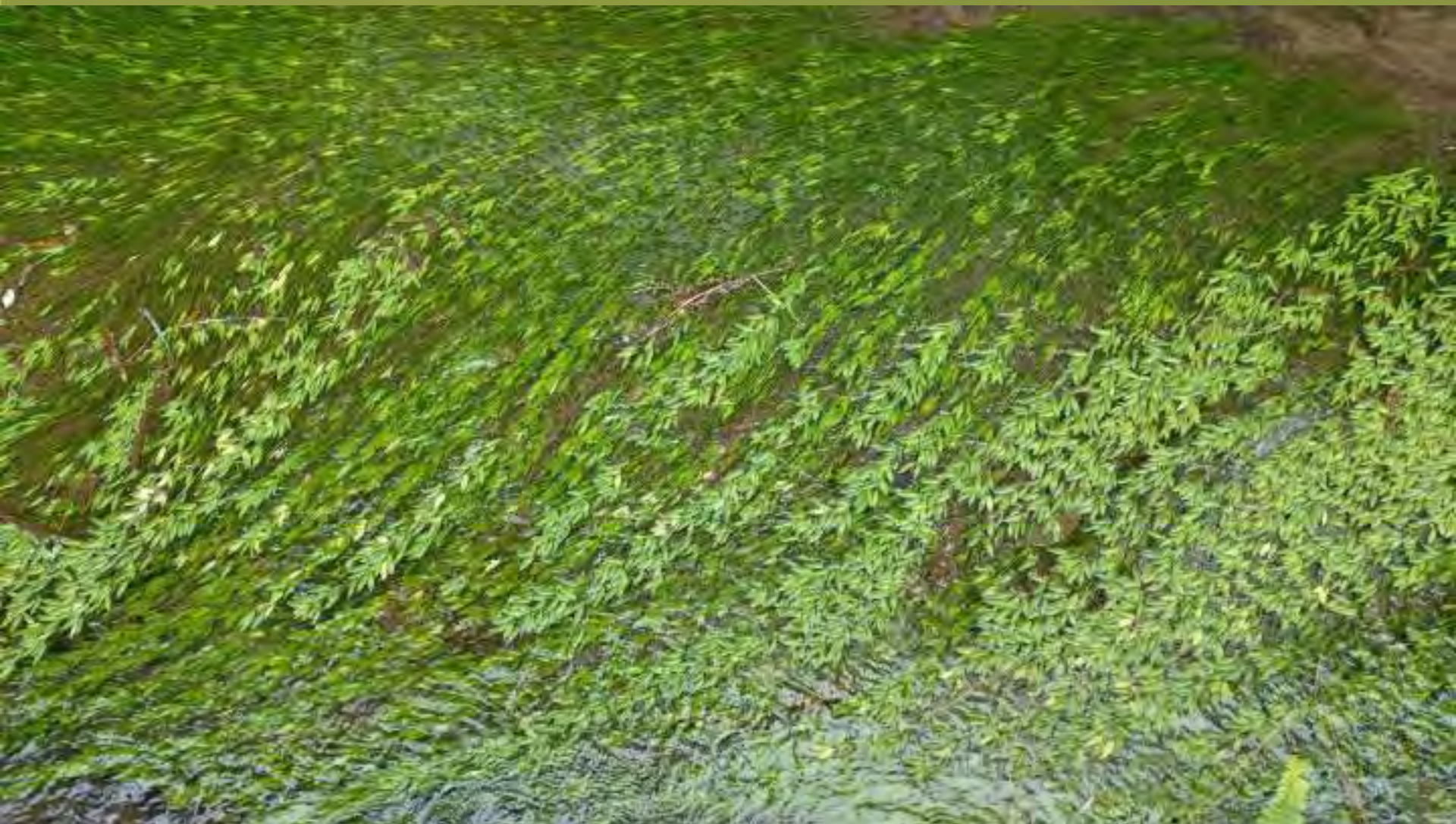
金魚藻



水王孫



眼子菜



苦草



絲葉狸藻





入侵植物

這類植物生長力驚人，常常大量繁殖佔據棲地，導致原生物種滅絕，像是布袋蓮、水芙蓉等。

布袋蓮



水芙蓉



人厭槐葉蘋



粉綠狐尾藻



銅錢草



水蘊草



A photograph of a pond filled with large, green lily pads. Several yellow flowers are in various stages of bloom, with some showing bright yellow petals and others as buds. The water is a deep blue, and the overall scene is peaceful and natural.

謝謝指教