

目錄

第一章 前言

- 1-1 計畫緣起 1
- 1-2 計畫目的研究方法流程與目標 3

第二章 資料蒐集

- 2-1 宜蘭園區簡介及流域分布情況 5
- 2-2 宜蘭園區氣象數據及地形地勢分析 8

第三章 研究與方法

- 3-1 水理模式介紹 13
- 3-2 莫拉克颱風(2009)降雨型態分析 20
- 3-3 鳳凰颱風(2025)降雨型態分析 23

第四章 結果與討論

- 4-1 宜蘭園區模式設定 26
- 4-2 宜蘭園區模擬結果探討 31

第五章 結論與建議

- 5-1 結論與建議 34

參考文獻

圖目錄

圖 1-1	鳳凰颱風(2025)造成蘇澳地區淹水新聞畫面	2
圖 1-2	鳳凰颱風(2025)路線行進圖	2
圖 2-1	宜蘭園區配置圖	6
圖 2-2	宜蘭園區河川水系分布圖	6
圖 2-3	宜蘭園區域排水示意圖	7
圖 2-4	蘭陽平原地形圖	10
圖 2-5	蘭陽平原地勢高程圖	10
圖 2-6	宜蘭科學園區周邊地下水井監測點位置圖	11
圖 2-7	宜蘭科學園區地下水流向圖	11
圖 2-8	宜蘭市河川水位警戒圖	13
圖 2-9	宜蘭市淹水雨量警戒圖	13
圖 3-1	水文模式系統架構圖	19
圖 3-2	水文模式水流路徑及水文歷程	19
圖 3-3	莫拉克颱風(2009)紅外線雲圖	21
圖 3-4	莫拉克颱風(2009)累計降雨圖	21
圖 3-5	莫拉克颱風(2009)災情	22
圖 3-6	鳳凰克颱風(2025)紅外線雲圖	24

圖 3-7 鳳凰克颱風(2025)累計降雨圖	24
圖 3-8 鳳凰克颱風(2025)災情	25
圖 4-1 宜蘭園區模式模擬設	28
圖 4-2 宜蘭園區周邊排水模擬測值	30

表目錄

表 1-1	宜蘭園區環境品質監測項目及測站位置	3
表 2-1	近 3 年各園區所轄縣市全年累積降雨量(mm)	8
表 2-2	114 年宜蘭園區地下水監測井水文及水質狀況	12
表 3-1	莫拉克颱風(2009)侵台期間各氣象站累計降雨(mm)	18
表 3-2	鳳凰颱風(2025)侵台期間各氣象站累計降雨(mm)	21
表 4-1	宜蘭園區周邊河川相關參數	24
表 4-2	氣象署宜蘭測站逐日降雨量(2024.11~2025.11)	25
表 4-3	鳳凰颱風及莫拉克颱風侵台期間降雨量(mm)	27
表 4-4	颱風侵台期間尖峰流量及流速	28
表 4-5	水土保持技術規範最大安全流速	28

第一章 前言

1-1 計畫緣起

2025年11月份鳳凰颱風伴隨東北季風共伴效應影響，造成局部大豪雨導致宜蘭縣多處地區淹水，淹水區域主要集中蘇澳市區及羅東部分地區，本次大淹水主要以蘇澳鎮中山路及蘇澳火車站一帶災情最為慘重，平均淹水高度達半層樓高，部分地勢低窪地區(中山路中油加油站、全聯福利中心)，水深更達一層樓高，此一受災畫面也喚起2010年梅姬颱風蘇澳地區淹水情況再現情景。

宜蘭科學園區地處蘭陽平原緊鄰東部太平洋，蘭陽平原平均海拔低於20m，因此，一旦遭遇連續數日降雨或局部豪大雨情況發生時，周邊區域排水往往有可能會有排水宣洩不及之情況發生，每當園區環保監督度小組召開時，常有里長或委員反映住家或園區周邊道路淹水或田間側溝淹沒周邊道面之情況，由於園區距離蘭陽溪僅0.5km，距離出海口約6km，區域排水易受到大潮影響，河水易有宣洩不易情況，本研究擬利用水文模式模擬降雨地表逕流對宜蘭園區周邊排水之影響，藉由本年度鳳凰颱風氣象站降雨觀測值之應用，觀察該雨量強度對宜蘭園區可能造成之影響，判斷宜蘭園區周邊排水對降雨強度之涵容能力，進而研擬未來可能應變之策略及對應方法。

除此之外，本研究亦蒐集2009年莫拉克颱風各地區氣象站雨量觀測值，據以帶入水文模式中模擬當極端氣候侵襲宜蘭園區時，園區周邊排水可否抵擋強降雨之侵害，雖然莫拉克颱風迄今已逾10多年，但此颱風累計降雨量為歷年罕見超大降雨量之颱風，據統計莫

拉克侵台6天阿里山測站累積雨量高達3,059mm，遠超過臺灣一整年之平均降雨量2,500mm，本颱風除造成重大人命及經濟上損失外，降雨量與河川流量亦打破台灣地區有史以來觀測值最大值，故可作為極端氣候下之代表，故本研究將探討極端氣候降雨型態對宜蘭科學園區所造成之影響，藉以擬定相應對策及改善建議。



圖1-1 鳳凰颱風(2025)造成蘇澳地區淹水新聞畫面

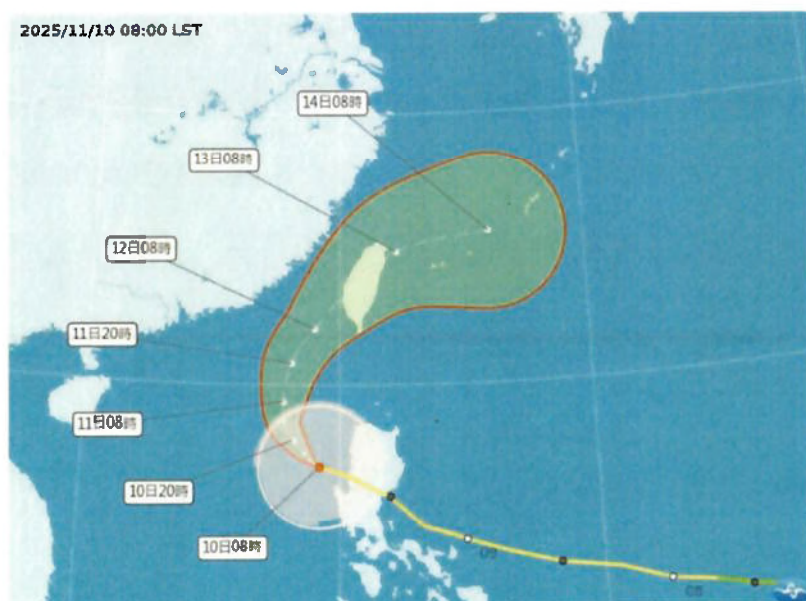


圖 1-2 鳳凰颱風(2025)路線行進圖 資料來源：中央氣象署

1-2 計畫目的研究方法流程與目標

新竹科學園區管理局多年來依據「新竹科學園區宜蘭園區宜蘭城南基地開發計畫環境影響說明書」進行施工兼營運階段環境品質監測，以明瞭園區開發對宜蘭地區周邊環境所造成之影響(表1-1)，經多年環境及生態調查結果顯示，宜蘭園區開發對周遭環境影響輕微，觀察生態調查數據甚至顯示園區開發後生態物種及族群有逐年增加之趨勢，由此顯示園區開發對周遭環境影響輕微，屬低密度開發之科學園區。

考量近年來氣候變遷造成極端氣候有逐漸上升之趨勢，本研究蒐集宜蘭科學園區周邊區域排水相關資料，藉由日常環境監測調查數據，整理出園區四周區域排水分布路線及河川相關數據資料進行暴雨涵容能力推估，藉由美國環保署認可之WARMF(Watershed Analysis Risk Management Framework)模式之水文模組進行降雨量對地表逕流之推估，由模式模擬推算暴雨期間尖峰流量及河道負荷，模式初始設置以中央氣象署宜蘭測站雨量資料進行建置，並帶入各種情境降雨量，觀察流量變化對園區周邊水系之影響，模擬結果並與行政院農業委員會「水土保持技術規範」之最大安全流速進行比較，用以評估降雨期間暴增水量對宜蘭園區周邊河床危害潛勢，本研究流程如下；

1. 蒐集宜蘭園區氣象監測數據及區域高程。
2. 鄰近水系分布及地形地勢介紹。
3. 水文模式模擬及案例分析。
4. 建議與改善對策。

表1-1 宜蘭園區環境品質監測項目及測站位置

監測項目	測站地點	監測頻率
空氣品質	宜蘭運動公園、南橋里(三福廟)及縣政特區聚落等 3 個測站	每季1次
噪音震動	凱旋路聚落、四闌一聚落、縣政特區聚落及中山路 一段等4個測站	每季1次
營建工地噪音振動	位於工區周界或最近敏感受體外牆1公尺處，測站位置隨工區位置而改變	每月1次
放流水質	滯洪沉砂池(工區放流口)及污水廠放流口	每季1次
地面水質	機場中排、建業中排、珍珠中排上游、珍珠中排下游、美福排水(凱旋橋)及美福排水下游	每季1次
地下水質	MW-01、MW-02、MW-03、MW-04及MW-05	每季1次
交通流量	台9省道(中山路一段)、196縣道(上將路一段)、宜24鄉道(中興路)、宜14鄉道(黎明路)、中山路一段(園區北側)及特一號道路(環市東路)	每季1次
陸域生態	基地及其周圍外推1公里	每季1次
水域生態	建業中排、珍珠中排下游、美福排水(凱旋橋)及美福排水下游	每季1次
土壤採樣	將園區依面積分為5分區後，以抓樣為進行採樣	每2年1次
河川底泥	建業中排、珍珠中排下游、美福排水(凱旋橋)及美福排水下游	每年1次

第二章 資料蒐集

2-1 宜蘭園區簡介及流域分布情況

宜蘭科學園區原係屬知識服務型態之園區，主要以通訊知識服務、數位創意及研發等產業為導向，重辦環評後更開放生物科技產業、精密機械產業、通訊產業、光電元件材料系統產業(排除發光二極體晶粒製造業、發光二極體磊晶片製造業、電晶體製造業)及綠能產業(排除太陽能電池製造業、太陽能矽晶片製造業)等相關廠商進駐量產，以期帶動宜蘭地區與東部地區之產業升級，創造就業機會達成亞太知識服務產業交流中心之願景。宜蘭科學園區位於宜蘭運動公園與縣政中心之間，基地東側凱旋路可連接運動公園及縣政中心，園區外西南方為國立宜蘭大學城南校區，截至114年11月底共計38家廠商進駐該園區。另有數家廠商正在進行廠房興建(圖2-1)。

園區周邊區域排水部分，南側有機場中排銜接建業中排，北側有珍珠中排環繞園區北、南及東側三面，其中建業中排與珍珠中排於園區東北角匯流銜接進入美福排水，竹科管理局定期於該其道進行水文及水質採樣以了解園區開發對周邊環境水體造成之影響(圖2-2及圖2-3)，由於園區設有獨立滯洪池與污水處理廠，故區內降雨地表逕流及道路側溝污水會先流入滯洪池後再漫流進入建業中排排放，廠商生活及製程廢(污)水則由污水管線收集至園區東側污水處理廠處理後再排放至建業中排放流，現階段由於廠商尚未完全進駐，故污水處理廠放流水現階段採取批次排放以妥善處理園區廠商廢(污)水，未對水體造成污染負荷。



圖2-3 宜蘭園區域排水示意圖

2-2 宜蘭園區氣象數據及地形地勢分析

宜蘭園區地處蘭陽平原地帶該區域屬於副熱帶季風氣候，全年高溫潮濕，夏季多炎熱、悶熱及多雲（7月平均溫度28度）易受到颱風或外圍環流之侵擾；冬季大多涼爽、多風及多雲（1月平均溫度15.7度）由於東側緊臨太平洋受東北季風影響，導致秋冬季節帶來大量水氣，因此全年氣溫介於14至32度之間，相當潮濕沒有明顯的乾季，統計宜蘭氣象站測站資料其中以6月份降雨日數最多，3月份則是全年降雨日數相對較少之月份截至2025年11月底止宜蘭地區累計雨量已高達2,112.5mm，相較其他科學園區所在縣市，宜蘭市雨量略有偏高之趨勢(表2-1)，2025年全年最大累計降雨量出現於11月為551.0mm；最小累計降雨量出現於8月為21.5mm(表4-2)。

表2-1 近3年各園區所轄縣市全年累積降雨量(mm)

所屬園區	所轄縣市	112年	113年	114年11月底
新竹科學園區	新竹縣(市)	1,249.0	1,145.0	1,691.5
竹南科學園區	苗栗縣	1,515.0	1,272.5	1,573.5
龍潭科學園區	桃園市	1,202.5	1,545.5	1,862.0
宜蘭科學園區	宜蘭縣	1,773.5	2,451.0	2,112.5

資料來源：中央氣象署

宜蘭科學園區坐落於蘭陽平原，平原主要組成是以蘭陽溪沖刷沉積帶來之砂石堆積而成，根據中央地質調查所資料顯示蘭陽溪由於河川清澈乾淨，故其水中輸砂含量與台灣地區其他流域河流相比較少，故蘭陽溪於全台河川劃分可以歸類為清水河川，在河川含沙量有限之情況下伴隨平日河川基本流量並不高的情況下，預估蘭陽溪每年流出泥沙量不超過 150 萬立方公尺，下游累積沉積量約僅數億噸，除此之外蘭陽平原以平原中央部分含有部分雪山山脈岩脈延伸，構成沖積層最厚實之部分，故由上述現象顯示蘭陽平原並非單純由蘭陽溪的沖積構成，其組成尚包含有雪山山脈崩坍岩石堆積組成，也由於河川輸砂量不高，因此導致蘭陽平原大部分地區僅略高於平面數公尺(圖 2-5)。

竹科管理局於宜蘭園區設有 5 處地下水監測井每季定期監測地下水水位與水質變化，同時宜蘭縣政府亦於宜蘭高商、員山國小、七賢國小及竹林國小長年觀測地下水水位變化情況(圖 2-6)，故長年觀測結果顯示宜蘭園區地下水流向是由西南方流向東北方(圖 2-7)，觀察 114 年園區環境監測數據顯示地下水水位介於 0.492m 至 2.474m(T.O.C.：Top of Casing)；地下水水平面海拔 2.711 至 6.657 公尺(M.S.L.：Mean Sea Level)(表 2-2)，相較於其他科學園區宜蘭科學園區是所有科學園區當中，地勢相對低窪之科學園區，地面僅高於海平面約 5 公尺，也是所有科學園區中地下水位相對較淺之科學園區僅需地面下 40 公分即可採集到地下水，此現象代表地下水資源豐富有利於稻作與植物發展，但地下水位過淺亦代表土壤吸附降雨初期地表逕流效果不佳，主要因為土壤含水量平時已趨近飽和，當入滲狀況不佳時淹水狀況即容易發生。

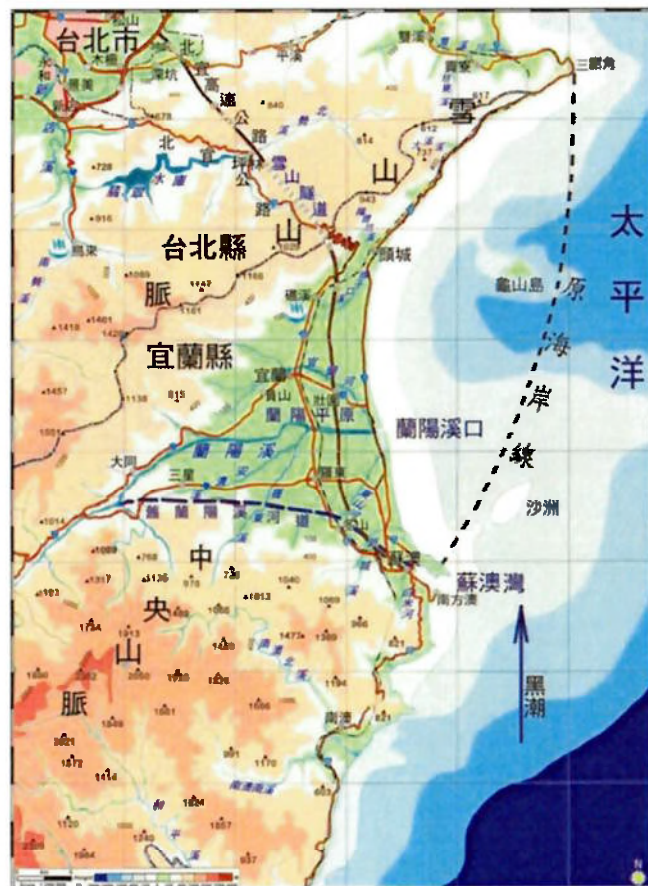


圖 2-4 蘭陽平原地形圖 資料來源：中央地質調查所

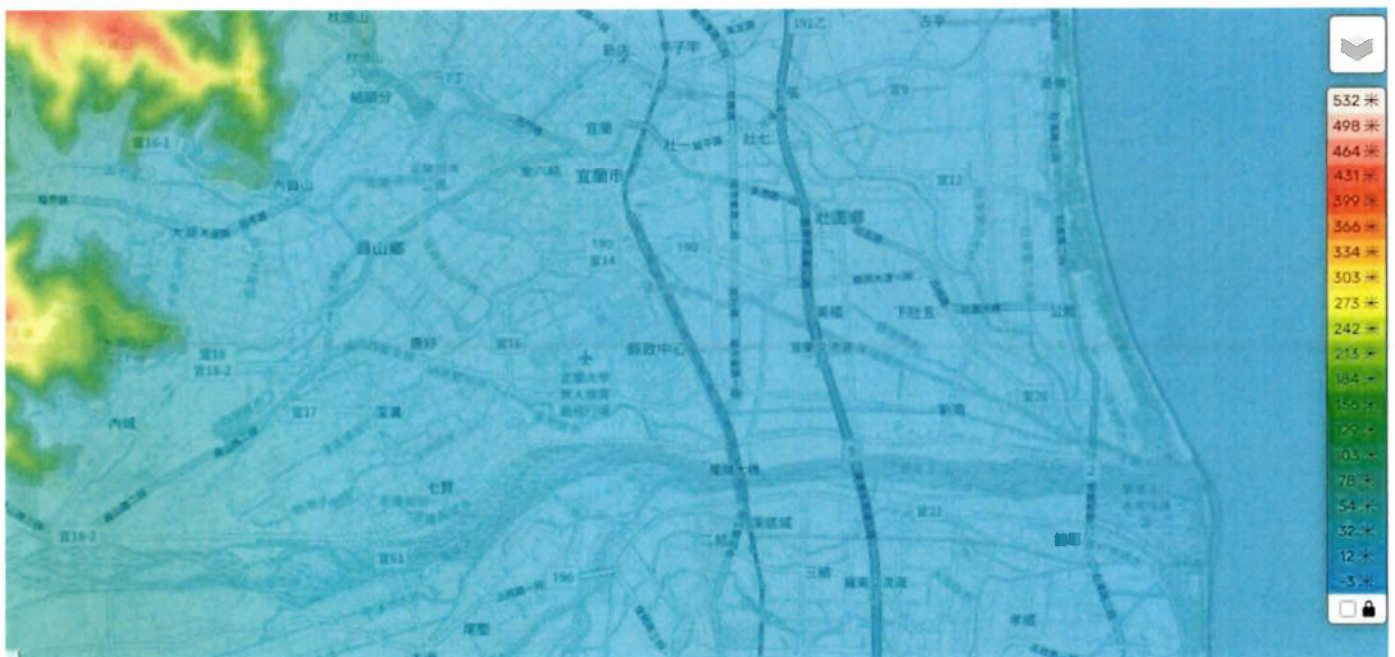


圖 2-5 蘭陽平原地勢高程圖



圖 2-6 宜蘭科學園區周邊地下水井監測點位置圖

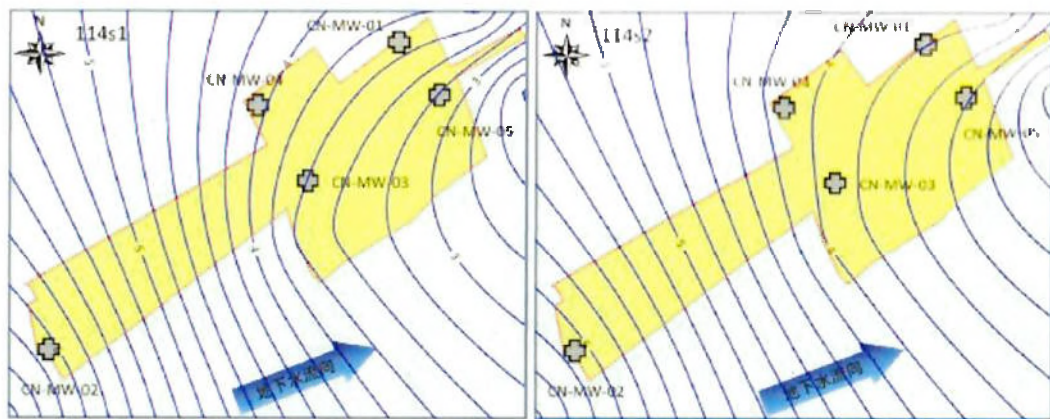


圖 2-7 宜蘭科學園區地下水流向圖

表 2-2 114 年宜蘭園區地下水監測井水文及水質狀況

測站	水位 TOC	水位 MSL	地面高程	pH	水溫	導電度	TOC
單位	m	m	m	-	°C	μ mho/cm	mg/L
MW-01	1.024	3.907	4.931	7.0	23.7	483	244
MW-02	0.492	6.657	7.149	7.0	23.0	528	256
MW-03	2.018	3.939	5.957	6.9	25.4	581	274
MW-04	1.547	4.140	5.687	7.2	23.6	362	188
MW-05	2.474	2.711	5.185	7.0	25.4	444	372

宜蘭科學園區位於宜蘭市南方建業里及南橋里之間距離蘭陽溪最近距離僅約 0.5Km，易受到蘭陽溪水位變化影響，根據宜蘭市防災資訊網規劃蘭陽溪三級水位警戒水位為 6.8m、二級水位警戒值為 8.2m、一級水位警戒值為 8.9m，由於宜蘭園區地面高程為 4.931m 至 7.149m，故一旦蘭陽溪達警戒水位時，如有溢過堤防河水亦有可能由堤防缺口或區域排水倒灌影響園區(圖 2-8)。

此外宜蘭縣防災資訊網亦針對降雨警戒值劃分，當 24 小時雨量累積達 200mm 時為 2 級警戒；24 小時累積雨量達 250mm 時為一級警戒，由於園區所在建業里常受到淹水影響，故該里亦被劃設為受淹水影響之村里(圖 2-9)。



圖 2-8 宜蘭市河川水位警戒圖

資料來源：宜蘭市防災資訊網



圖 2-9 宜蘭市淹水雨量警戒圖

資料來源：宜蘭市防災資訊網

第三章 研究方法

3-1 水理模式介紹

本研究利用 WARMF(Watershed Analysis Risk Management Framework)模式進行宜蘭園區水文模式模擬之建置，WARMF 為美國環境部所認可模式，主要用以提供水庫與集水區及河川治理之規劃之輔助工具，模式主要包含：資料庫單元、數學模式庫單元及知識庫單元，並以圖形使用者操作介面（GraphicalUser Interface, GUI）結合此三個單元，提供決策所需資訊，協助決策者做成最佳的決定，其架構如圖 3-1 所示。圖形使用者操作介面最大特點在於使用者可以便利的輸入模式所需之資料，並且能同時執行模擬及查看模擬的結果。資料庫單元包含所收集之氣象、水文資料及數學模式所需之相關資料，經由電腦匯集整理建檔後，可作為統計分析及供數學模式之運用。數學模式庫單元包含模擬陸地、河川及水庫之水文模式，其中以整合的模式為主；以監測資料率定、驗證模式後，可用來分析管理措施之成效及評估管理方案；知識庫單元將提供與管理者問題相關之法規、計畫和案例分析等資訊，以便決策者選擇最佳的管理策略。

在模式模擬流程上，WARMF 模式將水庫和集水區當作一個系統，依照水文因數傳遞的路徑，以動態模擬自然和人為的水文過程與化學過程，如圖 3-2 所示。水文過程包括植被的截流、穿落與蒸散，雪的堆積、昇華和融解，地表的逕流與滲透，土壤層的濾透與側流、河川的流量水深及水庫水位等。化學過程包括植被的分泌與淋洗、雪中化學因素的累積和流失、地表落葉的分解、土壤中有機物的分解、硝化作用、岩石風化作用、陽離子交換、陰離子吸附、

營養鹽循環及河川和水庫各種水質因數的交互作用和化學平衡反應等。模式計算順序，是依據質量守恆的原理下，依循水流傳輸路徑，由上游集水區往下游依序演算。首先計算陸地區間水量，其次計算河段水量。水量數學運算式可分為三大部分：A.大氣與植物單元、B.土壤單元與 C.河川單元：

A.大氣與植物單元：

降水可以是雨、雪、霜、霧或其混合形式，模式依照背景氣溫計算降水中雨和雪的成分。每日氣溫的最高值比雪行程的溫度(輸入值)還低時，降落的水假設是雪。如果每日氣溫的最低值高於雪形成的溫度時外，降落的水假設為雨。此條件的數學形式為：

$$P_t = P_w \frac{T_{max} - T_s}{T_{max} - T_{min}} \quad (3-1)$$

$$P_s = P_w - P_t \quad (3-2)$$

式中， P_w ：降水率(cm/day) P_t ：降雨率(cm/day)

T_{max} ：每日最高溫(°C) T_{min} ：每日最低溫(°C)

T_s ：雪形成的溫度(°C)

植被的截留潛量，植被的截留潛量與其覆蓋的面積成正比：

$$I_s = \frac{L_{mon}}{L_{max}} D_{max} \quad (3-3)$$

式中， I_s ：植被某月份的截留潛量(cm)

L_{mon} ：植被某月份的葉覆面積指數(leaf area index)

L_{max} ：一年當中最大的葉覆面積指數

$D_{\max}$ ：最大葉覆面積指數的月份截留潛量相當水深(cm)

如果降水量大於截留潛量，超出的水成為穿落水。降雪假設不被植被截留。其蒸散潛量，植被的蒸散潛量計算如下：

$$E_p = \frac{F_m}{m} T_a E_c C_h \quad (3-4)$$

式中， E_p ：每日的蒸發潛量(mm/day)

F_m ：某月份的蒸散係數(mm/°F-month)

m ：該月的日數

T_a ：每日平均氣溫(°F)

C_h ：溼度校正係數

E_h ：考慮地區性的氣象特性如高度、風場等校正係數。

降雨時植被所能截留的水量為：

$$I_a = I_s - I_t \quad \text{當 } R_a > I_a \quad (3-5)$$

式中， I_a ：植被尚能截留的水量(cm)

P_R ：降雨量(cm)

如果降水量小於植物尚能截留水量，所有經過植物的降水將被植物所截留。如果降水量大於植物尚能截留的水量，則經過植物的水一部分被植物截留，一部分成為穿落水 P_T (cm)：

$$P_T = P_R - I_a \quad (3-6)$$

植被的蒸散潛量一部分由其截留的水量供應，一部分由其根部自土壤中攝取水分來供應。

B. 土壤單元

土壤的水力過程主要將土壤大致分若干層，每層有其水力特性，本模式所考慮的水力特性有水力傳導度、田野水容量、土壤含水量及飽和含水量等。土壤的水力過程與某一層次的水量平衡。當水進入某一層次時，先潤濕該層土壤以滿足其田野水容量，有部分的水消耗於蒸散作用。超過田野水容量的水會向下層滲透(percolation)或側向流動。基於質量守恆的原理，每一層土壤的水量平衡為：

$$A_j Z_j \frac{\partial \theta_j}{\partial t} = A_{j-1} P_{j-1} - A_j (E_{Rj} - P_j) - L_j \quad (3-7)$$

式中， A_j ：第 j 層的面積(cm^2)

Z_j ：第 j 層的厚度(cm)

θ_j ：第 j 層的土壤含水量

A_{j-1} ： $j-1$ 層的面積(cm^2)

P_{j-1} ：由第 $j-1$ (上層)滲透入的滲透率(cm/sec)

P_j ：由第 j 層滲透到第 $j+1$ 層(下層)的滲透率

L_j ：第 j 層側向流出的側流率(cm^3/sec)

E_{pj} ：第 j 層的蒸散率(cm/sec)

假設土壤的含水量低於其田野水容量時滲透率為零，滲透率隨著土壤的含水量而增加，到達飽和時滲透率等於飽和水力傳導度，故：

$$P_j = K_j \frac{\theta_j - \theta_{fj}}{\theta_{sj} - \theta_{fj}} \quad (3-8)$$

式中， K_j ：第 j 層的飽和水力傳導度(cm/sec)

θ_{fj} ：第 j 層的田野水容量

θ_{sj} ：第 j 層的飽和含水量

側流的計算公式為：

$$L_j = K_j W_j S_j Z_j \quad (3-9)$$

式中， L_j ：側流量(cm^3/sec)

K_j ：第 j 層的飽和水力傳導度(cm/sec)

W_j ：第 j 層的土壤寬度(cm)

S_j ：第 j 層土壤的水力坡度

Z_j ：第 j 層土壤的厚度(cm)

C. 河川單元

本模式將河川依地理特性分為一系列的河段，每一河段給定長度及水深與寬度的關係。基於質量守恆的原理，每一河段蓄水量的時間變化等於入流量減去出流量，以數學公式表示為：

$$\frac{dS_r}{dt} = \frac{d(D_r A_r)}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (3-10)$$

式中， S_r ：河段的蓄水量(m^3)

D_r ：河段的水深(m)

A_r ：河段的截面積(m^2)

Q_{in} ：河段的入流量(m^3/sec)

Q_{out} ：河段的出流量(m^3/sec)

河段的入流量除了上游河段的出流量外，還包括點源和非點

源的入流量。點源(如廢水排放)的入流量為輸入的資料，非點源的入流量為模式在土壤單元中計算的側流量和地表逕流。最上游河段(河川的發源處)的入流量為其關連的陸地區間計算的出流量。降水直接落於河面上的水量比之於其他的入流量很小，在此略而不計。類似的，河面蒸發的水量也略而不計。

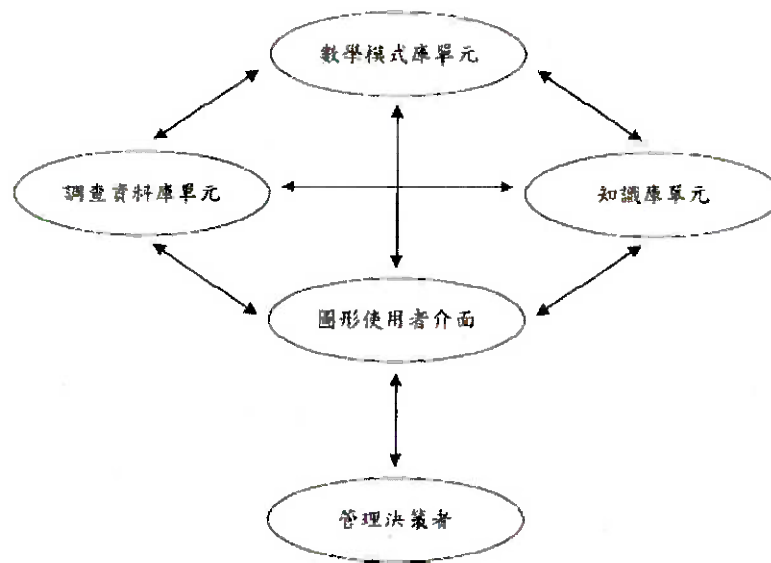


圖 3-1 水文模式系統架構圖

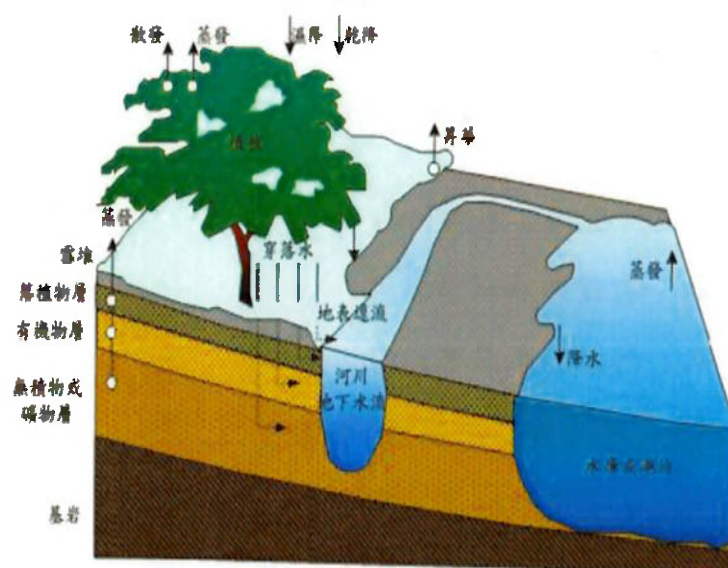


圖 3-2 水文模式水流路徑及水文歷程

3-2 莫拉克颱風(2009)降雨型態分析

中度颱風莫拉克(Morakot)颱風形成於 2009 年，自 8 月 5 日開始影響臺灣，本颱風打破歷年氣象數據及水文資料歷史紀錄，短時間累積雨量超過臺灣整年平均降雨量 2,500mm，如此巨大降雨量導致嚴重災情，其中又以中南部及台東地區受災最為嚴重。

莫拉克颱風帶來主要災害有淹水、土石流、山坡滑落崩塌、橋梁斷裂、堤防損毀、交通中斷及農業損失等。依災後重建推動委員會統計，風災造成 677 人死亡，重傷 4 人，農業損失及設施毀損共計 194.1 億元。

盤點重大災情包含：(1)小林村大規模崩塌造成 491 名村民不幸罹難；(2)那瑪夏鄉民族村 80 戶民宅遭沖毀；(3)那瑪夏鄉民權村破壞 20 餘棟民宅及三民國中；(4)六龜鄉上新開彩虹寺爆發土石流；(5)六龜鄉下新開地區居民遭山洪沖失及土石掩埋。此外，曾文溪、東港溪、林邊溪與太麻里溪亦有淹水災情，總淹水面積約 765 平方公里。橋樑受損 97 座橋(圖 3-5)。

環境部於 2009 年執行「高屏溪流域水污染源航照判識及評析計畫」中針對此受災最嚴重之高屏溪流域進行災後崩塌地判識，判識結果發現，旗山溪流域崩塌地增加比例 198.97%、荖濃溪流域崩塌增加比例 288.26%、隘寮溪流增加比例 292.55%。

統計莫拉克風災南部地區觀測雨量發現，降雨最大地區均位於山區，其中阿里山及玉山測站降雨為全台測站之最，6 天平均降雨量分別為 3,059.5mm 及 2,160.4mm(表 3-1)，故本颱風降雨數據將於後續模式模擬中，研擬該降雨對宜蘭園區所造成之影響。

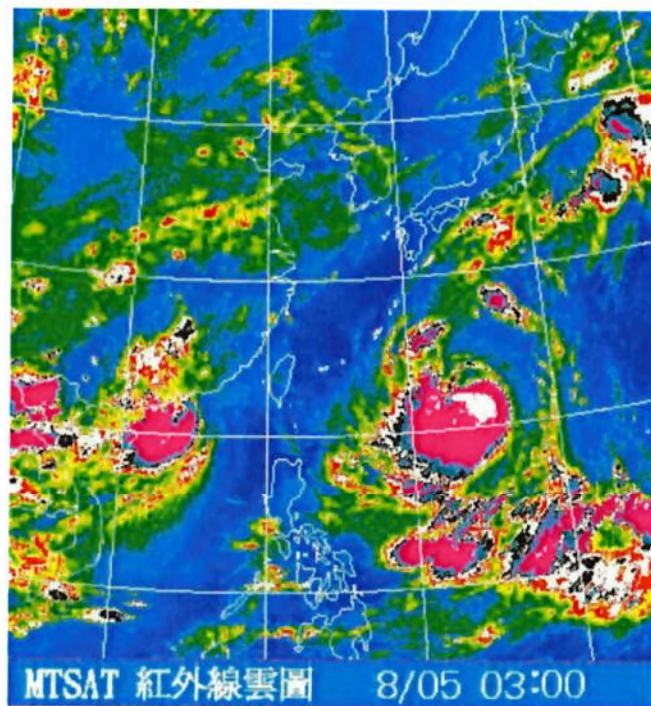


圖 3-3 莫拉克颱風(2009)紅外線雲圖 資料來源：中央氣象署

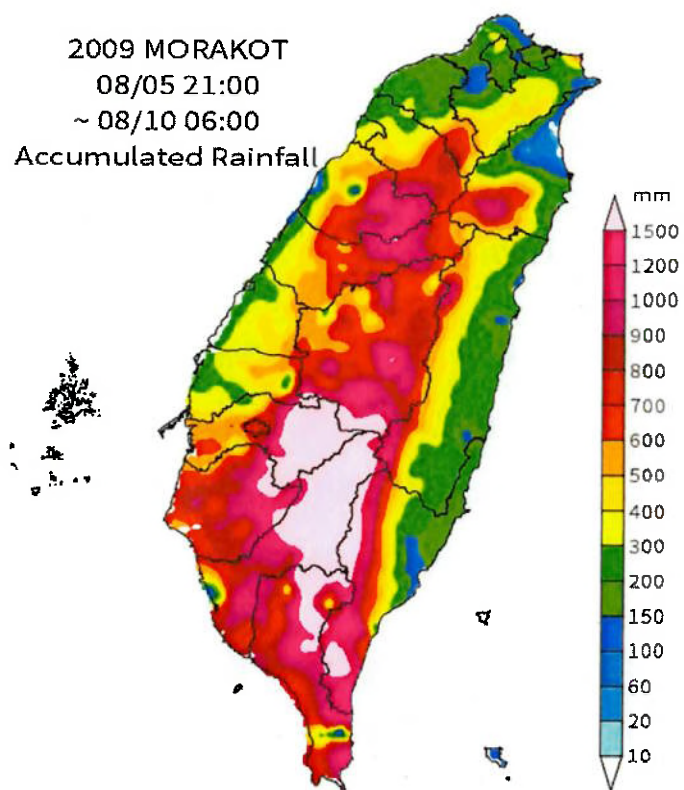


圖 3-4 莫拉克颱風(2009)累計降雨圖 資料來源：中央氣象署



圖 3-5 莫拉克颱風(2009)災情

表 3-1 莫拉克颱風(2009)侵台期間各氣象站累計降雨(mm)

測站名稱	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9	8/10	累計雨量
大武	1.3	-	122.1	808.5	260.5	0.2	1,189.6
台南	4.5	11.0	101.5	523.5	100.5	12.0	753.0
玉山	22.8	44.6	506.7	697.2	709.2	179.9	2,160.4
阿里山	55.0	39.5	420.0	1,161.5	1,165.5	218.0	3,059.5
高雄	7.0	6.0	216.5	507.0	52.0	60.0	848.5

3-3 鳳凰颱風(2025)降雨型態分析

2025 年鳳凰颱風侵台氣象署於 11 月 10 日發佈海上颱風警報，受鳳凰颱風外圍環流及東北季風影響，導致光復鄉馬太鞍溪水暴漲從左岸無堤防處沖入萬榮鄉明利村，大水經過 2 天仍無退去的跡象。由於居民已提前撤離，並未造成傷亡。

至 11 日晚上宜蘭縣蘇澳鎮觀測到 3 小時累積雨量已達 334.0mm 為全台灣觀測紀錄 3 小時累積雨量並列排名第 21 的歷史觀測紀錄，連續劇烈豪雨導致宜蘭縣羅東鎮、蘇澳鎮及冬山鄉等地區嚴重淹水，其中蘇澳車站水淹超過半層樓高；而在其他低窪地區，水淹最深達一層樓高，因而導致泡電力設施發生爆炸，造成區域停電。

根據中央災害應變中心統計，此次颱風已造成全台 88 人受傷，並導致 121 件積淹水事件，主要集中在宜蘭縣蘇澳鎮、五結鄉、冬山鄉、壯圍鄉，以及花蓮縣萬榮鄉明利村並成 8,809 戶停水、19,759 戶停電、農業產物及民間設施估計約損失 1 億 2363 萬。

經統計自 11 月 9 日起至 11 月 14 日止，氣象署蘇澳測站 6 天累計雨量高達 808.5mm(表 3-2)，其中又以 11 月 11 日當天及降下 645.5mm 雨量，瞬間強降雨導致蘇澳地區河川積水宣洩不及，因而造成局部地區大淹水，淹水範圍詳圖 3-8，故此處強降雨數據將於後續帶入宜蘭園區模擬以評估園區周遭區域排水可否承受極端水量之衝擊。

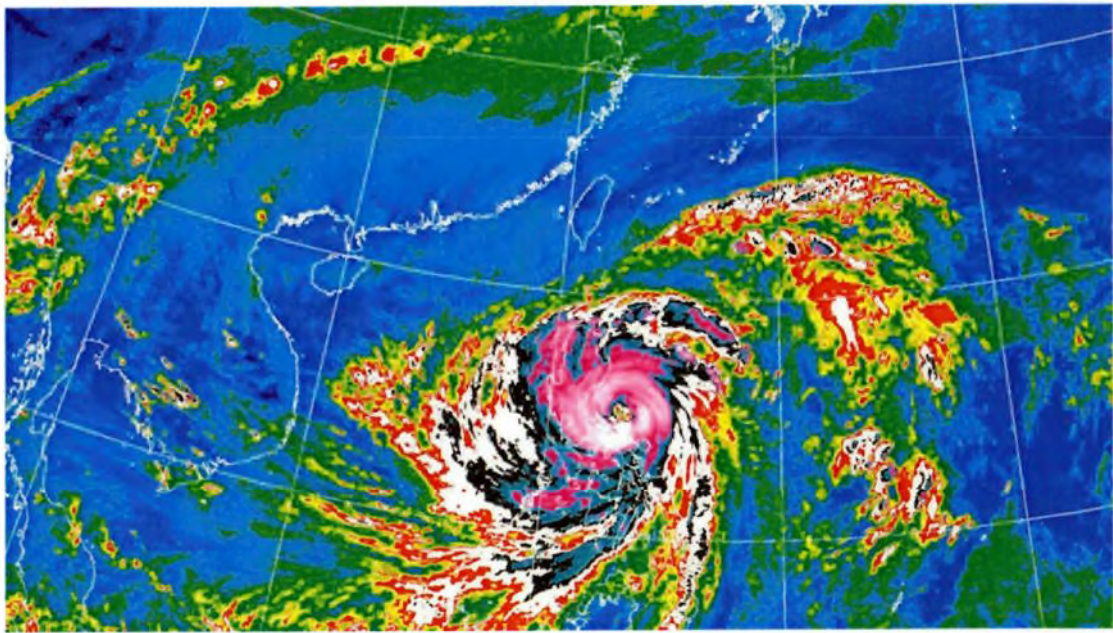


圖 3-6 鳳凰克颱風(2025)紅外線雲圖 資料來源：中央氣象署

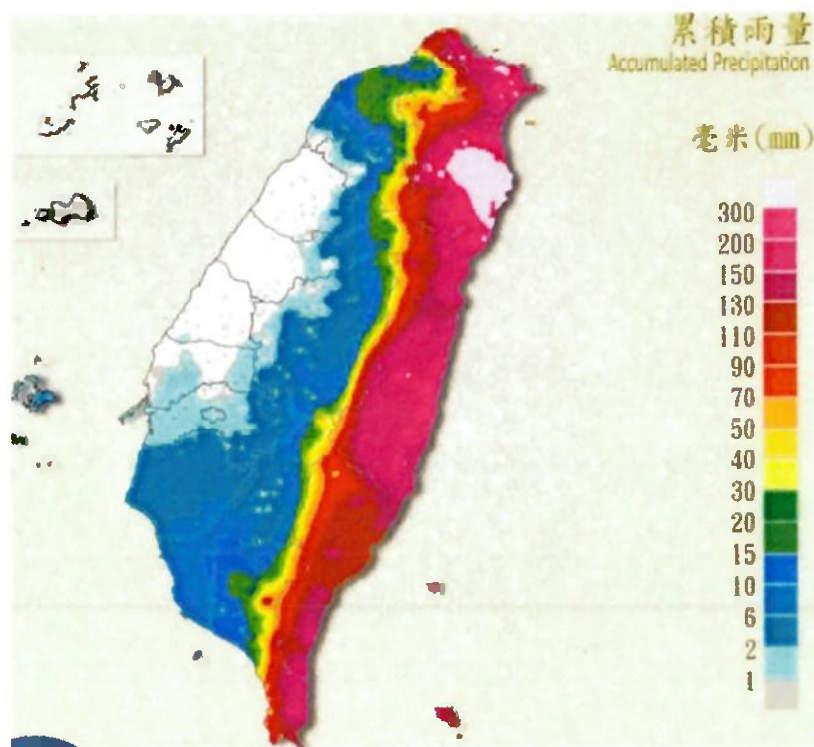


圖 3-7 鳳凰颱風(2025)累積降雨圖 資料來源：中央氣象署

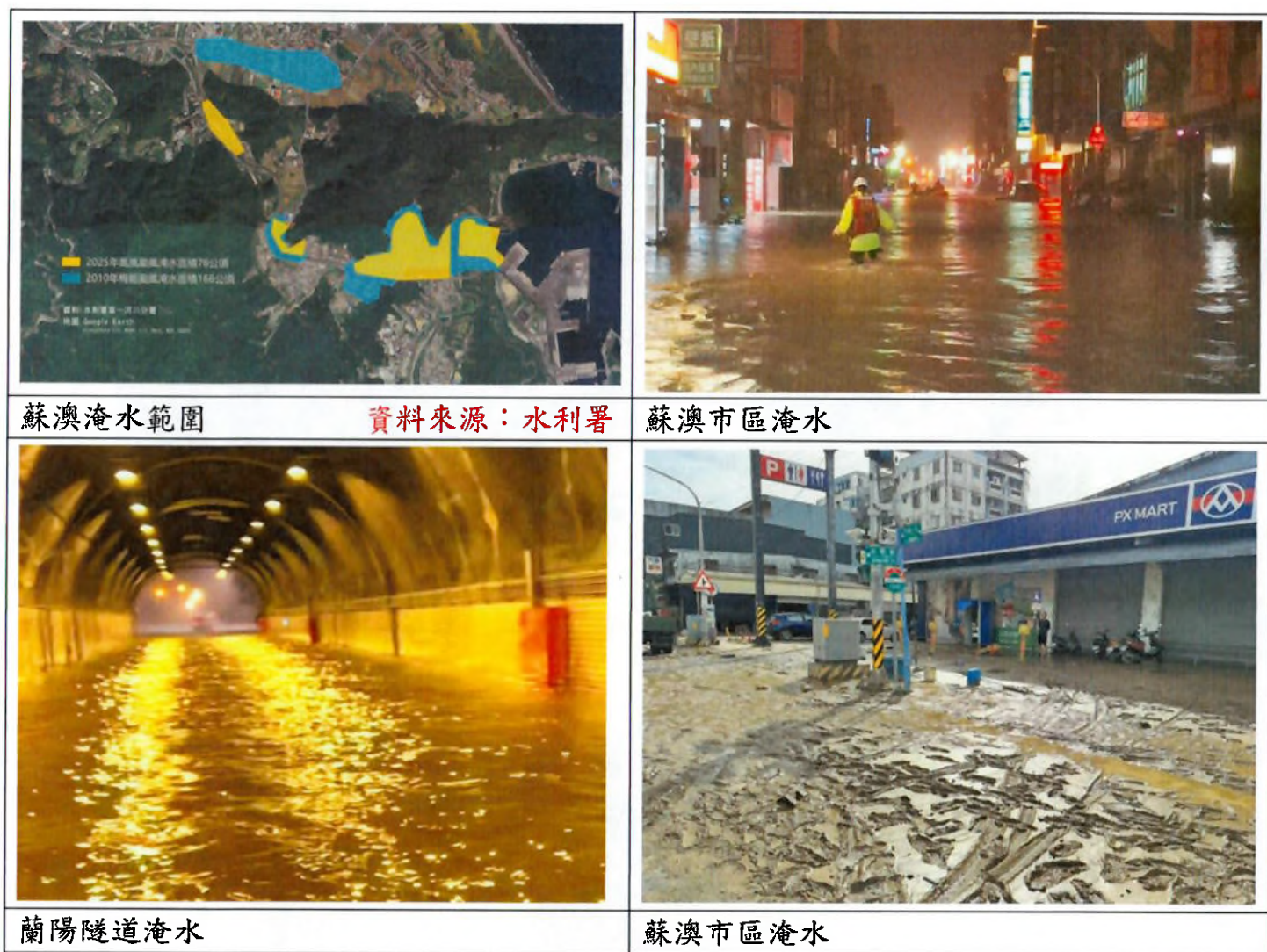


圖 3-8 鳳凰颱風(2025)災情

表 3-2 鳳凰颱風(2025)侵台期間各氣象站累計降雨(mm)

測站名稱	11/9	11/10	11/11	11/12	11/13	11/14	累計雨量
蘇澳	0.5	123.5	648.5	3.0	23.5	9.5	808.5
宜蘭	3.0	103.5	299.0	9.5	6.0	1.5	422.5
花蓮	-	37.5	101.0	40.0	1.0	-	179.5
成功	-	92.5	94.5	48.5	4.0	13.5	253.0
台東	-	61.0	77.5	50.5	-	-	189.0

第四章 結果與討論

4-1 宜蘭園區模式設定

本研究針對宜蘭科學園區及周邊區域共劃分 6 處及水區與 7 處河川，集水區劃分以園區周邊主要道路為分界，由於道路兩側均有路邊側溝，考量園區周圍地勢平坦區域排水分布均勻，以道路為分界可有效將降雨徑流妥善分配至最近區域排水，園區北側集水區以進士路及台 190 縣道為北側邊界，北側集水區另以宜科一路及中山路一段作為上下游分界，此一分界可妥善區分珍珠中排上、下游集水範圍，故地表逕流各自匯入珍珠中排上游及下游，南側集水區以清華二路及建蘭南路為南側邊界，集水區同北側劃分方式以宜科一路及中山路一段作為南側上下游分界，逕流各別流入機場中排及建業中排，西側及東側分別以南橋路及黎明三路為分界，中山路一段至黎明路三段集水區屬宜蘭科學園區下游區域，故設定逕流匯入下游美福排水，此覆蓋流域面積屬於小區域型集水區(圖 4-1)。

宜蘭科學園區由於設計初期於園區內規畫設置有滯洪沉沙池收集園區內雨水及路邊側溝逕流水，因此與外界呈現半封閉狀態，滯洪沉沙池平時除具備蓄水與景觀用途外，降雨初期可有效吸收地表逕流延緩下游河川尖峰流量形成，亦可有效調控水位。此外，園區污水處理廠亦負責處理廠商生活及製程廢(污)水，由於滯洪池放流口與污水處理廠放流口設置於建業中排，故對上游周邊之住宅區、農田與區域排水並不會受到園區運作之影響。河川水系部分園區北側珍珠中排上游河寬 0.6m 未降雨時期日常水深 0.2m 換算流量約 0.01CMS，河川向下流動銜接珍珠中排下游河寬 2.6m 未降雨時期日常水深 0.4m 平時水量 0.072CMS，園區南側則為機場中排平均河寬 2.5 未降雨時期日

常水深 0.15m 換算流量約 0.026CMS，機場中排向下銜接建業中排，其河道寬度 3.3m 未降雨時期日常水深 0.42m，由於園區滯洪池及污水處理廠放流口於建業中排匯入故平日流量較高約 0.184CMS，北側與南側排水於園區東北角匯集繼續向下游流入美福排水上游其河寬 3.5m 未降雨時期日常水深 0.4m 平時水量 0.274CMS，其後美福排水下游河道則拓寬至 14.8m 未降雨時期日常水深 1.6m 平時水量 2.481CMS(表 4-1)，。

模式設定必須蒐集流域基本資料(如：降雨量、氣象條件及河川斷面)作為建立參數值，藉由水文調查數據值之輸入完成河道承載能力建置，進而評估降雨量及水量對區域排水之影響，降雨量資料參考中央氣象署宜蘭氣象站降雨觀測值作為初始輸入依據(表 4-2)，雨量資料收集 2024 年 11 月初至 2025 年 11 月結束區間，截至 2025 年 11 月底宜蘭地區全年累計降雨量為 2112.5mm，其中最大降雨月份為 11 月累積雨量 557mm，最小降雨月份出現於 1 月份累積雨量 26mm 可謂差異懸殊，較值得關注當鳳凰颱風外圍環流侵台期間(11 月 9 日至 11 月 14 日)，由原先降雨初期僅 3mm 其後的 2 日內暴漲至 103mm 及 299mm，突如其來強降雨極易導致河道因宣洩不及，導致積水甚至引發水患發生。

本研究除利用宜蘭觀測站雨量資料進行模式建立外(圖 4-2)，另利用蘇澳雨量站觀測資料進行比較，蘇澳地區為本次颱風受災最嚴重區域，降雨強度與累計雨量更甚於宜蘭觀測站，6 天累計雨量高達 808.5mm 相較宜蘭測站 422.5mm 高出許多，特別是 11 月 11 日蘇澳雨量站測得降雨量為 648.5mm 而同日宜蘭雨量站僅 299mm 為宜蘭測站 2 倍雨量。除此之外研究並比較 2009 莫拉克風災玉山雨量站及

阿里山雨量站進行模擬比對，觀察極端降雨如降落在宜蘭園區周邊是否會造成影響。

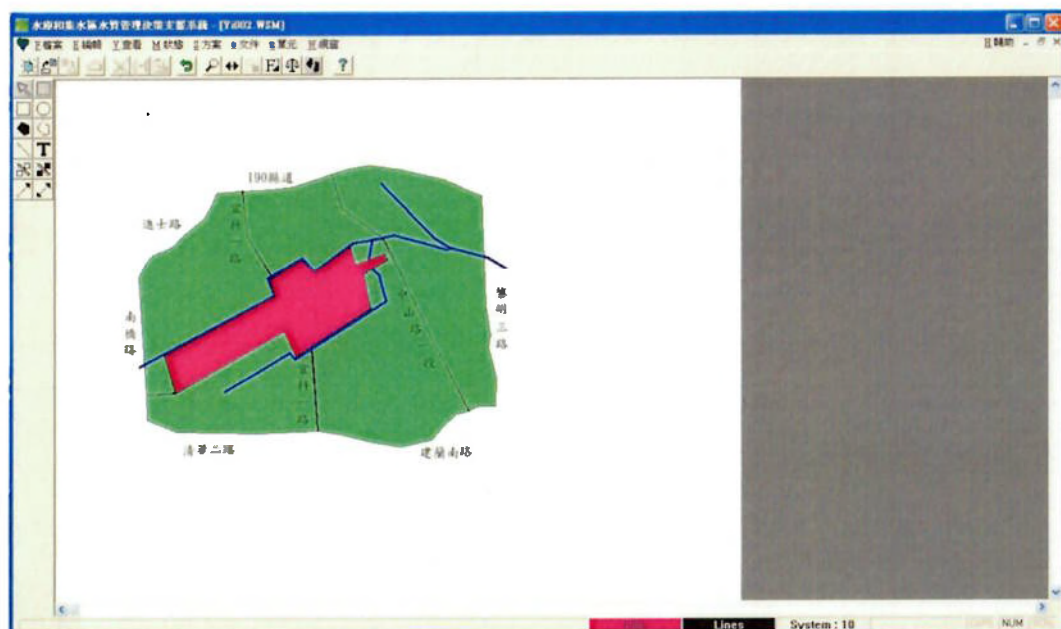


圖 4-1 宜蘭園區模式模擬設定

表 4-1 宜蘭園區周邊河川相關參數

河道	寬度 m	深度 m	斷面積 m ²	平日水深 m	平日水量 CMS
珍珠中排上游	0.6	0.5	3.0	0.2	0.010
珍珠中排下游	2.6	2.5	6.5	0.4	0.072
機場中排	2.5	2.5	6.3	0.2	0.026
建業中排	4.3	3.0	12.9	0.4	0.184
美福排水上游	3.5	3.0	10.5	0.4	0.274
美福排水下游	14.8	5.0	74.0	1.6	2.481

表 4-2 氣象署宜蘭測站逐日降雨量(2024.11~2025.11)

	2024	2025										
日期	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
1	-	3.0	3.5	-	8.5	-	-	-	2.0	0.5	-	0.5
2	-	6.0	1.5	-	-	-	-	-	7.0	-	-	19.5
3	6.5	1.5	5.5	-	-	-	11.0	-	-	2.0	-	41.0
4	0.5	5.5	3.0	15.5	-	16.0	20.5	-	-	-	-	22.0
5	2.0	0.5	-	22.0	-	1.0	3.0	-	-	-	-	1.0
6	8.0	-	2.5	13.0	4.5	4.0	0.5	15.5	-	-	-	13.0
7	2.0	-	10.0	1.0	-	59.0	-	8.0	-	1.5	6.5	1.0
8	3.5	-	-	-	-	0.5	-	-	-	12.0	-	-
9	1.5	1.0	-	-	-	2.5	-	3.0	-	-	-	3.0
10	3.0	1.0	-	-	6.0	10.5	-	6.0	-	-	-	103.0
11	1.5	0.5	-	-	-	30.0	-	-	-	-	-	299.0
12	1.0	-	35.5	-	14.0	-	46.5	-	-	-	-	9.5
13	-	-	34.0	5.0	6.5	-	4.5	-	8.0	-	-	6.0
14	-	-	2.5	1.5	-	0.5	-	-	-	-	-	1.5
15	-	3.0	-	21.5	-	-	-	-	-	-	2.5	-
16	-	-	-	3.0	-	-	0.5	-	3.0	-	-	2.5
17	-	-	-	0.5	-	-	13.0	-	-	-	11.5	21.0
18	1.0	-	10.5	4.5	-	-	0.5	22.0	-	-	14.0	12.5
19	4.5	-	14.0	3.5	-	-	-	64.5	-	-	67.5	-
20	5.0	-	4.0	-	7.0	-	-	8.0	-	-	105.0	-
21	3.5	-	0.5	-	0.5	-	13.5	27.5	-	66.5	121.5	0.1
22	-	-	19.5	-	-	5.5	-	0.5	-	54.5	80.0	-
23	15.0	-	6.0	-	4.5	-	-	36.5	-	74.5	18.0	-
24	49.0	-	2.0	-	0.5	6.0	-	10.0	-	0.5	22.0	-
25	-	-	1.0	-	1.0	4.0	-	8.5	-	-	6.0	-
26	-	1.0	-	-	7.0	3.0	-	-	-	5.0	1.0	-
27	-	1.5	-	-	-	2.0	0.5	2.0	-	-	19.0	-
28	-	-	-	-	1.0	11.0	-	1.5	-	-	57.0	-
29	-	-	-	6.5	-	21.0	-	3.0	-	-	19.0	-
30	-	-	-	31.5	-	-	-	-	-	-	0.5	-
31	-	1.5	-	38.5	-	-	-	-	1.5	-	-	-
總和	107.5	26.0	155.5	167.5	61.0	176.5	114.0	216.5	21.5	217.0	551.0	557.0

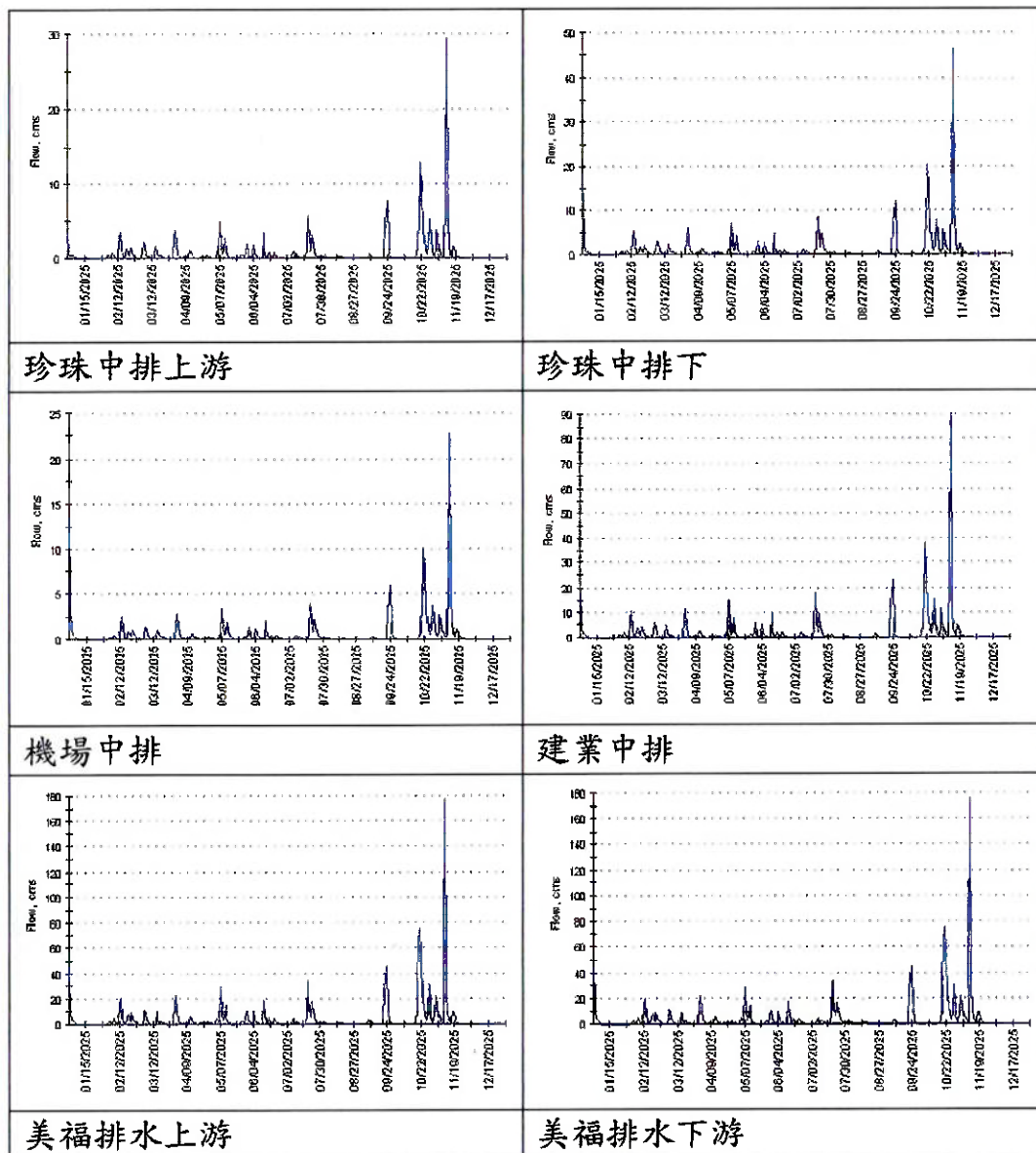


圖 4-2 宜蘭園區周邊排水模擬測值

4-2 宜蘭園區模擬結果探討

本研究比較鳳凰颱風宜蘭氣象站及蘇澳氣象站；莫拉克颱風玉山氣象站及阿里山氣象站，觀察降雨量對園區周邊河川排水所造成可能之影響，其中鳳凰颱風最大降雨量出現於侵台第 3 天宜蘭測站為 299mm 蘇澳測站為 648mm；莫拉克颱風最大降雨量出現於侵台第 5 天阿里山測站為 1,165.5mm 玉山測站為 709.2mm(表 4-3)，模擬結果採取尖峰最大流量進行探討，觀察河川流速對兩側護岸所造成之危害，研究參考行政院農業委員會「水土保持技術規範」訂定標準進行危害比較，規範第 85 條第 1 項第 2 款明定排水對各種樣式邊坡最大容許流速，故當模擬流量除上該河段河川斷面後即可求得該河段流速，故流速一旦超過規範亦代表堤岸及可能受到水流沖刷損壞造成周邊區域淹水或危害產生(表 4-4)，由於宜蘭園區周邊河川建造均採用鋼筋混凝土進行堤岸建設，故研究最大安全流速亦以 12m/s 進行探討。

研究結果顯示如以 2025 年鳳凰颱風侵台期間宜蘭測站雨量進行模擬，6 天累計降雨 422.5mm，最大降雨落在第 3 天單日降雨量 299.0mm，模擬後各河段除美福排水上游河段流速 16.1m/s 略超過最大安全流速外(12m/s)其餘河段均低於最大安全流速，故可推斷宜蘭園區周圍河川應可有效負荷宜蘭測站降雨量，較有可能受到影響區域為美福排水上游地區。另外，改以蘇澳雨量站進行模擬可發現，該站 6 天累計雨量 808.5mm 為宜蘭測站 1.9 倍，最大降雨日亦同宜蘭站於第 3 天單日降雨量 648.5mm，模擬結果換算流速後亦發現於珍珠、中排建業中排及美福排水上游有超過最大安全流速之情況(14.2 m/s 至 35.5m/s)，此情況代表當降

雨量上升之情況下此部分河道會因流速過快導致堤岸受到水流侵蝕崩塌或有可能河道因漂流物阻塞宣洩不及而導致此河段優先其他河段產生淹水情況。

研究改以 2009 年莫拉克風災降雨量進行模式模擬，風災期間全台第 1 大降雨量為阿里山測站，6 天累計降雨高達 3,059.5mm 遠超過台灣地區年平均降雨量 2,500mm，其最大降雨發生於侵台第 4 及 5 天，降雨量分別為 1,161.5mm 及 1,165.5mm，模擬結果顯示以阿里山測站破紀錄的雨量如降落於宜蘭園區周邊，除美福排水下游尚能符合最大安全流速外，其餘周邊排水均無法承受強降雨帶來大流量之影響，預估園區周邊排水均無法負荷阿里山測站雨量所帶來之災害。比對莫拉克風災玉山氣象站模擬結果，6 天累計降雨亦高達 2,160.4mm 較阿里山測站少約 900mm 雨量，最大單日降雨 709.2mm，園區周邊排水除集水區上游地區珍珠中排上游、機場中排及美福排水下游尚符合最大安全流速外，其他河段均有可能造成堤岸沖刷及淹水情況產生(表 4-5)。

表 4-3 鳳凰颱風及莫拉克颱風侵台期間降雨量(mm)

颱風	測站	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	累計雨量
2025 鳳凰	宜蘭	3.0	103.5	299.0	9.5	6.0	1.5	422.5
	蘇澳	0.5	123.5	648.5	3.0	23.5	9.5	808.5
2009 莫拉克	阿里山	55.0	39.5	420.0	1,161.5	1,165.5	218.0	3,059.5
	玉山	22.8	44.6	506.7	697.2	709.2	179.9	2,160.4

表 4-4 水土保持技術規範最大安全流速

常流水最大容許流速(m/s)			
材質	最大安全流速	材質	最大安全流速
細沙	0.23-0.30	平常礫土	1.23-1.52
不緻密細沙	0.30-0.46	全面密草生	1.50-2.50
粗石及細沙石	0.46-0.61	粗礫、石礫及砂礫	1.52-1.83
平常砂土	0.61-0.76	礫岩、硬土層、軟質及水層岩	1.83-2.44
砂質壤土	0.76-0.84	硬岩	3.05-4.57
堅壤土及黏質壤土	0.91-1.14	混凝土	4.57-6.10
無常流最大容許流速(m/s)			
材質	最大安全流速	材質	最大安全流速
混攪土或砌石塊	6.10	鋼筋混凝土	12.00

表 4-5 颱風侵台期間尖峰流量及流速

	鳳凰(宜蘭)		鳳凰(蘇澳)		莫拉克(阿里山)		莫拉克(玉山)	
	流量	流速	流量	流速	流量	流速	流量	流速
	CMS	m/s	CMS	m/s	CMS	m/s	CMS	m/s
珍珠中排上游	26.0	8.6	57.9	<u>19.3</u>	125.5	<u>41.8</u>	76.5	<u>25.5</u>
珍珠中排下游	41.9	6.4	92.8	<u>14.2</u>	199.9	<u>30.7</u>	121.8	<u>18.7</u>
機場中排	21.3	3.3	47.1	7.4	100.4	<u>15.9</u>	61.1	9.6
建業中排	87.6	6.7	191.9	<u>14.8</u>	369.5	<u>28.6</u>	224.9	<u>17.4</u>
美福排水上游	169.9	<u>16.1</u>	373.6	<u>35.5</u>	744.1	<u>70.8</u>	453.0	<u>43.1</u>
美福排水下游	166.6	2.2	367.0	4.9	743.5	10.0	452.7	6.1

—：超過最大安全流速 12m/s

第五章 結論與建議

5-1 結論與建議

本研究針對宜蘭科學園區及周邊區域排水進行模式模擬，用以觀察不同降雨強度對園區周邊排水系統之影響，研究收集 2025 年鳳凰颱風宜蘭氣象站及蘇澳氣象站雨量資料及 2009 年莫拉克颱風阿里山氣象站及玉山氣象站雨量資料進行比對分析。比對後發現結論如下：

- (1) 宜蘭科學園區周邊區域排水系統，以鳳凰颱風宜蘭氣象站資料進行模式模擬，宜蘭氣象站降雨量尚能被宜蘭園區周邊區域排水負荷，唯獨美福排水上游因河川斷面積較窄流速略超過最大安全流速，由於該地區為北側集水區與南側集水區匯流處，未來若再遭遇更大雨量有可會有邊坡沖刷危害或積水於此處產生。
- (2) 研究以鳳凰颱風蘇澳氣象站資料進行模式模擬發現，珍珠中排、建業中排及美福排水上游亦超出最大安全流速，由於蘇澳氣象站單日降雨量為宜蘭氣象站 2 倍，如此大量雨勢必於建業中排及美福排水上游造成危害。
- (3) 本研究另外比較莫拉克颱風期間降雨量模擬值發現，無論以玉山氣象站或阿里山氣象站降雨量進行模擬，宜蘭科學園區周邊區域排水均無法負荷如此大量降雨。
- (4) 研究另外比較各別區域排水河川斷面後發現，園區北側集水區珍珠中排上游河川斷面積不足，多組降雨量模擬顯示該區域因斷面積狹小河川流速經常接近最大安全流速，所幸該區域屬於集水區上游，故降雨地表逕流遠較下游氣區低，故流速仍可低於最大安全流速，但該區域因排水道狹窄故仍可歸納

為易淹水高風險區域。

綜合上述研究結果，故提出幾點建議供未來改善之參考：

- (1) 園區雨水排水溝定期清淤及宣導廠商平時多清潔廠區內自設雨水溝，避免雜物與污泥阻塞造成強降雨雨水宣洩不及。
- (2) 機場中排道路下方涵洞(圖 2-3)小於渠道斷面積，當大量降雨地表逕流流入導致水位上升，上升水位抵達涵洞頂部時會因洩水不及導致涵洞入口處積水，未來如有新設計或改善工程發包實應注意涵洞截面積應大於河川斷面積，減緩水流阻力。
- (3) 宜蘭科學園區滯洪池及污水處理廠可於強降雨來襲前降低滯洪池及污水處理廠蓄水量，用以容納調節尖峰逕流量，協助減緩園區水量經由放流口流入建業中排造成負荷。

參考文獻

1. 新竹科學園區管理局網站(<https://www.sipa.gov.tw>)，114年。
2. 國家科學及技術委員會網頁(<https://most.gov.tw/>)，114年。
3. 行政院環境保護署網站(<https://www.epa.gov.tw/>)，114年。
4. 中央氣象署網站(<https://www.cwa.gov.tw/>)，114年。
5. 宜蘭縣防災資訊網(<https://yidp.e-land.gov.tw/>)，114年。
6. 經濟部水利署第一河川局。<http://www.wra01.gov.tw/>，114年
7. 國家科學及技術委員會新竹科學園區管理局，「新竹科學園區(宜蘭園區)環境品質監測工作(113~115年度)」114年年中報告，民國114年。
8. 吳豐帥，「高屏溪流域水污染源航照判釋及評析計畫」，環球技術學院執行，行政院環境保護署，98年。
9. 陳文山，「沉積物與沉積環境分析及地層對比研究—蘭陽平原」，台灣地區地上水觀測網第二期計畫水文地質調查研究，89年。
10. 陳秋楊，「水庫集水區整體治理非點源污染源控制及改善水質之研究」，經濟部中區水資源局，89年。
11. 高志明，「高屏溪集水區土壤侵蝕對水質影響分析與濁度控制策略研擬」，中山大學執行，行政院環境保護署，95年。