上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

行政院環境保護署

109年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

期末報告（定稿）

主辦單位　：行政院環境保護署

專案執行單位　：朝陽科技大學／環境工程與管理系(所)

專案主持人　：張簡水紋 教授

專案執行期間　：109 年 01 月 30 日起至
110 年 11 月 30 日止

中 華 民 國 109 年 12 月 印製

行政院環境保護署
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

□申請計畫書 □期中報告
□修正計畫書 ■期末報告

審查意見回覆對照表

計畫年度	109年度	計畫類型	□研究型 ■模場型
計畫類別	■整治 □調查 □其它	主持人：張簡水紋 教授	NO: B9
計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		

委員審查意見	計畫單位回覆
一、陳尊賢委員：	一、陳尊賢委員：
1. 水刀注藥之實場試驗場址在監測井(MW)、觀測井(OW)與注藥井(WJ-1)進行注藥3個月後，地下水 TCE 濃度可從1.00 mg/L 明顯降低至0.05 mg/L。	1. 感謝委員確認。
2. 請依據國外參考文獻與本場址之試驗結果與經驗，請補充相關報告探討該場址進行整治所需的(1)注藥井數量、(2)相關的機械操作與藥劑成本分析、與(3)後續監測之規劃與確認有效等，以作為技術推廣之依據。	2. 感謝委員意見。本次模場試驗設計參數參考日本模場案例進行，施作影響半徑為1 m、每30 cm 間隔進行水刀切割/藥劑灌注。日本模場案例同樣使用長效型乳化油基質藥劑，惟未提及使用量及工程成本。本計畫則根據場址特性評估藥劑使用量，現場作業整體工程及藥劑成本約在新台幣130萬元左右（不含施作前後採樣分析監測費用）。已述於期末定稿第五章、5.2.4節 水刀注藥試驗成果探討。
3. 請補充注藥之相關成份與數量、注入量、灌注之詳細步驟與注意事項。	3. 感謝委員意見。已補充說明於期末報告定稿第四章、4.5.1節 水刀注藥試驗現場工作。
4. 請將表4.5.2-1監測項目與頻率彙整表放大。	4. 感謝委員意見。已將表4.5.2-1、監測項目與頻率彙整表放大。
5. 依國外兩個報告，如何有效規劃減少成本之注藥井數量？尤其在場址不同深度不同質地所造成 Ksat 不同之應變。	5. 感謝委員意見。日本2個案例及本次皆為模場試驗，施作影響半徑規劃為1 m。根據本次試驗結果，在坋土/黏土質地、K 值10^{-6} m/s 範圍的區域，水刀注藥以1 m 影響半徑施作可得到良好成效。第二年將再測試不同的鑽機操作參數是否能擴大影響半徑至2 m 以上。已述於期末定稿第五章、5.2.4節 水刀注藥試驗成果探討。

二、杜悅元委員： 1. 第一年的研究成果符合預期效果，希望第二年度的研究能收集更多的資料，並能降低本注藥方法的成本，則更有利於推廣至土壤及地下水含氯有機溶劑污染整治。	二、杜悅元委員： 1. 感謝委員肯定與意見。第二年研究規劃選擇於土壤質地為高透水性-低透水性夾雜互層的含氯溶劑污染場址進行模場試驗，收集資料、進一步評估水刀注藥工法的適用性，希望能夠根據不同場址狀況，提供整治施作成本之計算依據及工法選擇。
三、侯善麟委員： 1. 本計畫以「水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址」為標的，進行為期2年的研究發展，對水刀注藥技術進行現地測試，並逐步發展本土化技術模式，供未來含氯有機溶劑場址提升整治成效之參考，本計畫已完成第1年之工作項目，並於污染場址實際操作測試、監測並評估成效，其研究(實驗)項目、進度與成果報告等符合原訂計畫規劃目標與期程，並如期提出第1年度期末報告。 2. 本計畫年度研發主要工作成果為： 1) 本計畫年度已完成：取得測試場地質鑽探資料、測試場址監測井設置及微水試驗/單井流速流向測定、簡易井設置、水刀注藥試驗規劃及現場作業以及測試場址地下水採樣分析及後續監測等項目。 2) 本研究經實場測試，以水刀注藥工法處理後，藉由地下水水質監測及採樣分析結果顯示：注藥作業3個月後，監測井 MW1三氯乙烯濃度從1 mg/L降低至小於第二類地下水污染管制標準(0.05mg/L)。顯示水刀注藥工法已啟動試驗區域之現地厭氧還原脫氯生物降解，並於較傳統注藥工法短的時間內達到三氯乙烯污染改善目標；且本項工法可有效讓基質藥劑與污染物接觸或傳佈至污染物周邊，以處理難透水層中之污染物。 3. 本計畫第1年度研發工作成果具體，已為第2年度之研發奠定良好基礎。	三、侯善麟委員： 1. 感謝委員確認。 2. 感謝委員確認。 3. 感謝委員肯定。

4. 針對本計畫目前之研究成效與第1年度期末報告及後續計畫之執行建議： 1) 請探討並說明：對於109年6月至9月期間現地測試所觀測之 DCE 濃度異常變化之原因，除了井管內部垂直向傳輸外是否有其他可能之因素，本現象對於未來大規模應用是否將影響整體整治成效？是否可藉由工法操作調整改善？ 2) 本計畫實場測試係以每30 cm 間隔逐步重直上移，切割並創造均勻分布的注藥圓盤薄片方式進行，未來試驗是否需搭配實際地質(層)結構調整注藥圓盤薄片間距及半徑，以確保整治成效並防止藥劑短流或污染物跨層傳輸現象，亦請參考。	4. 感謝委員意見。 1) DCE 於109年6月至9月之濃度變化（先升→後降）應為厭氧還原脫氯生物降解過程中之正常變化。作用開始後，三氯乙烯會首先被分解，同時三氯乙烯脫氯過程的副產物，順-1,2-二氯乙烯濃度會上升，再經由生物降解作用被分解、濃度下降。微生物需要時間完成此降解反應。場址於9月的監測結果顯示 DCE 已經開始呈現下降趨勢，故應無需再使用其他工法操作調整改善。 2) 水刀注藥工法在固定深度位置切割出圓盤薄片狹縫空間後，再將基質藥劑注入，因為是以固定間距進行此操作、而非以 grouting 方式連續攪動，不會形成垂直傳輸的通道；且設計規劃時，僅在低透水層或高-低透水層夾雜互層之範圍內進行水刀切割注藥，不進行跨層切割。故無藥劑短流污染物跨層傳輸之疑慮。圓盤薄片間距可視地層土壤質地及水利傳導係數 K 值進行調整，若是使用在黏土坋土質地之低透水層，可降低圓盤薄片間距及切割半徑，讓基質藥劑更能有效傳輸至污染物周邊。已述於期末定稿第五章、5.2.4節 水刀注藥試驗成果探討。
四、張尊國委員： 1. 背景資料收集彙整完備。試驗過程紀錄完備。 2. 試驗區參數確認，以做為水刀注藥之規劃，並於6月初進行現場注藥工作，以及後續監測，均能符合預期之規劃。 3. 對水刀注藥前後，均有採樣檢測，並記錄分析各項污染物變化趨勢。	四、張尊國委員： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員確認。 3. 感謝委員確認。

4. 宜評估水刀注藥與一般注藥之成效比對，作為方法技術優越性之評等依據。	4. 感謝委員意見。一般注藥工法是以固定開篩深度灌注井注入基質藥劑，需要反覆進行補充灌注，但基質藥劑經由優勢路徑傳輸，始終無法有效啟動厭氧還原脫氯生物降解機制、進行含氯污染物整治。水刀注藥工法施作之後，三氯乙烯濃度則是僅短暫上升後再下降，且未再回升。故模場試驗結果顯示，水刀注藥工法與一般注藥工法相比，可有效處理低透水性區域或高-低透水性夾雜互層區域的含氯有機溶劑污染。已述於期末定稿第五章、5.3節 水刀注藥工法初步成效評估。
五、蘇銘千委員： 1. 成果內容符合期末報告查核內容。 2. 成果影響性說明，建議應說明已完成的結論與可應用的實際條件。	五、蘇銘千委員： 1. 感謝委員確認。 2. 感謝委員意見。根據本次試驗結果，在土壤質地為坋土/黏土、水利傳導 K 值為10^{-6} m/s 範圍的區域，水刀注藥以1 m影響半徑施作，可得到良好的成效。已並述於期末定稿第五章、5.3節 水刀注藥工法初步成效評估。
3. WJ-1施作井的測試結果與 OW 及 MW-1 有較大的差異，但現場三井位置似乎極為接近，會有此差異性，請分析原因。	3. 感謝委員意見。本次試驗進行了較密集的採樣分析（3個半月4次 VOC），故觀察到小區域範圍短時間內的變化差異。三口井的長期變化趨勢仍是相同的。WJ-1可能較靠近早年污染形成位置，積累的吸附相污染含量較高。且 WJ-1為施作井，周邊直接擾動較大，使三氯乙烯下降再上升之幅度較明顯。已述於期末定稿第五章、5.2.4節 水刀注藥試驗成果探討。
4. 第二年場址選擇依據為何？佈點的設計上有無其他經驗值或條件，建議可由本年度結果訂出實驗操作參數以利第二年研究延續性與完整性。	4. 感謝委員意見。將同樣選擇低透水性或高-低透水性夾雜互層質地的含氯污染場址進行水刀注藥試驗。根據場址狀況及執行經驗進行施作規劃，初步參數為影響半徑1~2 m，每30 cm切割一片圓盤薄片狹縫進行基質藥劑灌注。已述於期末定稿第五章、5.4.2節 第二年計畫場址選擇與試驗規劃。

專案基本資料表

專案性質	■實驗性質 □非實驗性質	專案類別(單選)	□研究型 ■模場型
研究主題	■整治 □調查 □其他		
申請機構系所	朝陽科技大學／環境工程與管理系		
機構地址	413010台中市霧峰區吉峰東路168號		
專案主持人	張簡水紋	職等／職稱	教授
協同主持人	謝季吟	職等／職稱	教授
協同主持人	梁宏明	職等／職稱	經理
專案名稱 中文	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		
專案名稱 英文	Pilot Study of Using Waterjet Injection Technology to Enhance Bioremediation of Chlorinated Solvents Contamination		
專案名稱 關鍵字	水刀注藥技術、含氯場址生物整治		
執行期程	自民國 109 年 01 月 30 日起、至民國 110 年 11 月 30 日止		
專案主持人	姓名：張簡水紋 E-mail：swcc@cyut.edu.tw		專線：04-23323000#4472 手機：0932-809-675
專任助理	姓名：吳娉婷 E-mail：priscilla.wu@jletco.com		專線：07-6162000 手機：0932-744-300

經費分析總表(僅模場試驗專案需填寫兩年度金額)

	專案預估經費	第一年金額	第二年金額	編列說明
1.	人事費用	376,680	479,680	(1~5項相加之50%為限)
2.	貴重儀器使用含維護費	0	0	(與計畫實驗相關)
3.	消耗性器材與主要費用	1,672,890	3,296,800	(與計畫主題相關)
4.	其它研究相關費用	21,885	29,100	(含差旅與租賃費用)
5.	雜支費用	19,455	19,420	(1~6項相加之5%為限)
6.	行政管理費	209,090	382,000	(1~5項相加之10%為限)
7.	自籌款	157,000	283,000	(自行籌備款項)
	申請補助金額(1~6項)	2,300,000	4,207,000	總金額：6,507,000
	計畫總金額(1~7項)	2,457,000	4,490,000	總金額：6,947,000

專案主持人（簽名及蓋章）：張簡水紋 日期：109.10.19

行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

109年度專案成果績效自評表

一、 專案基本資料

填表日期：109年10月19日

專案性質	■實驗性質 □非實驗性質	專案類別	□研究型 ■模場型
研究主題	■整治 □調查 □其他		
申請機構系所	朝陽科技大學環境工程與管理系	專案主持人	張簡水紋
專案名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		
專案執行期程	■申請階段 □期中 □期末		

二、 成果績效自評（109年度(第一年)）

「計畫總預估數」應與計畫審查核定值相符，請執行單位依實際達成之量化成果填寫於欄位中。

（一）學術面

項目		目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註*
A學術產出及活動	1.國內投稿(篇數)	(1)論文					
		(2)研討會論文	1	0	0		受COV19影響，預計110上半年投稿達標
	2.國外投稿(篇數)	(1)期刊論文	1	0	0		
		(2)研討會論文					
	3.報告(篇數)	(1)技術報告	1	0	1		期末成果報告
		(2)研究報告					
	4.專著(本數)						
	5.辦理學術會議(場數)	(1)研討/說明會					
		(2)成果發表會					
		(3)論壇					
	6.研發改良技術(項數)	(1)已開發技術					
		(2)技術平台					
B人才培育	7.研發人員(人數)	(1)碩士					
		(2)博士					
	8.研究團隊(個數)	(1)跨領域團隊					
		(2)跨機構團隊					
		(3)形成研究中心					
		(4)形成實驗室					
9.其他指標(請自行命名)		(請自填)					

*（說明未達成原因或學術產出發表名稱）

（二）產業面

項目			目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註*
A 智慧財產權	1.專利(件數)	已核准	發明					
			新型/設計					
			合計					
		申請中	發明					
			新型/設計					
			合計					
B 研發技術轉移	2.先期技術成果移轉	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	3.技術移轉(專利)	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	4.技術移轉(應用技術)	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	5.可移轉產業技術	(1)技術 (件數)						
		(2)品種/系 (件數)						
C 產學研合作	6.促成合作研究	件數						
		金額 (仟元)						
	7.促成投資	件數						
		投資金額 (仟元)						
	8.促成取得業界科專	件數						
		業界投資金額 (仟元)						
9.其他指標(請自行命名)		(請自填)						

*（說明未達成原因或專利、技術轉移相關詳細資料）

（三）政策面

項目		目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
A 服務便民	1.技術服務	次數					
		收入 (仟元)					
	2.諮詢服務	次數					
		收入 (仟元)					
B 支援合作	3.協助政府制定(件數)	(1)政策					
		(2)法規					
		(3)規範					
		(4)標準					

項目	目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
D 社會效益	4.獲得認證 (件數)					
	5.獲得獎項 (件數)					
	6.提升能源效率 (%)					
	7.節能減碳效率 (%)					
8.其他指標 (請自行命名)	(請自填)					

*（說明未達成原因或其他詳細資料）

二、 成果績效自評（110年度(第二年)）

「計畫總預估數」應與計畫審查核定值相符，請執行單位依實際達成之量化成果填寫於欄位中。

（一）學術面

項目		目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
A 學術產出及活動	1.國內投稿 (篇數)	(1)論文					
		(2)研討會論文	1				
	2.國外投稿 (篇數)	(1)期刊論文	1				
		(2)研討會論文					
	3.報告 (篇數)	(1)技術報告	1				期末成果報告
		(2)研究報告					
	4.專著 (本數)						
	5.辦理學術會議 (場數)	(1)研討/說明會					
		(2)成果發表會					
		(3)論壇					
	6.研發改良技術 (項數)	(1)已開發技術					
		(2)技術平台					
B 人才培育	7.研發人員 (人數)	(1)碩士					
		(2)博士					
	8.研究團隊 (個數)	(1)跨領域團隊					
		(2)跨機構團隊					
		(3)形成研究中心					
		(4)形成實驗室					
9.其他指標 (請自行命名)		(請自填)					

*（說明未達成原因或學術產出發表名稱）

（二）產業面

項目			目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
A 智慧財產權	1.專利(件數)	已核准	發明					
			新型/設計					
			合計					
		申請中	發明					
			新型/設計					
			合計					
B 研發技術轉移	2.先期技術成果移轉	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	3.技術移轉(專利)	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	4.技術移轉(應用技術)	件數						
		授權金 (仟元)						
		衍生利益金 (仟元)						
	5.可移轉產業技術	(1)技術 (件數)						
		(2)品種/系 (件數)						
C 產學研合作	6.促成合作研究	件數						
		金額 (仟元)						
	7.促成投資	件數						
		投資金額 (仟元)						
	8.促成取得業界科專	件數						
		業界投資金額 (仟元)						
9.其他指標(請自行命名)		(請自填)						

*（說明未達成原因或專利、技術轉移相關詳細資料）

（三）政策面

項目		目標達成程度	申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
A 服務便民	1.技術服務	次數					
		收入 (仟元)					
	2.諮詢服務	次數					
		收入 (仟元)					
B 支援合作	3.協助政府制定(件數)	(1)政策					
		(2)法規					
		(3)規範					
		(4)標準					

項目 \ 目標達成程度		申請預估數	期中達成數	期末達成數	結案後半年達成率	備註
D 社會效益	4.獲得認證 (件數)					
	5.獲得獎項 (件數)					
	6.提升能源效率 (%)					
	7.節能減碳效率 (%)					
8.其他指標 (請自行命名)	(請自填)					

*（說明未達成原因或其他詳細資料）

三、 請依學術成就、技術創新、經濟效益、社會影響等方面，評估研究成果對現況或本署之學術或應用價值。（簡述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，500字為限）

水刀注藥工法於地質改良工程領域已有大量成熟的應用。有鑒於此，擬將此技術應用於強化含氯有機溶劑場址厭氧還原生物整治成效關鍵因素，基質藥劑之灌注傳輸方式，突破現行灌注技術容易產生優勢路徑/短流或生物膜，且無法有效處理低透水性及高/低透水性夾雜互層地質污染濃度回升等技術限制；以有效減少污染物濃度回升之現象，或讓含四氯/三氯之污染物有效降解後，加速引動後續自然衰減作用。水刀注藥工法目前在國內尚未有實際應用案例，期能透過本研究，建立污染場址使用此灌注工法適用性評估，發展本土化且實際可行之整治技術，提升我國土壤及地下水含氯有機溶劑污染整治技術能力，提供日後污染場址於擬定改善計畫時，更多樣性的工法技術選擇。

研究成果中英文摘要

(一) 中文摘要：

我國公告列管之含氯有機溶劑土壤/地下水污染場址解除列管比例偏低，顯示此類場址整治之困難。國內含氯場址多可發現自然衰減作用，適用加強式現地厭氧還原脫氯生物整治法，惟現行的灌注井固定深度注入方式，無法有效解決低透水性區域、或是高/低透水性夾雜互層區域的含氯有機溶劑污染，實為技術瓶頸。本研究冀以水刀注藥工法突破此技術瓶頸，由現地操作探討此技術之可行性、應用性與效益，發展本土化且實際可行之整治技術，提供污染場址於擬定改善計畫時更多樣性的工法選擇。

本計畫擇定臺南市安定區安定段2085-0000地號為水刀注藥模場計畫試驗場址，目前經公告為地下水污染地下水管制區。試驗區域地下水三氯乙烯濃度為1 mg/L，超過第二類地下水污染管制標準20倍。同時測得降解產物順-1,2-二氯乙烯，顯示試驗區域已出現自然衰減作用，適合試驗水刀注藥工法。

計畫預定於期中及期末查核點執行之工作項目皆已完成，包括1) 取得地質鑽探資料；2) 監測井設置及微水試驗/單井流速流向測定、簡易井設置；3) 水刀注藥試驗規劃及現場作業；4) 地下水採樣分析及後續監測。

地下水水質監測及採樣分析結果顯示，水刀注藥作業3個月後，監測井MW1三氯乙烯濃度已從1 mg/L 降低至小於第二類地下水污染管制標準（0.05 mg/L）。顯見水刀注藥工法已成功啟動試驗區域之現地厭氧還原脫氯生物降解，於短時間內完成三氯乙烯污染整治；並有效讓基質藥劑與污染物傳佈至污染物周邊，有效處理難透水層的污染。

(二) 英文摘要：

Great attention has been given to the reductions in chlorine-containing organic solvents of the soil and groundwater contaminated sites at regulatory listing. Organic solvent contamination is difficult to clean up. Natural attenuation is observed at most of the chlorinated solvent contamination sites in Taiwan, which implies that enhanced in situ reductive dechlorinated bioremediation (EIB) is feasible and practical here. However, the current delivery technologies that inject substrates that enhance microbial remediation via injection wells have fixed screen intervals and cannot effectively spread substrates nor put them into contact with contaminants. Subsurface waterjet technology is developed here to improve the biotreatment of residual bound contamination and eliminate contaminants rebound at low permeability zones.

This study represents a pilot remediation project using waterjet injection technology to evaluate and verify the feasibility of the technology. The objectives of this study are to explore the application and effectiveness of waterjet injection technology to develop a localized and practical way to enhance in situ dechlorination bioremediation (via the delivery of substrates) that is expected to foster natural attenuation and remediation.

The site selected for this study is located at Tainan City, Anding District, Anding Section; Land Serial No.: 2085-0000. The site had been declared as a Groundwater Pollution Control Zone. Before the onset of remediation, the TCE (trichloroethylene) concentration in groundwater was about 1 mg/L, which is 20 times above the Second Category Groundwater Pollution Control Standard. The degradation compound of TCE, cis-1,2-DCE (cis-1,2-dichloroethylene), was found as well, which implies that natural attenuation is on-going, so the site was suitable for a waterjet injection pilot test.

The following work has already been conducted in current project: 1) Geological survey data collection; 2) Groundwater monitoring well installation, and slug and pumping tests; 3) Waterjet pilot test design and waterjet field work; and 4) Groundwater monitoring well sample collection and analysis.

In conclusion, after the waterjet field work has been conducted for three months, the groundwater monitoring data showed that TCE concentration in the monitoring well MW1, was degraded from 1 mg/L to below the secondary category of Groundwater Pollution Control Standards (0.05 mg/L). The waterjet injection technology had successfully enhanced the anaerobic bioremediation of chlorinated solvent

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

contamination at the pilot area in a short period of time. The waterjet injection technology had also effectively delivered the substrate to the surrounding area of contaminants and improved the biotreatment of the residual bound contamination in the low permeability zones.

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

目錄

期末初稿審查意見回覆對照表
專案基本資料表
109 年度專案成果績效自評表
研究成果中英文摘要
目錄
圖目錄
表目錄
第一章　前言 1
第二章　研究目的 3
第三章　文獻探討 5
3.1　加強式現地厭氧還原脫氯生物整治技術作用機制 5
3.2　關鍵因素：基質藥劑之灌注與傳輸 7
3.3　現地水刀注藥工法（WATER JET INJECTION） 8
第四章　研究方法與過程 11
4.1　模場試驗場址挑選原則 11
4.2　模場試驗場址擇定 11
4.2.1　歷史背景 11
4.2.2　地號擇定 12
4.3　模場試驗場址（2085地號）相關資料 13
4.3.1　地理位置 13
4.3.2　可能之污染來源 14
4.3.3　地質水文特性 16
4.3.4　歷年土壤地下水調查監測結果 18
4.4　工作執行規劃與架構 22
4.4.1　試驗區域參數確認 24
4.4.2　水刀注藥試驗規劃 25
4.5　水刀注藥試驗現場工作及後續監測 26
4.5.1　水刀注藥試驗現場工作 26
4.5.2　後續監測 30
第五章　結果與討論及後續工作 33
5.1　模場試驗區井口基本資料 33
5.2　水刀注藥試驗前後地下水質彙整討論 33

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

5.2.1 水刀注藥試驗前地下水採樣分析結果 33
5.2.2 水刀注藥試驗後地下水監測結果 34
5.2.3 水刀注藥試驗前後監測井水文參數測定 38
5.2.4 水刀注藥試驗成果探討 38
5.2.5 簡易井廢井作業 45
5.3 水刀注藥工法初步成效評估 45
5.4 後續工作 46
5.4.1 第一年試驗場址後續監測 46
5.4.2 第二年計畫場址選擇與試驗規劃 46
5.4.3 水刀注藥工法成效評估與發表 46
第六章 參考文獻 47

附件

附件 1 地質鑽探資料

附件 2 監測井設置報告

附件 3 地下水檢測報告及採樣紀錄

附件 4 地下水微生物分析報告

附件 5 污染防治及場址衛生安全措施

附件 6 水刀注藥作業試驗後監測井 MW1 微水試驗與流速流向測定報告

附件 7 簡易井（觀測井 OW 及施作井 WJ-1）廢井報告

附件 8 審查意見回覆對照表

圖目錄

圖3.1-1 、含氯有機化合物厭氧降解途徑示意圖 6
圖3.3-1 、水刀注藥工法施作示意圖 9
圖4.3.1-1、模場試驗場址地理位置圖 13
圖4.3.2-1、臺南市安定區安定段6筆地號（地下水污染管制區）地籍圖 14
圖4.3.2-2、敬惠場址歷年調查點位及監測井位置圖 17
圖4.3.3-1、104_MIP 調查點位 M40之 EC 與 CPT 結果對照圖 18
圖4.3.4-1、2085地號前期調查土壤採樣點位 S08位置圖 19
圖4.3.4-2、2085地號3口既設場置性監測井位置圖 20
圖4.4-1 、工作執行架構圖 22
圖4.4.1-1、104_MIP 調查點位 M40之 ECD/ELCD 圖譜 25
圖4.4.2-1、水刀注藥施作規劃點位圖 26
圖4.5.1-1、水刀注藥作業現場照片 28
圖4.5.1-2、水刀注藥施作點位及周邊井口位置圖 29
圖4.5.1-3、水刀注藥施作後現場照片 30
圖5.2.4-1、模場試驗區地下水 pH 值及 ORP 變化趨勢 39
圖5.2.4-2、模場試驗區地下水含氯污染物濃度分佈變化趨勢 40
圖5.2.4-3、監測井/觀測井/施作井之地下水含氯污染物濃度分佈變化趨勢 41
圖5.2.4-4、脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化之概念模式 42
圖5.2.4-5、基質灌注後促使灌注位置下游生成還原區域 43
圖5.2.4-6、有機碳基質厭氧生物降解造成之地質化學指標參數變化 43

表目錄

表3.1-1 、不同種類基質藥劑比較 7
表4.3.4-1、2085地號3口既設場置性監測井基本資料表 19
表4.3.4-2、2085地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：R00673（北側/上游） 21
表4.3.4-3、2085地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：R00672（中段/中游） 21
表4.3.4-4、2085地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：D00295（南側/下游） 22
表4.4-1 、工作進度甘特圖 23
表4.5.2-1、監測項目與監測頻率彙整表 31
表5.1-1 、2085地號新設井基本資料表 33
表5.2.1-1、水刀注藥試驗前後監測井 MW1地下水採樣監測結果 35
表5.2.1-2、水刀注藥試驗前後觀測井 OW 地下水採樣監測結果 36
表5.2.2-1、水刀注藥試驗後施作井 WJ-1地下水採樣監測結果 37

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第一章 前言

我國自民國 93 年執行「廢棄工廠調查計畫」、97 年起針對全國運作中工廠展開「運作中工廠土壤及地下水含氯有機溶劑污染潛勢調查及查證計畫」，已發現眾多的土壤地下水含氯有機溶劑污染場址。目前土壤污染控制場址及整治場址自民國 99 年起公告 15 處，皆尚未解除列管；地下水污染控制場址、整治場址、及公告地下水受污染限制使用地區及限制事項，自 91 年起公告 172 處，僅 32 處解除列管，顯示此類場址整治之困難。(資料來源：土壤及地下水污染整治網—國內污染場址查詢)

含氯有機溶劑易在地下移動，自由相/溶解相/殘留相/吸附相等不同型態在地質夾層或互層之垂直/橫向移動會形成大量累積，且因為濃度梯度變化造成之溶解或擴散作用，讓污染物持續釋出與傳輸。整治方案是否能夠有效傳輸到污染團周邊，至為關鍵。

加強式現地厭氧還原脫氯生物整治法為綠色永續整治技術，添加複合有機物基質藥劑提供食物刺激微生物生長，同時提供還原脫氯所需的氫氣供給電子，加強塑造並維持此地下厭氧還原環境狀態促進脫氯菌繁殖、更迅速有效地降解含氯污染物，直到分解為無毒的最終產物。

國內含氯場址多可發現自然衰減作用，顯示脫氯微生物已存在；且市場上已有多種發展成熟之基質藥劑及商售菌種，國內亦持續有研究/學術單位結合產業界進行本土基質藥劑開發以及本土菌的純化培育。惟現行的灌注井固定深度注入方式，無法有效解決低透水性區域、或高/低透水性夾雜互層區域的污染，實為技術瓶頸。

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第二章研究目的

含氯有機溶劑地下水污染控制場址、整治場址及公告地下水受污染限制使用地區，解除列管比例偏低，顯示此類場址整治之困難。含氯有機溶劑污染場址之整治工法是否能有效傳輸到污染團周邊，至為關鍵。

使用加強式現地厭氧還原脫氯生物整治工法進行改善的污染場址，現行的灌注井固定深度注入方式，無法有效解決低透水性區域、或高/低透水性夾雜互層區域的污染，實為技術瓶頸。發現此一瓶頸後，國內外研究轉向地工/地質地盤改良之成熟灌注技術加以測試應用。「全國土壤及地下水污染整治策略旗艦領航計畫」期末報告[1]於現地生物整治技術發展藍圖章節，即提出注藥方式改良之工作項目，以增強有效影響半徑及傳輸效率，提升整治成效。

故本模場研究計畫針對灌注方式，尋找適合低透水性以及高/低透水性夾雜互層的污染區域、但尚未應用於國內土壤地下水污染場址之灌注工法。其中，水刀注藥工法是以高壓水刀噴射方式，以一定間距在地下切割出薄盤狀狹縫，再將改良藥劑注入被切割出的圓盤薄片空間，即可精準地將藥劑灌注在預期的位置/深度。水刀注藥工法於地質改良工程領域已有大量成熟的應用，此工法預期可處理低透水性以及高/低透水性夾雜互層的污染區域，但國內目前尚無針對土壤及地下水污染場址整治的可行性/適用性評估、模場試驗及實場應用。

鑒於此，擬將此技術應用於強化含氯有機溶劑場址厭氧還原生物整治成效關鍵因素：基質藥劑灌注傳輸方式，期能突破現行灌注技術之技術限制，諸如容易產生優勢路徑/短流或生物膜、且無法有效處理低透水性及高/低透水性夾雜互層地質污染濃度回升等。

本模場研究將根據水刀注藥工法技術特性、場址污染物特性、及水文地質條件進行適用性評估；再經由模場試驗進行現地操作、評估有效性，並進一步驗證成效，探討此技術之整治應用性與效益。期透過本研究立污染場址使用此灌注工法之適用性評估，突破目前加強式現地厭氧還原脫氯生物整治之基質藥劑灌注技術瓶頸，發展本土化且實際可行之整治技術，同時提升我國土壤及地下水含氯有機溶劑污染整治技術能力；俾便污染場址於擬定改善計畫時，有更多樣性的工法選擇。

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第三章 文獻探討

造成含氯有機溶劑污染之含氯揮發性有機化合物（chlorinated Volatile Organic Compounds，以下簡稱 cVOCs）屬於比水重非水相液體（Dense Non-Aqueous Phase Liquid, DNAPL），因其高密度、黏滯度低於水等特性，易在地表下移動、溶解於含水層，形成污染團，移動過程中未溶解或揮發的部分會受毛細作用在土壤孔隙中留存形成不易移動的殘留相/吸附相。除了垂直移動，從透水性較高地層流至透水性較低的地層時，也會因無法進入細顆粒孔隙而沿著低透水性地層頂部橫向移動[2]。溶解相、殘留相與純相的垂直/橫向移動，在夾層或互層質地易形成大量污染物質累積，且會因為濃度梯度變化造成之溶解/擴散作用讓污染物持續釋出與傳輸，導致互層質地之污染分布調查界定困難，因此近年調查技術發展方向著重於高解析調查。

調查確認污染存在後，如何有效地接近污染物、達到整治的效果，則是進一步的挑戰。加強式現地生物整治法（Enhanced In-situ Bioremediation）乃經由促進地下環境中微生物生長，從而加強微生物經由厭氧還原脫氯機制分解 cVOCs 污染物。相較於熱處理（Thermal Treatment）、化學氧化法（Chemical Oxidation）等整治工法，成本相對低廉、且為一綠色永續之整治技術。

3.1 加強式現地厭氧還原脫氯生物整治技術作用機制

cVOCs 在一般環境下會以有機或無機方式降解並產生脫氯副產物，其反應機制如**圖 3.1-1** 所示。多數含氯污染場址會自然發生現地生物脫氯降解，即自然衰減作用（Natural Attenuation），表示厭氧還原脫氯菌種原本就存在，只是因為環境條件不適合而無法成為優勢菌種。加強式現地生物整治就是強化此一厭氧還原脫氯的過程，因為含水層通常不富含天然有機物質，必須經由添加複合有機物基質藥劑（碳源/電子供應者），一方面提供足夠食物刺激微生物生長，同時提供還原脫氯作用所需的電子（氫氣），進而促成污染物（呼吸物質/電子接受者）之生物分解，加強塑造並維持此地下厭氧還原環境狀態，促進脫氯菌生活繁殖、能夠更迅速更有效地降解污染物，直到將含氯污染物分解為無毒的最終產物。此技術大致可分為以下四個步驟：

(1) 灌注基質藥劑及營養鹽至地下環境，促進微生物增殖生長；

(2) 經微生物耗氧機制，使地下環境逐漸成為並持續維持厭氧還原環境；

(3) 基質藥劑發酵產生氫分子，具脫氯能力的微生物會在厭氧環境下進行脫氯反應，以氫原子取代 cVOCs 的氯獲得能量；

(4) 基質藥劑持續釋出有機碳和氫分子，支持微生物長期增殖並持續降解 cVOCs，最終降解為無毒害的乙烯/乙烷/甲烷等。

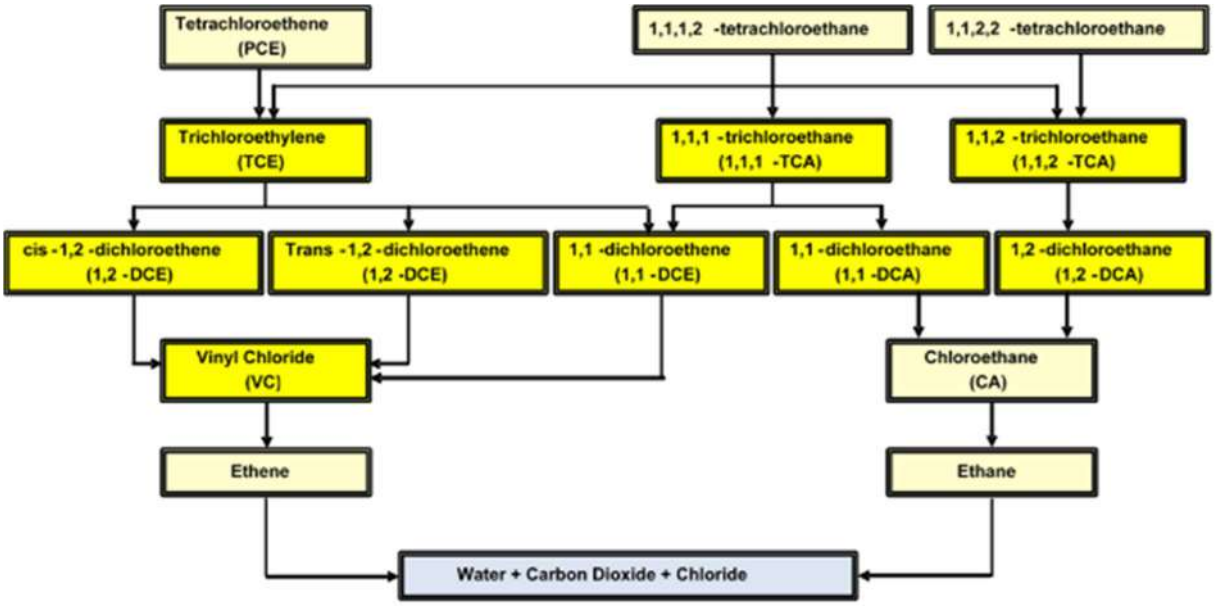


圖 3.1-1、含氯有機化合物厭氧降解途徑示意圖

(Drawing Modified from Technical Protocol for Evaluating Natural Attenuation of Chlorinated Solvents in Groundwater, USEPA, 1998)[3]

經此過程，高氯污染物將被降解成低氯化合物、最終至無毒害的乙烯/乙烷/甲烷等產物，其途徑如**圖 3.1-1** 所示。而上述整治過程要能有效進行至少需要[4]：1) 強烈厭氧還原狀態，從硫酸還原～乙烯/甲烷生成；2) 相對應的厭氧還原脫氯菌種；3) 基質藥劑發酵提供足夠的氫氣；以及 4) 提供微生物生長所需營養物質，包括維他命與微量元素等。

氯烯類污染場址需確認氯烯類厭氧脫氯菌群及對應功能性基因（如 *vcrA*、*bvcA*）是否存在，氯烷類污染場址則要確認氯烷類厭氧脫氯菌群及對應功能性基因是否存在。彙整國內含氯有機污染場址現況，因台灣處於熱帶/亞熱帶氣候區適合各類微生物生長，根據調查結果幾乎皆可發現自然衰減作用（同時發現四氯/三氯及二氯/一氯化合物），顯示脫氯微生物已然存在，只因環境尚未調適，菌群數量不足以進行有效的厭氧還原脫氯生物分解。若希望以生物添加強化作業（Bioaugmentation）提高菌群數量，國外已有經過眾多實場使用驗證的商售菌種可供選購，國內亦有研究單位在進行本土脫氯菌種的純化培育。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

同時市場上已有多種發展成熟之商售基質藥劑可供選用，國內亦持續有研究單位、學術單位結合產業界進行本土基質藥劑之開發。目前商售的基質藥劑型態包括水溶性、固態、黏性流體、低黏性流體基質藥劑等，其特性/應用型態/灌注方式及灌注頻率皆有較完備的研究及建議，可供污染場址依據污染物特性/水文地質特性/整治預算等因子評估選擇使用。彙整比較如**表 3.1-1** 所示。

表 3.1-1、不同種類基質藥劑比較

基質藥劑種類	特性	傳輸性	應用方式/使用頻率
水溶性 **(糖蜜)**	容易分解可快速見效，效果較短暫	傳輸性佳，但可能處理不到土壤殘留相	需要重複添加多次， 連續灌注或每月灌注一次
固體 **(堆肥)**	效果持久， 惟分解緩慢 所以效果顯現也慢	固體，不流動性	以開挖機具埋設於污染區域，故須同時考量開挖可作業深度及施工成本，適用於淺層污染
黏性流體 **(單純植物油)**	效果持久	高黏度導致流動性低、影響半徑小	可能需要較大的灌注壓力、或較小井距 具有一次性注入潛力
低黏性流體 **(植物乳化油)**	**經工程設計油滴顆粒可調整顆粒大小與乳化程度，效果持久**	**黏度低流動性佳，傳輸性較優良**	**利用低壓甚至重力流即可灌注** **具有一次性注入潛力** **(每 g 油類基質能提供的電子數約為水溶性基質的 3 倍)**

3.2 關鍵因素：基質藥劑之灌注與傳輸

基質藥劑要傳輸至污染物周邊才能有效強化厭氧還原脫氯生物整治。目前常用方式為經由灌注井，在固定的開篩深將基質藥劑注入地下環境。設計規劃灌注方案時，須根據污染分布、場址水文地質特性以及基質藥劑特性，評估灌注有效影響半徑配置灌注井。再進一步依整治期程/整治經費/基質藥劑特性等因素，規劃移動式灌注、自動灌注、單次/多次/連續式灌注等作業方式與頻率。作業時根據基質藥劑特性，或將基質藥劑以水稀釋後灌注，或以較高濃度灌注後再注入推進水、擴大基質藥劑傳輸。為避免灌注時產生優勢路徑並減少基質藥劑損失，灌注時施加的壓力不宜過高，甚或以重力流方式進行基質藥劑灌注。

上述作業方式，基質藥劑在低透水性地層的傳輸效果不佳，不易散布至低透水性區域，且容易產生優勢路徑或短流，使藥劑無法均勻傳輸或無法到達污染團周邊。多次反覆灌注後可能產生生蓄積之生物膜，造成孔隙阻塞。此外，即使以灌注井注入基質藥劑的方式有效處理了高透水區域的污染物，當此區域整治完成或污染團移動離開高透水性區域時，在高/低透水性夾雜互層的區域，很可能因為 cVOCs 比水重的特性以及污染物濃度梯度變化，讓污染物在低透水區域擴散移動的同時，也會再往高透水層區域移動，而產生反向擴散（Back

Diffusion）。這些佇留於低透水層區域土層的吸附相污染，即成為地下水溶解相污染之長期來源，導致後續監測時會再度發現污染物濃度回升（Concentration Rebound），無法徹底清除污染物。

由此可見基質藥劑灌注與後續流佈的方式，若無法有效讓基質藥劑傳輸至污染物周邊，會發現污染物濃度反覆出現回升。顯見現行工法：從固定深度開篩之灌注井注入基質藥劑，並無法有效徹底解決低透水性區域、或高/低透水性夾雜互層區域的污染，實為技術瓶頸。

3.3 現地水刀注藥工法（Water Jet Injection）

地工/地質地盤改良之成熟灌注技術，已有各國案例應用在土壤地下水整治者，包括灌漿工法（Grouting）、土壤水力/氣動壓裂工法（Soil Hydraulic/Pneumatic Fracturing）、雙柵管/二重管/雙封塞灌注工法（Double Grid Injection, Double Packer Injection）、水刀工法（Water Jetting）等。

灌漿工法對現地擾動較大，且易產生地盤軟化下陷之疑慮，於土水污染場址之適用性較弱。壓裂工法則多用於大型場址，而國內場址種類多為工廠，故較不適用。雙封塞灌注工法在國內已有環保署計畫進行模場試驗，並已進一步應用於實場整治，與傳統固定深度開篩之灌注井注入工法相比，可更有效率地將基質藥劑注入規劃之深度，減少優勢路徑形成，但並非百分之百不會形成。水刀注藥工法在日本已有應用案例，在美國已有技術合作。根據日本實場案例，水刀注藥工法不會造成地層軟化下陷；做為地下水長期污染源整治方案，可有效處理透水層與難透水層交界處之吸附相污染；採用先切割再灌注的程序，能提高施工効率且不影響地質強度[5]-[11]。

國內目前則尚無應用於土壤及地下水整治的可行性評估、模場試驗及實場應用。其作用方式應可適用於低透水性以及高/低透水性夾雜互層的污染區域，故選定此技術為本模場計畫研究核心。

地質改良工程技術的水刀注藥工法是以高壓水刀噴射方式，以一定的間距在地下切割出薄盤狀狹縫，即切割出一片片圓盤薄片後，再將改良藥劑注入被切割出的圓盤薄片空間，即可精準地將藥劑灌注在預期的位置/深度。低透水性或高/低透水性夾雜互層地質條件，如黏土、坋土，或者砂土/坋土/黏土互層出現者，皆不影響其適用性。若應用於現地厭氧還原脫氯生物整治的灌注環節，期可將基質藥劑注入至規劃的位置/深度，爾後長效型基質藥劑將緩慢釋出氫氣，氫氣分子即使在水力傳導率低的低透水性區域也能自由擴散，從而形成大範圍

反應區域到污染物周邊，改善效果得以覆蓋作用於污染團分布區域，不會大幅度擾動地盤。如此應該能降低完成整治所需的時間，避免因注入較大體積的基質藥劑/推進水將污染物推移擴散的疑慮，減少現行灌注技術常見的污染物濃度回升問題，避免造成交叉污染。水刀注藥施作示意圖如**圖 3.3-1** 所示。

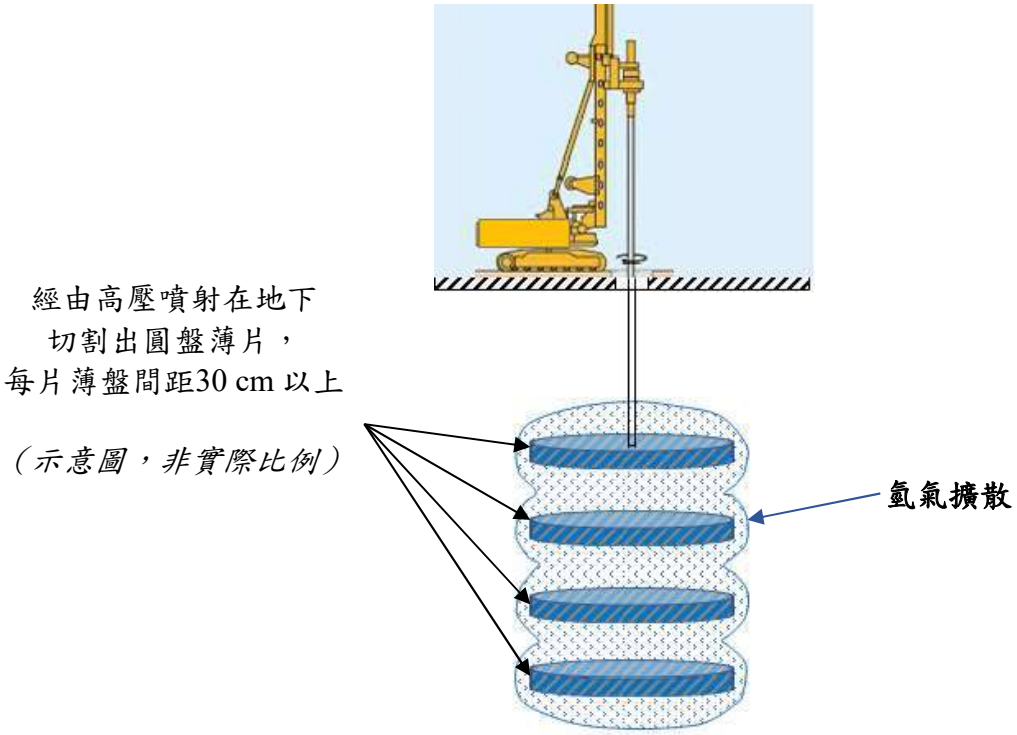


圖 3.3-1、水刀注藥工法施作示意圖

水刀注藥工法的「水刀」是指切割方式（高壓水刀噴射切割），與後續注入之基質藥劑是否為水溶性無關。本模場研究計畫聚焦於灌注技術之強化，故欲選擇基質藥劑為穩定且已有大量應用者，以確保基質藥劑適用性，最小化可能影響整治效果之變因。優先考量長效型基質藥劑，減少現場灌注工作所需之次數、降低整治成本。考量基質藥劑在地下環境的傳輸移動有效性，其為粒徑小而均一、表面帶負電的乳化油滴，因其注入含水層後，小粒徑容易進入土壤孔隙，且每顆油滴表面帶有負電，跟土壤表面碰撞時，小粒徑負電乳化油滴會被吸附於土表的正電位址；正電位址被填滿後，尚未被吸附的油滴跟土壤表面的負電互斥，將繼續向前傳佈定著在其他的正電孔隙，故不會集結成一團產生絮凝現象（Flocculation）。如此能在地下環境有較高的傳輸力與滲透性，容易傳輸到較遠處、均勻散佈於修復區域，對含水層透水性的影響較小。故選擇原料為植物油、經工程設計加工成乳化油滴的產品，對環境的風險低、進行注入作業時的作業安全隱患較低。

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第四章 研究方法與過程

依計畫研究目的設定標的污染物後，根據工法適用之場址地質特性，選擇符合條件之場址進行試驗。

4.1 模場試驗場址挑選原則

(1) **場址污染物種類與濃度：**

本模場試驗發展目標為提升現地厭氧還原脫氯生物整治之有效性，預計可強化的目標污染物包含地下水污染管制項目之：四氯化碳、三氯甲烷（氯仿）、氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、順-1,2-二氯乙烯（cis-1,2-dichloroethene, cis-1,2-DCE）、反-1,2-二氯乙烯、四氯乙烯、三氯乙烯（Trichloroethylene, TCE）、氯乙烯（Vinyl Chloride, VC）、二氯甲烷、1,1,2-三氯乙烷、及1,1,1-三氯乙烷。

模場試驗優先選擇地下水驗出相對高濃度之四氯乙烯/三氯乙烯（地下水濃度大於或等於1 mg/L，即超過第二類地下水污染管制標準值20倍），而且同時存在低氯污染物、顯示自然衰減作用已出現之場址，以驗證此技術處理相對高濃度污染場址之適用性。

(2) **場址水文地質條件：**

水刀注藥技術主要針對低透水性以及高/低透水性夾雜互層的污染區，故評估公告場址時優先選擇土壤質地以坋土/黏土為主，或地質狀況為細砂/坋土/黏土互層出現的場址。例如位於嘉南平原或竹南沖積平原的場址，常見地層複雜之砂/坋土/黏土互層，分層延續性不佳、並且各層厚度變化大。

4.2 模場試驗場址擇定

根據上述原則，本計畫 109 年度擇定**臺南市安定區安定段 2085-0000 地號**為水刀注藥模場計畫試驗場址。

4.2.1 歷史背景

「臺南市安定區安定段 2087、2088、2089 地號」場址為敬惠工業股份有限公司（以下簡稱“敬惠公司”）所有。環保署於民國 98 年執行之「廢棄工廠土

壤及地下水污染潛勢第四期調查計畫」（以下簡稱“廢棄工廠第四期調查計畫”）[12]，發現地下水三氯乙烯濃度超過地下水污染管制標準，臺南市環保局於民國 99 及 100 年將之公告為地下水污染控制場址、及地下水污染整治場址。惟敬惠公司不服，向法院提起訴願以及行政訴訟。歷經數次公告及撤銷各項列管，於 102 年重啟調查。

為釐清污染範圍、可能污染來源及污染責任，主管機關包括臺南市環保局於 102 年執行「102 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫」[13]、行政院環保署於 102 年至 103 年執行「應用環境鑑識技術調查含氯碳氫化合物污染來源計畫」（以下簡稱“102 年鑑識計畫”）[14]、臺南市環保局於 104 至 106 年執行「臺南市安定區安定段(敬惠工業股份有限公司)北側區域地下水污染範圍調查計畫」（以下簡稱“敬惠污染範圍調查計畫”）[15]、以及臺南市環保局「104/105/106 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫」[16][17][18]等諸多調查判識計畫。結果顯示該場址及周邊區域地下水受到三氯乙烯污染，可能之污染來源位於 2087 地號；同時 2087 地號之土壤三氯乙烯濃度超過土壤污染管制標準。後經法院判決定讞，臺南市政府於 108 年 5 月 31 日府環土字第 1080572662B 號函，公告臺南市安定區安定段 2087 地號為土壤污染控制場址，2087、2088、2089 地號為地下水污染控制場址，2085、2086、2087、2088、2089、2095 等 6 筆地號為地下水污染管制區。此 6 筆地號目前皆無地上建物。

4.2.2 地號擇定

工作團隊原訂於臺南市安定區安定段 2087 地號進行模場試驗，且已取得地主同意函、及場址所在地主管機關臺南市環保局知悉回覆。惟本計畫於 109 年 1 月 30 日核定通過後，2087 地號經公告之污染行為人，敬惠工業股份有限公司，向臺南市環保局提出緊急應變，以化學氧化法於場置性監測井 D00457 周邊高污染區域進行改善措施。緣此，此地號已不適合再進行水刀注藥模場試驗。

故工作團隊重新審視公告為地下水污染管制區的臺南市安定區安定段 2085、2086、2087、2088、2089、2095 等 6 筆地號，擇定 **2085 地號**進行模場試驗，再度取得地主同意函、及場址所在地主管機關臺南市環保局知悉回覆。

位於 2085 地號之場置性監測井 R00672（監測井深度 20.88 m、井篩範圍 2.80 m 至 20.80 m、監測井基本資料卡之水力傳導係數為 6.872×10^{-6} m/sec）地下水三氯乙烯濃度為 3.5~2.5 mg/L (14 m)，且已出現自然衰減作用，即地下水同時發現順-1,2-二氯乙烯等降解產物。根據前述相關調查鑑識計畫及「107 年度/108 年度臺南市土壤及地下水調查及查證工作計畫」[19][20]，場址淺層約 10 m 範圍內

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

為坋土或夾雜黏土之坋土質黏土，10 m 左右則為坋砂，未觀察到明顯的阻水層。2085 地號之地下水污染物種類濃度以及水文地質條件均符合本計畫之模場試驗場址挑選原則。2085 地號目前為素地，無地上建物利於試驗進行，且自民國 98 年迄今未啟動任何污染改善措施，模場試驗計畫無從被列入此地下水污染管制區改善計畫的一部分，亦無影響改善時程之疑慮。

4.3 模場試驗場址（2085 地號）相關資料

根據歷年調查資料，彙整場址相關資料如下。

4.3.1 地理位置

場址所在地之安定區位在臺南市西南方，如**圖 4.3.1-1** 所示。北為西港區與麻豆區，東為善化區與新市區，西臨西港區溪南地區，南接安南區，為嘉南平原的一部分，全境皆為平原地形，無丘陵與湖泊。安定區原為臺江內海的一個小貿易港，清道光年間曾文溪氾濫，沖入大量泥沙，臺江逐漸陸化後，轉變為農村，都市層級為農村集居中心。民國 65 年「安定都市計畫」發布實施、以及民國 85 年為配合「國土綜合開發計畫」所發布的「臺南縣綜合發展計畫」實施後，安定區的都市結構由農業逐漸轉為工業與住宅區，現有安定及中崙 2 個工業區。本場址位在安定工業區，縣道 178 旁，東臨中山高速公路，東北方約 1 公里處為安定交流道，北方約 1 公里即為曾文溪。[15]

圖 4.3.1-1、模場試驗場址地理位置圖

4.3.2 可能之污染來源

臺南市安定區安定段 2085、2086、2087、2088、2089、2095 等 6 筆地號（“敬惠場址”）相對位置如**圖 4.3.2-1** 所示（比例尺：1/1200）。2087 地號目前被公告為土壤污染控制場址，2087、2088、2089 等 3 筆地號為地下水污染控制場址，2085、2086、2087、2088、2089、2095 等 6 筆地號為地下水污染管制區。

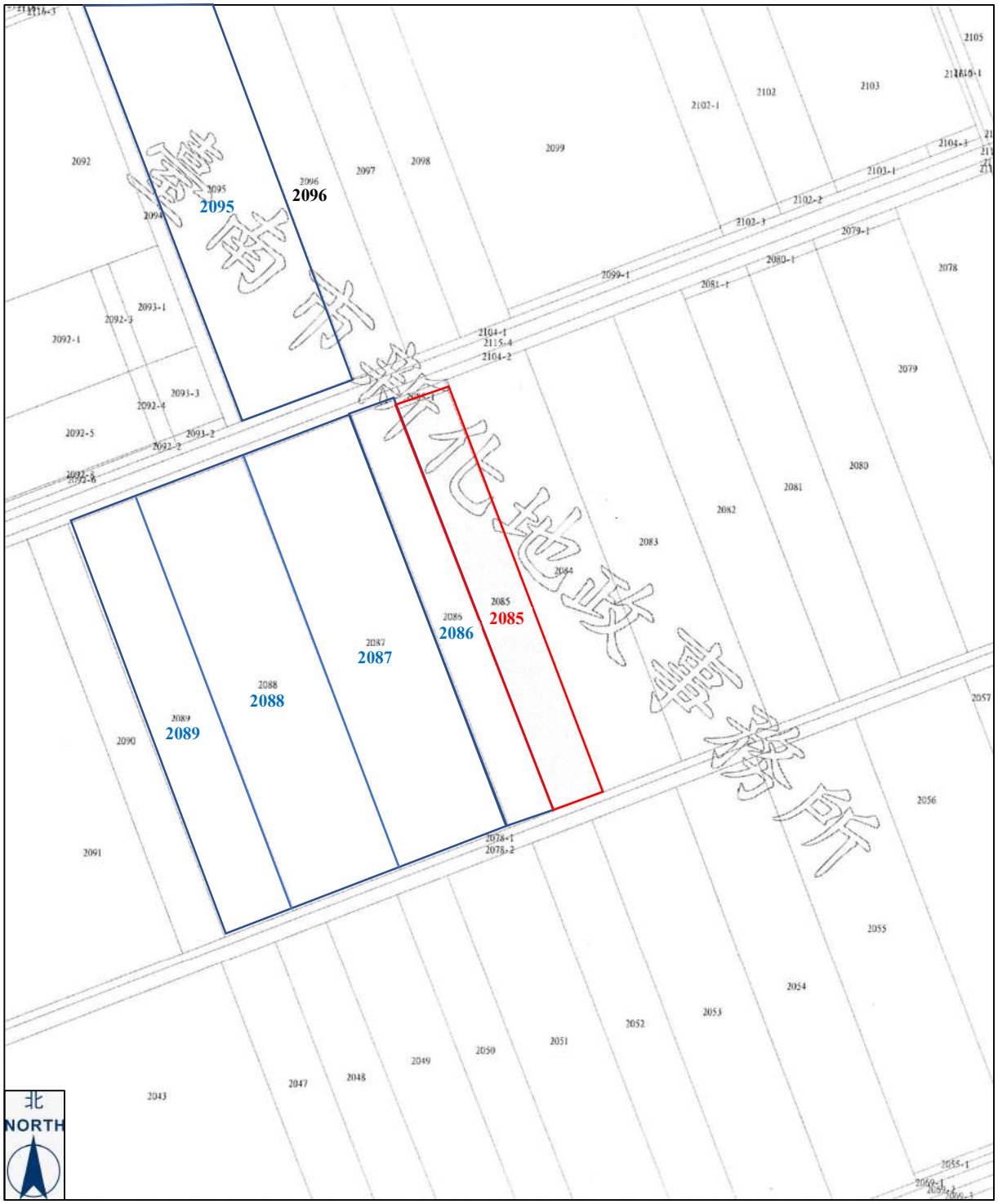


圖 4.3.2-1、臺南市安定區安定段 6 筆地號（地下水污染管制區）地籍圖

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

2087、2088、2089 等 3 筆地號之土地所有權人敬惠公司於民國 68 年設立，登記地籍為 2087～2091 等 5 筆地號。敬惠公司為皮革毛皮製造業及電子零組件製造業，主要從事皮革、毛皮、電子零組件、機械器材等加工製造，運作期間約 15 年。敬惠公司於民國 83 年關廠歇業，自言之後土地即荒置未再利用。

民國 98 年行政院環保署“廢棄工廠第四期調查計畫”[12]發現敬惠公司所有之 2087、2088、2089 地號存在土壤地下水含氯有機溶劑污染，臺南市環保局於民國 99 年 11 月將之公告為地下水污染控制場址、民國 100 年 9 月環保署將之公告為地下水污染整治場址。敬惠公司提起訴願及行政訴訟，陳述該公司經營運作期間未曾使用三氯乙烯。經法院審理於民國 102 年 9 月公告解除列管。後續環保署於 102 年至 103 年執行“102 年鑑識計畫”[14]、臺南市環保局於 104 至 106 年執行“敬惠污染範圍調查計畫”[15]，以釐清可能之污染來源即污染責任。

根據各調查鑑識計畫研判，此區域的污染趨勢主要是從 2087 地號淺層位置開始向外傳輸[12][14][15]。土壤及地下水污染濃度最高的區域，是在 2087 地號中段、鄰近東側 2086 地號的場置性監測井 D00457 周邊，地下 7 m 至 9 m 土壤中三氯乙烯濃度分布為 73 mg/kg 至 373 mg/kg，遠超過土壤污染管制標準 60 mg/kg。監測井 D00457 於 105 年以微洗井分層採樣分析結果，地下 2 m 處之地下水三氯乙烯濃度為 1.02 mg/L、8 m 至 9 m 濃度為 12.0 mg/L，遠超過第二類地下水污染管制標準 0.050 mg/L；後續臺南市各年度土壤及地下水污染調查及查證工作計畫亦持續於該監測井測得高濃度三氯乙烯。

“廢棄工廠第四期調查計畫”[12]於 2087 地號歷史廠區位置 3 m 淺層土壤之內，大範圍檢測到微量的三氯乙烯，後續調查則發現不僅 2087 地號，西側 2088、2089、2090、2091 等 4 筆地號以及東側的 2085、2086 等 2 筆地號的淺層土壤也檢測到微量三氯乙烯，但濃度都低於 2087 地號。2085、2086 地號目前仍為素地，地勢比 2087 地號廠區低約 0.5 公尺，因此每當大雨即可發現 2086 地號承受鄰近的地表水而積水。

“102 年鑑識計畫”[14]運用各類調查鑑識技術，包括地球物理探測之感應電磁波探測法（Electromagnetic method）及地電阻影像剖面法（Electrical Resistivity Tomography, ERT）、薄膜界面探測器（Membrane Interface Probe, MIP）搭配電子捕捉偵測器（Electron Capture Detector, ECD）與乾電解傳導度檢測器（Dry Electrolytic Conductivity Detector, DELCD）、土壤揮發性有機化合物（VOC）採樣分析、設置監測井進行地下水採樣並分析 VOC 及碳 13/氯 37 穩定同位素（Isotope）等，研判 2087、2088、2089 等地號及周邊區域之三氯乙烯污染來源位於敬惠公司所有之 2087 地號。

“敬惠污染範圍調查計畫”[15]則進一步於 2087、2088、2089 地號及北側/東側區域進行大量 MIP 調查及質地剖析、土壤 VOC 採樣分析、設置監測井進行地下水 VOC 採樣分析。並於回顧歷史文件時，發現敬惠公司於 83 年歇業後曾將廠區租賃給台灣美緻工業股份有限公司（以下簡稱“美緻公司”）使用，進行家用電器製造。美緻公司工廠登記的行業別包括電熱器具製造業、電扇製造業及其他家用電器製造業，這些行業的塗裝製程單元常使用三氯乙烯作為製程中所需的脫脂劑。美緻公司租用運作期間曾於 86 年 3 月初發生火災，美緻公司於 86 年火災後即停工，於 87 年停業，工廠登記於 88 年公告廢止。

綜上所述，1) 此區域的污染濃度高→低的趨勢分布，是從敬惠公司 2087 地號舊有廠房位置的淺層向外傳輸；2) 美緻公司極可能曾經使用三氯乙烯作為製程中所需的脫脂劑。同時考量臺南市曾發生新力美科技股份有限公司被環保局查證發現土壤及地下水含氯有機溶劑污染，後續廠區發生火災造成污染擴大的案例。因此研判此區域之污染是在美緻公司租用運作期間發生火災時，大量的消防灌救水將污染物三氯乙烯沖散造成的表面橫向污染。污染物不僅流至 2087 地號西側同為敬惠公司所有的 2088、2089 地號，更大量順勢流入 2087 東側較低窪的 **2085** 及 2086 地號，造成大範圍的污染[15]。

歷年調查鑑識計畫之 MIP 點位、土壤採樣分析點位、設置之監測井位置，如**圖 4.3.2-2** 所示。

4.3.3 地質水文特性

根據“敬惠污染範圍調查計畫”，位於 2085 地號中段之場置性監測井 R00672 周邊的 MIP 點位調查 M40（位置參見**圖 4.3.2-2**），在淺層 2 m~9 m 以上屬於坋土或黏土的土壤質地，透水性較差；在深層 9 m 以下至 14 m 則屬於坋質砂土、砂土等較粗質地的土壤質地類型，相對而言透水性較佳，詳如該計畫「104_MIP 點位 M40 之導電度（Electrical Conductivity, EC）測值與圓錐貫入試驗（Cone Penetration Test, CPT）結果對照圖[15]」（**圖 4.3.3-1**）所示。場置性監測井 R00672 水力傳導係數 K 值為 6.872×10^{-6} m/sec[14]。

敬惠場址周邊地下水流方向歷年都是南往北的趨勢，直至臺南市環保局於 **103 年 5 月**禁止北側之和昌公司停車場（2095 地號，1 口民井）及佻成洋菜廠（2096 地號，3 口民井）繼續抽取地下水，從此之後的地下水流向觀測資料轉為**北往南**的趨勢。北側限制抽取地下水造成流向出現近乎 180 度的轉向，使得場址北側 2095、2096 地號上的監測井 VOC 檢測濃度全面降低，同時造成南側位於 2085 地號之 D00295 監測井 VOC 濃度開始漸增[15]。

圖 4.3.2-2、敬惠場址歷年調查點位及監測井位置圖

（套繪103年6月航照圖）

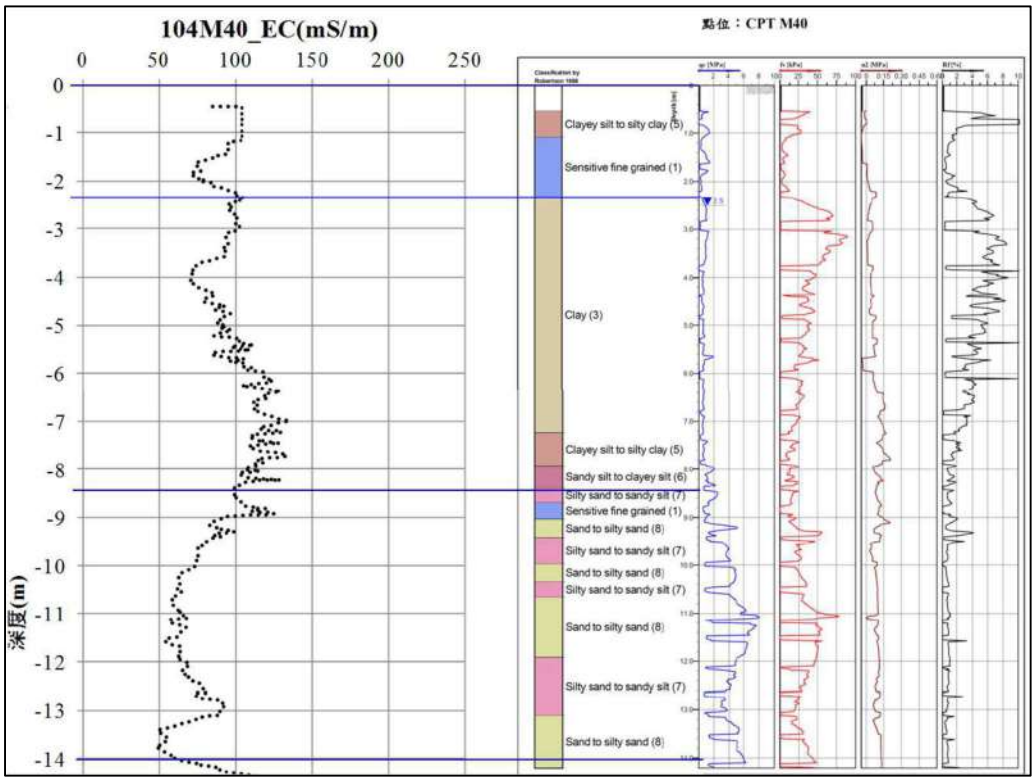


圖 4.3.3-1、104_MIP 調查點位 M40 之 EC 與 CPT 結果對照圖

4.3.4 歷年土壤地下水調查監測結果

(1) 土壤：

“敬惠污染範圍調查計畫”[15]曾在位於中段的 R00672監測井周邊進行土壤採樣，點位 S08之 VOC 分析結果，於地下150~200 cm 之三氯乙烯濃度為0.43 mg/kg、順-1,2-乙烯濃度為0.17 mg/kg；地下800~850 cm 之土壤樣品 VOC 分析濃度則皆為 ND。S08之位置參見**圖4.3.4-1**。

(1) 地下水：

模場試驗場址2085地號既設場置性監測井計有3口，皆為“102年鑑識計畫”[14]設置，包括位於北側的 R00673、位於中段的 R00672、以及位於南側的 D00295，監測井基本資料如**表4.3.4-1**所示。監測井之相對位置如**圖4.3.4-2**所示，歷年監測結果詳見**表4.3.4-2～表4.3.4-4**。

- 北側的 R00673（上游）：污染發生後，早年因敬惠場址北側之佧成洋菜廠持續抽取地下水使用，將2087地號之污染團帶往北側。待臺南市環保局103年5月禁止北側工廠抽取地下水後，地下水流向轉往南，北側的監測井 R00673三氯乙烯濃度因此逐年下降。108年之後未再進行定期監測（**表4.3.4-2**）。

- 中段的 R00672（中游）：R00672三氯乙烯濃度自103年之後亦呈現逐年遞減之趨勢，且108年多深度採樣結果顯示地下水 cVOCs 濃度於2.8 m~20.8 m 開篩範圍之不同深度濃度差異不大。109年3月濃度：三氯乙烯**0.975 mg/L**、順-1,2-二氯乙烯0.154 mg/L（**表4.3.4-3**）。
- 南側的D00295（下游）：承上，停止抽水後污染團跟著地下水區域流向南移，D00295污染物濃度開始上升，106年8月開始超過第二類地下水污染管制標準，且呈現上升趨勢。109年3月濃度：三氯乙烯**0.134 mg/L**、順-1,2-二氯乙烯0.0340 mg/L（**表4.3.4-4**）。

綜上所述，R00672於模場試驗前測得之地下水三氯乙烯濃度仍高於D00295，且接近1 mg/L。故根據挑選原則，擇定位於2085地號中段之既設監測井 R00672周邊區域為水刀注藥試驗區域。

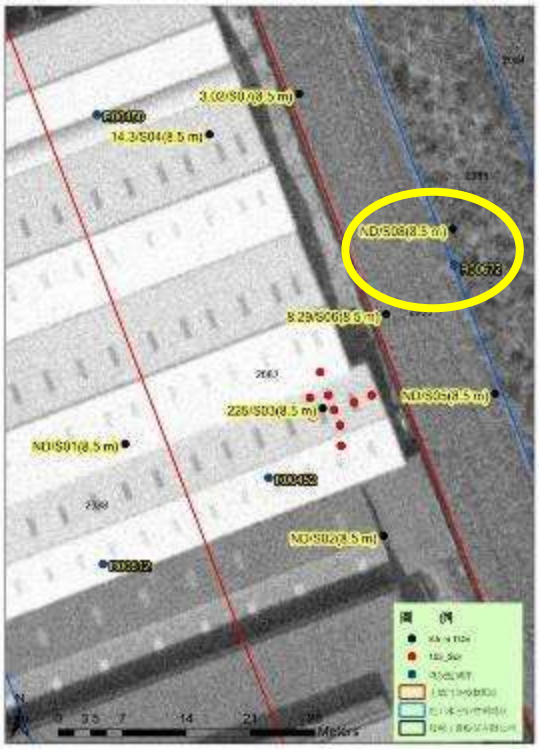


圖 4.3.4-1、2085 地號前期調查土壤採樣點位 S08 位置圖

表 4.3.4-1、2085 地號 3 口既設場置性監測井基本資料表

相對位置	SGM 井號	設置日期	井徑 (in)	井深 (m)	井篩長度 (m)	開篩範圍 (m)	K 值 (m/s)
北側	R00673	102/10/02	2	21.220	18	3.140~21.140	2.145×10^{-5}
中段	R00672	102/10/02	2	20.880	18	2.800~20.800	6.872×10^{-6}
南側	D00295	103/01/09	2	20.225	18	2.145~20.145	7.691×10^{-6}

圖 4.3.4-2、2085 地號 3 口既設場置性監測井位置圖

（套繪103年6月航照圖）

表 4.3.4-2、2085 地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：R00673（北側/上游）

R00673		檢測數據資料來源		計畫一		計畫二			計畫三	計畫二	計畫三	107年度		
	單位	監測標準	管制標準	102.10.30	102.10.30	104.03.24	104.05.18	104.07.15	104.09.01	104.10.23	105.09.20	107.03.05	107.06.21	107.09.25
採樣方式	--	--	--	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井
採樣深度(m)	--	--	--	10	19	--	11	11.5	17	12.1	15.3	15.1	15.1	15.1
水位	m	--	--	1.337	1.382	2.61	2.906	2.513	0	0.23	0.03	--	0.490	0.604
水溫	℃	--	--	29.5	29.8	28.1	29.1	28.3	29.9	29.6	29.5	--	26.5	30.5
pH	-	--	--	6.6	6.6	6.6	6.7	6.8	6.6	6.5	6.6	--	6.79	6.63
導電度	μmho/cm	--	--	2190	2190	2190	2360	2350	2620	2580	2930	--	2800	3010
溶氧量	mg/L	--	--	1	4.1	<1.0	1.4	1.7	1.3	1.4	0.7	--	1.86	2.63
氧化還原電位	mV	--	--	107	141	236	-79	126	91.6	-28	113	--	75.3	59.6
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30	<0.0100	<0.0100	<0.00320	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020	<0.0100	<0.0100	<0.00200	ND	ND	<0.0100	0.00056	<0.0100	<0.00050	<0.00050	<0.00050
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070	<0.0100	<0.0100	<0.00210	0.00154	0.00158	<0.0100	0.00293	<0.0100	0.00113	0.00065	0.00093
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00310	ND	ND	0.0178	ND	<0.0100	ND	ND	ND
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.00230	0.00086	0.00149	<0.0100	0.00776	<0.0100	0.00067	0.00075	<0.00050
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5	<0.0100	<0.0100	<0.00220	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70	0.249	0.245	0.0437	0.073	0.211	0.166	0.211	0.0587	0.0518	0.0860	0.0274
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.00210	0.00026	0.0004	<0.0100	0.00036	<0.0100	ND	ND	ND
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0	—	—	<0.00320	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00190	0.00464	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
苯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00250	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00270	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	**4.69**	**4.51**	**1.11**	**1.53**	**1.48**	**1.93**	**1.86**	**0.530**	**0.210**	**0.210**	**0.202**
甲苯	mg/L	5.0	10	<0.0100	<0.0100	<0.00320	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	0.00134	<0.00050	ND
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00170	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.00220	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
氯苯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.00220	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
乙苯	mg/L	3.5	7.0	<0.0100	<0.0100	<0.00290	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
二甲苯	mg/L	50	100	<0.0300	<0.0300	<0.00560	ND	ND	<0.0300	ND	<0.0300	ND<0.00016	ND<0.00016	ND<0.00016
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75	<0.0100	<0.0100	<0.00190	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0	—	—	ND	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
萘	mg/L	0.20	0.40	<0.0100	<0.0100	<0.00290	ND	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0	—	—	—	—	ND	<0.0100	ND	<0.0100	ND	ND	ND

※*測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

表 4.3.4-3、2085 地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：R00672（中段/中游）

R00672		檢測數據資料來源		計畫一		計畫三	計畫三		107年度			108年度					109年度	
	單位	監測標準	管制標準	102.10.31	102.10.31	104.09.03	105.09.22	105.09.22	107.03.05	107.07.05	107.09.25	108.05.29	108.05.29	108.05.29	108.05.29	108.09.16	109.03.11	109.09.18
採樣方式	--	--	--	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井
採樣深度(m)	--	--	--	10	19	19.5	14	19	14	14	14	3	8.5	14	19	14	14	14
水位	m	--	--	1.202	1.28	0	滿水位	滿水位	--	0.253	0.502	0.767	0.767	0.767	0.767	滿水位	1.351	0.113
水溫	℃	--	--	26.7	26.4	30.9	26.9	27.6	--	26.5	28.8	26.9	26.5	26.6	26.4	27.9	24.1	29.5
pH	-	--	--	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	--	6.81	6.68	6.8	7	6.8	6.8	6.7	6.8	6.96
導電度	μmho/cm	--	--	2210	2210	2070	1920	1920	--	1647	213	1390	1420	1420	1420	1550	1402	1482
溶氧量	mg/L	--	--	1.7	1.5	1.9	2.8	0.8	--	1.25	3.39	2.1	1.4	3.6	1.7	1.3	1.05	0.71
氧化還原電位	mV	--	--	57.2	45.9	-45.5	146	79	--	52.3	-19.3	208	180	232	120	28.2	63.0	-221.4
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00081	0.00095	0.00211	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.00100	**0.116**
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00170	0.00144	0.00362	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00110	ND
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	<0.0100
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00292	0.00314	0.00482	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00169	<0.0100
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	<0.00050	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70	**0.430**	**0.423**	**0.400**	0.316	**0.354**	0.234	0.168	**0.467**	0.306	0.200	0.234	0.254	0.197	0.154	**0.954**
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00079	0.00080	<0.00050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.001	ND
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0	—	—	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
苯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	**18.9**	**19.7**	**8.06**	**5.35**	**5.77**	**3.42**	**3.51**	**2.58**	**1.47**	**2.07**	**2.11**	**2.10**	**2.72**	**0.975**	**0.109**
甲苯	mg/L	5.0	10	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.00050	0.00074	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00091	0.00087	0.00051	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.001	ND
氯苯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
乙苯	mg/L	3.5	7.0	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
二甲苯	mg/L	50	100	<0.0300	<0.0300	<0.0300	<0.0300	<0.0300	ND<0.00016	ND<0.00016	ND<0.00016	<0.0300	<0.0300	<0.0300	<0.0300	<0.0300	ND<0.00038	ND
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0	—	—	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
萘	mg/L	0.20	0.40	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0	—	—	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	<0.00050	ND	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	ND	ND

※*測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

表 4.3.4-4、2085 地號既設場置性監測井歷年監測數據彙整：D00295（南側/下游）

D00295	檢測數據資料來源			計畫一		計畫三	計畫三	106年度				107年度			108年度					109年度	
	單位	監測標準	管制標準	103.01.16	103.01.16	104.09.03	105.09.22	106.03.21	106.08.25	106.11.28	106	107.03.05	107.07.05	107.09.25	108.05.29	108.05.29	108.05.29	108.05.29	108.09.27	109.03.11	109.09.09
採樣方式	--	--	--	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	被動式	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井	微洗井
採樣深度(m)	--	--	--	10	19	19.5	15	14	14	14	8-19m/m	14	14	14	3	8.5	14	19	14	14	14
水位	m	--	--	1.75	1.785	0	滿水位	--	--	--	--	--	0.287	0.433	0.755	0.766	0.831	0.835	0.358	1.373	0.000
水溫	℃	--	--	24.5	23.9	31.2	28.4	--	--	--	--	--	28.0	28.2	29.2	28.4	28.4	28.5	27.6	24.8	33.4
pH	-	--	--	6.6	6.6	6.4	6.5	--	--	--	--	--	7.34	6.51	6.5	6.5	6.5	6.5	6.7	6.55	6.57
導電度	μmho/cm	--	--	2560	2560	2570	2100	--	--	--	--	--	1970	290	2320	2210	2230	2240	1600	1945	1894
溶氧量	mg/L	--	--	0.4	0.8	0.6	0.7	--	--	--	--	--	1.41	1.57	1.6	2.9	2.5	2.7	1.9	1.12	1.95
氧化還原電位	mV	--	--	-10.2	-3.8	-8.2	68.3	--	--	--	--	--	-14.8	-33.5	73.3	69.3	42.4	32.3	68.1	57.7	2.9
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.001	ND
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020	ND	ND	ND	ND	<0.0005	0.00052	0.00093	ND or <QL	<0.00050	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.001	<0.001
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070	ND	ND	ND	ND	<0.0005	0.00090	0.00150	ND or <QL	0.00107	<0.00050	<0.00050	<0.0100	<0.00100	<0.00100	ND	<0.0100	<0.001	0.00281
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	<0.0005	<0.0005	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0	ND	ND	ND	ND	<0.0005	<0.0005	0.00257	ND or <QL	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.001	0.00181
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70	ND	ND	ND	0.00932	0.0154	0.0357	0.238	0.026左右	0.0385	0.0218	0.0385	0.0230	0.0221	0.0194	0.0200	0.0485	0.0340	0.210
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00096	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
苯	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.0005	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	0.0188	**0.0420**	**0.135**	**3.70**	0.1左右	**0.217**	**0.166**	**0.118**	**0.124**	**0.0973**	**0.0981**	**0.0995**	**0.260**	**0.134**	**0.500**
甲苯	mg/L	5.0	10	ND	ND	ND	ND	0.00132	ND	<0.0005	微量檢出	ND	0.00069	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	<0.001	<0.001
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00083	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
氯苯	mg/L	0.50	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
乙苯	mg/L	3.5	7.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
二甲苯	mg/L	50	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND<0.00018	ND<0.00018	ND or <QL	ND<0.00016	ND<0.00016	ND<0.00016	<0.0300	ND	ND	ND	<0.0300	ND<0.00038	ND<0.00038
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
萘	mg/L	0.20	0.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND or <QL	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND	ND	<0.0100	ND	ND

*※測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

計畫一：應用環境鑑識技術調查含氯碳氫化合物污染場址之污染來源計畫[14]
計畫二：104年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫[16]
計畫三：臺南市安定區安定段(敬惠工業股份有限公司)北側區域地下水污染範圍調查計畫[15]
106年度：106年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫[18]
107年度：107年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫[19]
108年度：108年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫[20]
109年度：109年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫[21]

4.4 工作執行規劃與架構

根據挑選原則，擇定位於 2085 地號中段之既設監測井 R00672 周邊區域為水刀注藥試驗區域。惟 R00672 井深 20.88 m，開篩範圍達 18 m（2.8 m~20.8m）。此深度與長開篩範圍對於國內尚未進行實場試驗之水刀注藥技術，可能存在之變數較多。故規劃在 R00672 監測井周邊 2085 地號範圍內新設 1 口淺層監測井，作為水刀注藥施作之標的監測井。本計畫工作執行架構如下**圖 4.4-1** 所示，工作進度甘特圖如**表 4.4-1** 所示。

圖 4.4-1、工作執行架構圖

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

表 4.4-1、工作進度甘特圖

109年 工作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
(一) 第一年試驗場址調查													
1. 重新擇定試驗地號													
2. 地質鑽探													
3. 監測井設置													
4. 地下水質採樣分析													
(二) 模場試驗													
1. 水刀注藥設計規劃													
2. 設備準備與調適													
3. 水刀注藥現場作業													
(三) 後續監測													
1. 地下水現場參數監測													
2. 地下水質採樣分析													
(四) 彙整評析													
1. 整治成效評估													
2. 工法適用性評析													
(五) 期中/期末報告						※					※		
工作進度估計百分（累積數）	--	10%	20%	30%	40%	50%	57%	65%	72%	80%	90%	100%	

預定查核點	期中	1. 完成試驗場址施作水刀注藥所需之資料收集。 2. 地下水水質採樣分析。 3. 完成現地水刀注藥模場試驗作業。 4. 提出期中報告。
	期末	1. 完成2次現場試驗作業後地下水水質採樣分析。 2. 試驗成效評估、工法適用性評析。 3. 提出期末報告。

說明：

1、 工作項目預定進度以網底表示其起迄日期。

2、「※」符號為「預定查核點」。

4.4.1 試驗區域參數確認

(1) 地質鑽探

針對水刀注藥工法原應用領域地質改良工程施作前評估所需參數，即土壤一般物理試驗數據，先進行地質鑽探補充調查，取得 SPT-N 值（錘擊數）參數，搭配既有土壤質地資訊，進行可行性評估。

模場試驗場址2085地號與東側之2084地號同屬一位土地所有權人。該土地所有權人在未受污染的2084地號進行廠房建設時，曾於2084及2085地號執行地質鑽探，並同意將地質鑽探報告提供本計畫使用，詳如**附件1**。根據地質鑽探結果，場址地下9 m~10 m 內土壤質地以坋土及黏土為主，SPT-N 值多在15以下，屬於中等堅實-堅實；10 m 以下則以砂以及坋土為主，SPT-N 值多介於10-30之間，屬於中等緊密。此種地質特性屬於水刀注藥可作業之質地特性。

(2) 監測井設置及地下水採樣分析

參考2087地號持續於井深9.62 m之既設監測井 D00457驗得高濃度 VOC（採樣深度：8.5 m），本計畫規劃於 R00672監測井周邊2085地號範圍內新設1口淺層監測井（MW1），井深10 m，井篩範圍為從井底往上開篩6 m，即4 m~10 m。監測井設置完成、洗井完井後，進行微水試驗、單井流速流向測定，以確認試驗區域小範圍之地下水水利傳導係數 K 值、及地下水流向。

於新設監測井以微洗井方法採樣，分析現地厭氧還原脫氯生物整治評估所需之各項目，包括現場水質參數 pH/EC/DO/ORP、地下環境參數鐵/錳/總硬度/總有機碳/鹼度/氯鹽/硫酸鹽/硝酸鹽氮/亞硝酸鹽氮、地下水含氯污染化合物管制項目及其最終降解產物乙烯/甲烷，以及脫氯菌群/功能性基因微生物菌相分析等。

根據“敬惠污染範圍調查計畫”MIP 調查成果，豐枯水季水位深度紀錄為滿水位~1.5 m~3 m。而104_MIP 點位 M40在2 m~7 m 之 ECD 訊號強度最強，如**圖4.4.1-1**所示。綜合言之，試驗區域在2 m~9 m 土壤質地較緻密、9 m 以下則轉為坋質砂土、砂土等透水性較佳的土壤質地[15]。研判試驗區污染物可能卡在2 m~9 m 範圍，規劃於井口下6 m 深度進行採樣，分析既定項目。

依此規劃，本計畫於109年3月27日完成淺層監測井 MW1之設置、並於4月1日完成微水試驗及單井流速流向測定，相關紀錄詳見**附件2**。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

本計畫於109年4月8日完成地下水既定項目採樣，並且增加9 m 位置之含氯污染化合物管制項目採樣分析，以評估不同深度污染物分佈。採樣分析報告、微生物分析報告詳見**附件3**及**附件4**。

(3) 觀測井設置及地下水採樣分析

規劃於水刀注藥作業前在施作影響半徑圓周上設置1口1吋簡易觀測井（Observation Well, OW），井深11 m，用以觀察水刀切割範圍是否確實有達到規劃之1 m 半徑。並放置篩管，於水刀注藥作業前後進行地下水採樣監測。

依此規劃，本計畫於109年6月2日完成觀測井 OW 之設置，並以鐵氟龍貝勒同樣於6 m 深度進行地下水採樣，分析含氯污染化合物管制項目，以更了解水刀注藥作業前模場試驗區域地下水濃度狀況。

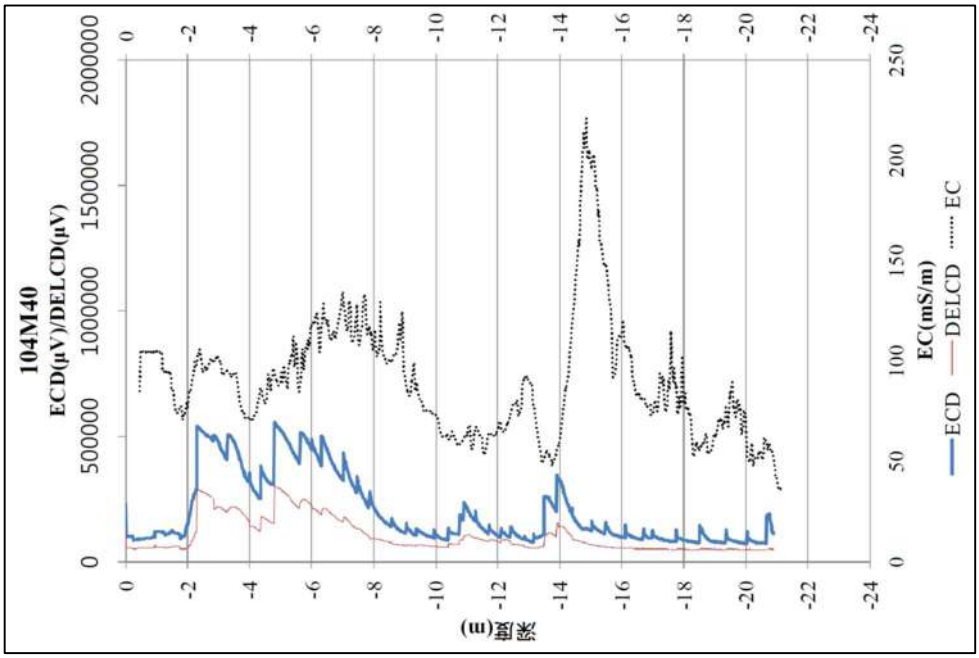


圖 4.4.1-1、104_MIP 調查點位 M40 之 ECD/ELCD 圖譜

4.4.2 水刀注藥試驗規劃

根據上述調查結果確認場址狀況後，水刀注藥工法施作點位、深度、切割半徑、觀測井位置等試驗參數設計如下述。

單井流速流向測定結果顯示新設監測井 MW1 地下水流方向為北往南，與區域地下水流方向一致。故規劃於 MW1 上游（北側）施作 2 個水刀注藥改良體（Water Jet-1, WJ-1; Water Jet-2, WJ-2），施作之影響半徑為 1 m（直徑 2 m）。考

量機具作業所需垂直空間（2 m）、及監測井 MW1 設置深度（10 m 深），規劃切割深度為地下 2 m 至 11 m，即 9 m 切割長度。作業方式為每 30 cm 間隔以水刀切割 2 cm~3 cm 厚之圓盤薄片後，進行藥劑灌注（故每口改良體切割 31 片圓盤薄片）。規劃施作點位與觀測井及監測井相對位置如**圖 4.4.2-1** 所示。

現場作業完成後，其中一個施作點位（WJ-1）放置篩管成為 1 吋簡易井，用於後續地下水監測。另一個水刀注藥施作點位（WJ-2）則以皂土水泥漿封填，避免留下可能會讓污染物垂直移動之傳輸路徑。

圖 4.4.2-1、水刀注藥施作規劃點位圖

4.5 水刀注藥試驗現場工作及後續監測

4.5.1 水刀注藥試驗現場工作

水刀注藥現場作業於 109 年 6 月 1 日至 109 年 6 月 5 日進行。現場作業照片如**圖 4.5.1-1** 所示，施作點位及周邊井口位置如**圖 4.5.1-2** 所示，施作後現場如**圖 4.5.1-3** 所示。施作點位 WJ-1 及 WJ-2 各注入 190 kg 之生物製劑基質藥劑（EOS® E5）以及 25 kg 之緩衝藥劑（CoBupH®）。

6 月 1 日至 6 月 5 日作業內容及水刀切割/藥劑灌注步驟如下所述，於作業期間隨時監控留意各壓力計流量計之數值是否在正常作動範圍。

6月1日：各項設備進場，吊掛、就定位放置及連接作業。包括發電機、高壓空氣壓縮機、超高壓泵、藥劑攪拌機、高壓軟管、沉水泵、砂泵、空氣軟管、水刀注藥鑽機設備以及鑽桿、管線電線架高不銹鋼桿、排泥收集槽、曝氣槽等。

6月2日：各項設備連接，配水配電作業。發電機、高壓空氣壓縮機、超高壓泵、藥劑攪拌機、水刀注藥鑽機啟動運作測試。測試完成後將水刀注藥鑽機移動至改良體 WJ-1 作業位置。

6月3日：改良體 WJ-1 進行水刀切割注藥作業。切割之半徑為 1 m（直徑 2 m），切割深度範圍地下 2 m~11 m（9 m 切割長度）。下桿至 11 m 後，開始以水刀切割出 2 cm~3 cm 厚之圓盤薄片，然後以每 30 cm 間隔垂直上移，重複此切割-固定間隔上移動作，直至 2 m 深度，即切割 31 片圓盤薄片。切割時觀察觀測井 OW 湧出之泥漿，確認切割範圍有達到規劃之 1 m 半徑。於此同時進行生物製劑基質藥劑以及緩衝藥劑調配。水刀切割完成後，重新將鑽桿下降至 11 m 深度開始進行藥劑灌注，再同樣以每 30 cm 間隔逐步垂直上移，重複此灌注-固定間隔上移動作至 2 m，於剛剛切割出的圓盤薄片內將調配好的藥劑灌入。

改良體 WJ-1 水刀切割注藥作業完成後，將水刀注藥鑽機移動至改良體 WJ-2 作業位置。

6月4日：改良體 WJ-2 進行水刀切割注藥作業，作業流程與 WJ-1 相同。作業完成後，進行各項設備關機及拆卸作業。於改良體 WJ-1 放置 1 吋篩管，成為 1 吋簡易井以供後續採樣監測使用。

作業期間同時配合協助土基會影片拍攝工作。

6月5日：各項設備拆卸、吊掛出場作業。

現場於每日作業前進行現場安全防護、人員安全防護等自主檢查，召開安全會議，並檢查結果及安全會議參與人員記錄於自主檢查表。污染防治及場址衛生安全措施規劃以及執行紀錄詳見**附件 5**。

設備吊掛進場就定位	設備裝配連接
機具裝配連接	機具定位調適測試
藥劑調配攪拌	水刀切割
注藥作業	設備離場

圖 4.5.1-1、水刀注藥作業現場照片

圖 4.5.1-2、水刀注藥施作點位及周邊井口位置圖

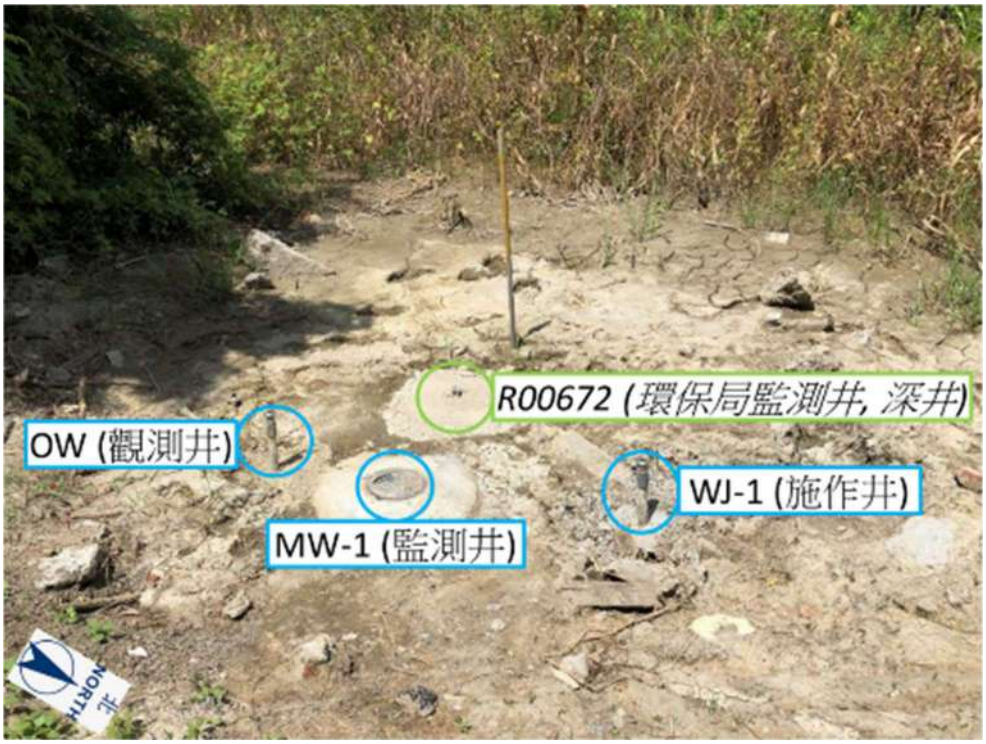


圖 4.5.1-3、水刀注藥施作後現場照片

4.5.2 後續監測

水刀注藥現場作業後，針對監測井 MW1、觀測井 OW 及施作井 WJ-1 進行後續地下水監測，包括地下水水質參數量測及採樣分析，並且增加 2 次 cVOCs 採樣分析，期能更精確掌握污染物濃度變化。監測頻率及項目如**表 4.5.2-1** 所述。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

表 4.5.2-1、監測項目與監測頻率彙整表

					監測井 (MW1)	觀測井 (OW)	施作井 (WJ-1)
					採樣方式：微洗井	採樣方式：貝勒管 (鐵氟龍/HDPE)	採樣方式：貝勒管 (鐵氟龍/HDPE)
4月		4/08	(三)	施作後週數	地下水採樣分析 (6m全項, 9m VOC) ■VOC ■乙烯甲烷 ■一般項目 ■鹼度 ■鐵/錳 ■微生物	--	--
6月		6/02	(二)		--	地下水採樣分析 (6m) ■VOC □乙烯甲烷 □一般項目 □鹼度 □鐵/錳 □微生物	--
	6/01 - 6/05	6/01(一)-6/05(五)			水刀注藥現場作業		
	6/08 - 6/12	--	--	1	--	--	--
	6/15 - 6/19	6/19	(五)	2	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)
	6/22 - 6/26	6/23	(二)	3	VOC加採分析 (6m)	VOC加採分析 (6m)	VOC加採分析 (6m)
	6/29 - 7/03	7/2	(四)	4	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)
7月	7/06 - 7/10	7/10	(五)	5	VOC加採分析 (6m)	VOC加採分析 (6m)	VOC加採分析 (6m)
	7/13 - 7/17	--	--	6	--	--	--
	7/20 - 7/24	7/23	(四)	7	地下水採樣分析 (6m) ■VOC □乙烯甲烷 □一般項目 □鹼度 □鐵/錳 □微生物	地下水採樣分析 (6m) ■VOC □乙烯甲烷 □一般項目 □鹼度 □鐵/錳 □微生物	地下水採樣分析 (6m) ■VOC □乙烯甲烷 □一般項目 □鹼度 □鐵/錳 □微生物
	7/27 - 7/31	--	--	8	--	--	--
8月	8/03 - 8/07	--	--	9	--	--	--
	8/10 - 8/14	8/13	(四)	10	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)	現場水質參數量測 (pH, EC, DO, ORP)
	8/17 - 8/21	--	--	11	--	--	--
	8/24 - 8/28	--	--	12	--	--	--
	8/31 - 9/04	--	--	13	--	--	--
9月	9/07 - 9/11	9/10	(四)	14	地下水採樣分析 (6m) ■VOC ■乙烯甲烷 ■一般項目 ■鹼度 ■鐵/錳 ■微生物	地下水採樣分析 (6m) ■VOC ■乙烯甲烷 ■一般項目 □鹼度 □鐵/錳 ■微生物	地下水採樣分析 (6m) ■VOC ■乙烯甲烷 ■一般項目 □鹼度 □鐵/錳 ■微生物

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第五章 結果與討論及後續工作

計畫預定於期中及期末查核點執行之工作項目皆已完成，包括1) 取得地質鑽探資料；2) 監測井設置及微水試驗/單井流速流向測定、簡易井設置；3) 水刀注藥規劃及現場試驗作業；4) 地下水採樣分析及後續監測。

根據地下水水質監測及採樣分析結果，模場試驗完成三個月後，監測井MW1三氯乙烯濃度已從試驗前之1 mg/L降低至小於第二類地下水污染管制標準（0.05 mg/L），顯見水刀注藥工法已成功啟動試驗區域之現地厭氧還原脫氯生物降解作用，並於短時間內完成三氯乙烯之污染整治。

5.1 模場試驗區井口基本資料

2085地號R00672監測井周邊完成淺層監測井MW1於109年3月27日完成設置，4月1日完成微水試驗及單井流速流向測定（相關設置及試驗測定紀錄詳見**附件2**）。1吋簡易觀測井OW（Observation Well）於109年6月2日完成設置。水刀注藥改良體於施作後放置篩管成為1吋簡易井的施作井WJ-1（Water Jet-1）於109年6月4日完成設置。監測井MW1、觀測井OW以及施作井WJ-1基本資料如下**表5.1-1**所示。

表5.1-1、2085地號新設井基本資料表

井號	設置日期	井徑 (in)	井深 (m)	井篩長度 (m)	開篩範圍 (m)	K值 (m/s)
MW1	109/03/27	2	10.223	6	4.143~10.143	9.821×10^{-6}
OW	109/06/01	1	11.062	6	5.012~11.012	--
WJ-1	109/06/03	1	11.331	6	5.281~11.281	--

5.2 水刀注藥試驗前後地下水質彙整討論

5.2.1 水刀注藥試驗前地下水採樣分析結果

本計畫於109年4月8日執行新設監測井MW1之地下水採樣分析。除了原本規劃於6 m深度採樣分析既定規劃的項目，工作團隊另行於9 m深度採樣，分析地下水中含氯污染化合物管制項目，以評估不同深度污染物分佈。觀測井OW則於109年6月2日設置完成後於6 m深度進行地下水採樣，分析含氯污染化合物管制項目，以更了解水刀注藥作業前模場試驗區域地下水濃度狀況。

地下水分析結果彙整如**表 5.2.1-1** 及**表 5.2.1-2**，採樣分析報告、微生物分析報告詳見**附件 3** 及**附件 4**。

- 已出現自然衰減作用產物順-1,2-二氯乙烯，但整體地下環境尚未達到還原狀態（氧化還原電位 ORP 皆＞0 mv）。
- MW1及 OW 之地下水 pH 皆在中性範圍（pH 值6.5～7.5）。
- 地下水採樣深度6 m 之三氯乙烯濃度（OW 2.16 mg/L, MW1 1.00 mg/L）高於9 m（MW1 0.730 mg/L）。有可能是殘留於8 m 以上較緻密土壤內的污染物剛剛開始往下釋出。
- 總有機碳（Total Organic Carbon, TOC）濃度為低量（MW1 1.1 mg/L）。
- 監測井 MW1微生物分析結果：測得 *Dehalococcoides*、*Sulfurospirillum*、*Desulfitobacterium*、*Dehalobacter* 等脫鹵菌群，族群數量約在10^4~10^6 copies/L，但脫氯功能性基因 *tceA*、*vcrA*、*bvcA* 檢出的數量僅有10^1~10^2 copies/L、甚或低於偵測極限未檢出（Not Detected, ND）。

5.2.2 水刀注藥試驗後地下水監測結果

本計畫根據既定規劃（**表 4.5.2-1**），執行了模場試驗區域 3 口井各 3 次的地下水現場水質參數量測、以及 2 次地下水採樣分析；工作團隊並另行增加 2 次地下水採樣，分析含氯污染化合物管制項目，以期更能掌握水刀注藥作業後之地下水污染物濃度變化。地下水分析結果彙整如**表 5.2.1-1**、**表 5.2.1-2** 以及**表 5.2.2-1**，採樣分析報告、微生物分析報告詳見**附件 3** 及**附件 4**。

- 3口井地下水現場參數之氧化還原電位 ORP 於水刀注藥現場作業2周後即已降至＜0 mv，且持續維持在-80 mv～-200 mv 之還原狀態。
- 3口井之地下水 pH 於監測期間持續維持在中性範圍（pH 值6.5～7.5）。
- 3口井之總有機碳 TOC 皆增加至＞50 mg/L
- 監測井 MW1地下水三氯乙烯濃度已從試驗前之1 mg/L 降至低於第二類地下水污染管制標準（0.05 mg/L）。觀測井 OW 與施作井 WJ-1的三氯乙烯濃度出現先降→後升→再下降之趨勢。
- 厭氧還原脫氯生物整治之副產物順-1,2-二氯乙烯濃度呈現先升→後降趨勢，且皆已接近或低於第二類地下水污染管制標準（0.70 mg/L）。
- 厭氧還原脫氯生物整治之副產物氯乙烯濃度仍呈現上升趨勢。

- 監測井微生物分析結果：測得 *Dehalococcoides*、*Sulfurospirillum*、*Desulfitobacterium*、*Dehalobacter* 等脫鹵菌群，族群數量約在10^4~10^6 copies/L，且脫氯功能性基因 *tceA*、*vcrA*、*bvcA* 檢出的數量增加至10^5~10^7 copies/L。

表 5.2.1-1、水刀注藥試驗前後監測井 MW1 地下水採樣監測結果

		MW1	樣品編號	PG4026101	PG4026001	—	PG6046501	—	PG7038601	PG7058201	—	PG9028801
	單位	污染監測標準	污染管制標準	109.04.08	109.04.08	109.06.19	109.06.23	109.07.02	109.07.10	109.07.23	109.08.13	109.09.10
採樣深度(m)	—	—	—	6	9	10.10	6	10.00	6	6	10.20	6
水位	m	—	—	1.200	1.190	0.579	0.513	0.446	0.563	0.717	0.201	滿水位
水溫	℃	—	—	26.2	25.5	—	28.1	27.3	32.2	30.8	28.3	28.3
pH	-	—	—	6.90	6.90	7.02	7.01	8.02	6.90	6.70	7.61	6.90
導電度	μmho/cm	—	—	1330	1350	1583	1824	1706	1889	1840	871	2160
溶氧量	mg/L	—	—	0.80	1.40	1.03	0.73	0.73	1.40	1.2	1.84	0.40
氧化還原電位	mV	—	—	30.8	46.2	-247.1	-211.9	-141.6	-178.2	-178.0	-141.4	-140.0
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020	<0.0100	<0.0100		**0.0122**		**0.0331**	**0.0834**		**1.43**
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		0.0167	0.0261		<0.0100
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70	0.137	0.338		**1.93**		**4.20**	**5.80**		0.0917
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
苯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100	—	<0.0100	—	<0.0100	<0.0100	—	<0.0100
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	**1.00**	**0.730**		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
甲苯	mg/L	5.0	10	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯苯	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
乙苯	mg/L	3.5	7.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二甲苯	mg/L	50	100	<0.0300	<0.0300		<0.0300		<0.0300	<0.0300		<0.0300
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
萘	mg/L	0.20	0.40	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0	<0.0100	<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氟鹽	mg/L	4.0	8.0	0.32								0.29
硝酸鹽氮	mg/L	5.0	10	ND								<0.20
亞硝酸鹽氮	mg/L	50	100	ND								<0.05
硫酸鹽	mg/L	625	—	176								3.57
鐵	mg/L	1.5	—	1.34								3.19
錳	mg/L	0.25	—	0.983								1.71
氨氮	mg/L	0.25	—	ND	—	—	—	—	—	—	—	ND
氯鹽	mg/L	625	—	62.6								268
總硬度	mg/L	750	—	521								830
總溶解固體物	mg/L	1250	—	918								1420
總有機碳	mg/L	10	—	1.1								57.8
鹼度	mg/L	—	—	461								773
甲烷	mg/L	—	—	0.032								16.9
乙烯	mg/L	—	—	<0.010								0.017

*※測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

表 5.2.1-2、水刀注藥試驗前後觀測井 OW 地下水採樣監測結果

			OW	樣品編號	PG6012501	—	PG6046503	—	PG7038602	PG7058202	—	PG9028901
	單位	污染監測標準	污染管制標準		109.06.02	109.06.19	109.06.23	109.07.02	109.07.10	109.07.23	109.08.13	109.09.10
採樣深度(m)	—	—	—		6	9.20	6	8.70	6	6	8.50	6
水位	m	—	—		0.430	1.165	0.903	0.983	0.965	1.070	0.251	0.458
水溫	℃	—	—		26.2	—	27.2	27.5	27.8	28.3	28.1	27.6
pH	-	—	—		7.10	6.97	7.35	7.73	7.20	6.90	7.58	6.90
導電度	μmho/cm	—	—		1160	1507	1781	1716	1985	1910	2220	2030
溶氧量	mg/L	—	—		1.20	0.15	0.66	0.90	0.70	0.30	0.96	<0.1
氧化還原電位	mV	—	—		182.0	-287.3	-128.7	-150.1	-205.8	-131.0	-224.9	-84.2
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020		<0.0100		**0.0231**		**0.157**	**0.289**		**0.827**
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70		0.254		**2.00**		**1.78**	**1.76**		**0.535**
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
苯	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050		<0.0100	—	<0.0100	—	<0.0100	<0.0100	—	<0.0100
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050		**2.16**		<0.0100		<0.0100	**0.0838**		**0.0535**
甲苯	mg/L	5.0	10		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯苯	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
乙苯	mg/L	3.5	7.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二甲苯	mg/L	50	100		<0.0300		<0.0300		<0.0300	<0.0300		<0.0300
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
萘	mg/L	0.20	0.40		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氟鹽	mg/L	4.0	8.0									0.25
硝酸鹽氮	mg/L	5.0	10									ND
亞硝酸鹽氮	mg/L	50	100									ND
硫酸鹽	mg/L	625	—									15.4
鐵	mg/L	1.5	—									—
錳	mg/L	0.25	—									—
氨氮	mg/L	0.25	—		—	—	—	—	—	—	—	ND
氯鹽	mg/L	625	—									292
總硬度	mg/L	750	—									2150
總溶解固體物	mg/L	1250	—									1610
總有機碳	mg/L	10	—									100
鹼度	mg/L	—	—									—
甲烷	mg/L	—	—									0.691
乙烯	mg/L	—	—									<0.010

*※測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

表 5.2.2-1、水刀注藥試驗後施作井 WJ-1 地下水採樣監測結果

			WJ-1 樣品編號	—	PG6046502	—	PG7038603	PG7058203	—	PG9028902
	單位	污染監測標準	污染管制標準	109.06.19	109.06.23	109.07.02	109.07.10	109.07.23	109.08.13	109.09.10
採樣深度(m)	—	—	—	10.65	6	10.00	6	6	10.70	6
水位	m	—	—	1.035	0.658	1.066	0.762	1.169	0.274	0.602
水溫	℃	—	—	—	28.1	27.2	28.2	28.2	28.1	28.1
pH	-	—	—	6.87	7.21	7.79	6.90	6.50	7.57	6.70
導電度	μmho/cm	—	—	2060	2490	1741	3010	2680	2430	3220
溶氧量	mg/L	—	—	0.07	0.81	0.80	1.23	0.40	1.74	<0.1
氧化還原電位	mV	—	—	-294.2	-100.2	-158.2	-103.8	-141.0	-219.0	-91.9
氯甲烷	mg/L	0.15	0.30		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯乙烯	mg/L	0.010	0.020		<0.0100		**0.0109**	**0.0123**		**0.284**
1,1-二氯乙烯	mg/L	0.035	0.070		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二氯甲烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
反-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1-二氯乙烷	mg/L	4.25	8.5		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
順-1,2-二氯乙烯	mg/L	0.35	0.70		**1.05**		**0.985**	**1.80**		**0.775**
三氯甲烷(氯仿)	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,1-三氯乙烷	mg/L	1.0	2.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1.2-二氯乙烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
苯	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯化碳	mg/L	0.025	0.050	—	<0.0100	—	<0.0100	<0.0100	—	<0.0100
三氯乙烯	mg/L	0.025	0.050		0.0244		**0.217**	**0.227**		**0.0311**
甲苯	mg/L	5.0	10		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,1,2-三氯乙烷	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
四氯乙烯	mg/L	0.025	0.050		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氯苯	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
乙苯	mg/L	3.5	7.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
二甲苯	mg/L	50	100		<0.0300		<0.0300	<0.0300		<0.0300
1,4-二氯苯	mg/L	0.375	0.75		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
1,2-二氯苯	mg/L	3.0	6.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
萘	mg/L	0.20	0.40		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
甲基第三丁基醚	mg/L	0.50	1.0		<0.0100		<0.0100	<0.0100		<0.0100
氟鹽	mg/L	4.0	8.0							0.30
硝酸鹽氮	mg/L	5.0	10							<0.04(0.01)
亞硝酸鹽氮	mg/L	50	100							ND
硫酸鹽	mg/L	625	—							8.85
鐵	mg/L	1.5	—							—
錳	mg/L	0.25	—							—
氨氮	mg/L	0.25	—							ND
氯鹽	mg/L	625	—	—	—	—	—	—	—	315
總硬度	mg/L	750	—							2130
總溶解固體物	mg/L	1250	—							2500
總有機碳	mg/L	10	—							433
鹼度	mg/L	—	—							—
甲烷	mg/L	—	—							2.20
乙烯	mg/L	—	—							<0.010

*※測值**粗體**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染監測標準，**粗體底線**表示該項目檢驗值超過第二類地下水污染管制標準。*

5.2.3 水刀注藥試驗前後監測井水文參數測定

監測井 MW1 於水刀注藥試驗前執行微水試驗，所得水利傳導係數 K 值為 9.821×10^{-6}；單井流速流向測定結果顯示地下水流方向為北往南（**附件 2**），與區域地下水流方向一致。水刀注藥試驗結束 4 個半月後（109 年 10 月 16 日）再次進行微水試驗以及單井流速流向測定，測得之水利傳導係數 K 值為 1.745×10^{-6}；地下水流為西南方向（**附件 6**）。顯見水刀注藥作業對試驗區域地下水流速流向未造成顯著影響。

5.2.4 水刀注藥試驗成果探討

- 厭氧還原脫氯反應過程中，因為基質添加發酵產生的小分子有機酸，以及發酵產生的氫氣加上脫氯過程的氯生成的鹽酸，皆會讓地下環境的 pH 值下降。pH 值若＜6，脫氯菌群的生長及脫氯效率會受到抑制[22][23]。故在加強式現地厭氧還原脫氯生物整治過程中，pH值是否維持在中性範圍（6 ~ 8）至為關鍵。本次水刀注藥作業時，將緩衝藥劑與長效型乳化油基質藥劑攪拌後同時注入試驗區，故水刀注藥作業前後地下水 pH 值測定結果皆在6.5 ~ 7.5之中性範圍內（**圖5.2.4-1**），並未出現急遽下降現象，避免了脫氯降解效率與試驗結果受到pH值變化影響。
- 水刀注藥作業前，監測井 MW1雖已出現自然衰減作用產物順-1,2-二氯乙烯，惟整體地下環境尚未達到最適合脫氯菌厭氧還原生物降解作用狀態。水刀注藥現場作業2周後，3口井的ORP即下降至＜-200 mv，且後續皆持續維持在-80 mv ~ -200 mv（**圖5.2.4-1**）。顯示水刀注藥作業後基質已傳佈至地下環境，並經由微生物耗氧機制，進行一系列發酵及還原作用，讓地下環境持續維持厭氧還原狀態。
- 水刀注藥作業前監測井 MW1雖然有測到脫鹵菌群族群數量約在 10^4~10^6 copies/L，但脫氯功能性基因 *tceA*、*vcrA*、*bvcA* 檢出數量僅有 10^1~10^2 copies/L、甚或低於偵測極限未檢出（Not Detected, ND）。水刀注藥作業3個月後，3口井的脫氯功能性基因 *tceA*、*vcrA*、*bvcA*、*dcaA* 的檢出數量皆增加至10^5~10^7 copies/L，顯見地下環境被塑造至適合於脫氯菌生長後，帶有脫氯功能性基因的脫氯菌群大幅增加，有效進行了厭氧還原脫氯生物降解。

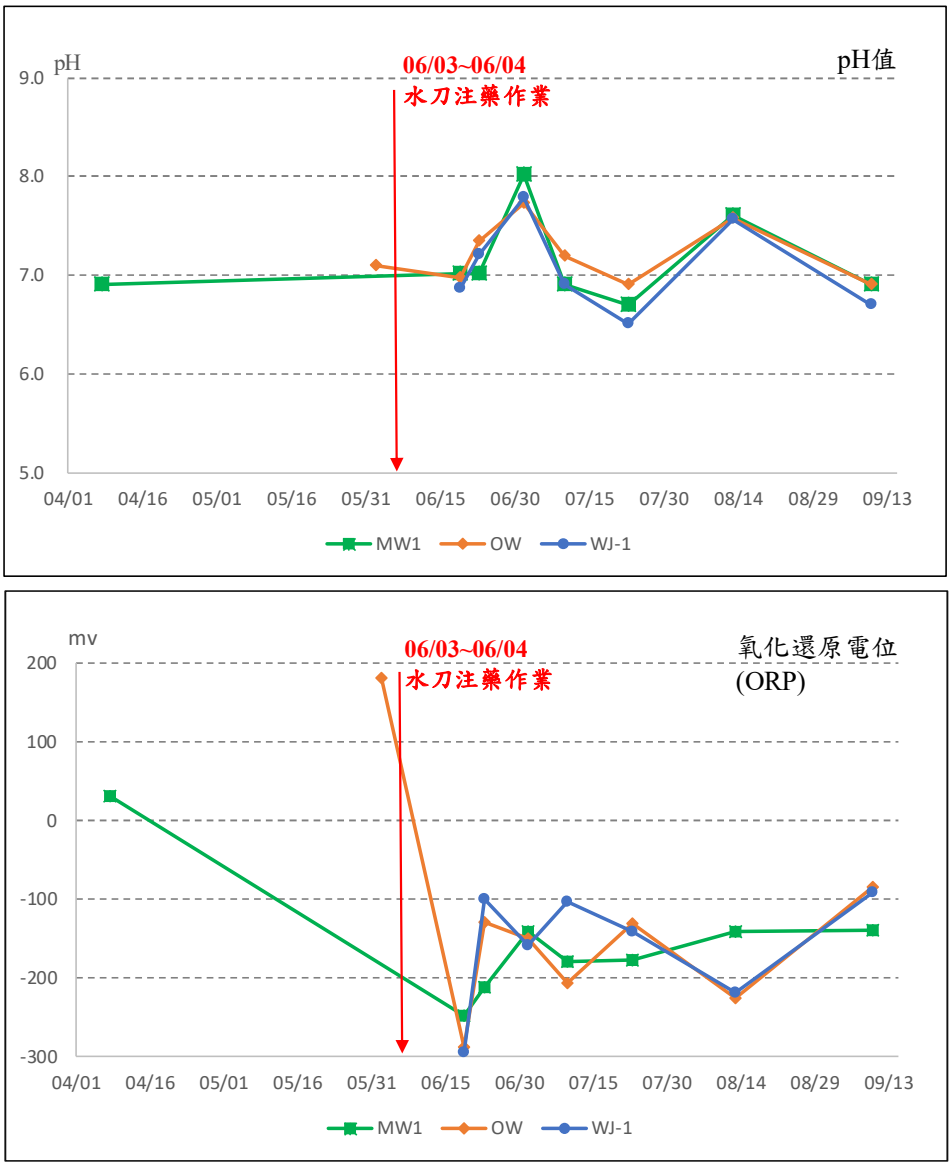


圖 5.2.4-1、模場試驗區地下水 pH 值及 ORP 變化趨勢

- 模場試驗區地下水含氯污染物三氯乙烯、順-1,2-二氯乙烯以及氯乙烯之濃度分佈變化趨勢如**圖5.2.4-2**所示。監測井 MW1、觀測井 OW 以及施作井 WJ-1之單井地下水含氯污染物濃度分佈變化趨勢**圖5.2.4-3**所示。整體而言，水刀注藥試驗前後三氯乙烯濃度呈現下降之趨勢、順-1,2-二氯乙烯濃度呈現先升→後降之趨勢，氯乙烯濃度則呈現上升趨勢。加強式現地厭氧還原脫氯生物整治過程中，當基質被有效注入污染團所在的地下環境，啟動了厭氧還原脫氯生物降解作用，三氯乙烯會被分解，同時三氯乙烯脫氯過程中的副產物順-1,2-二氯乙烯以及氯乙烯濃度則會上升，爾後再經由脫氯生物降解作用逐漸被分解濃度下降[22]。脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化之概念模式如**圖5.2.4-4**所示。

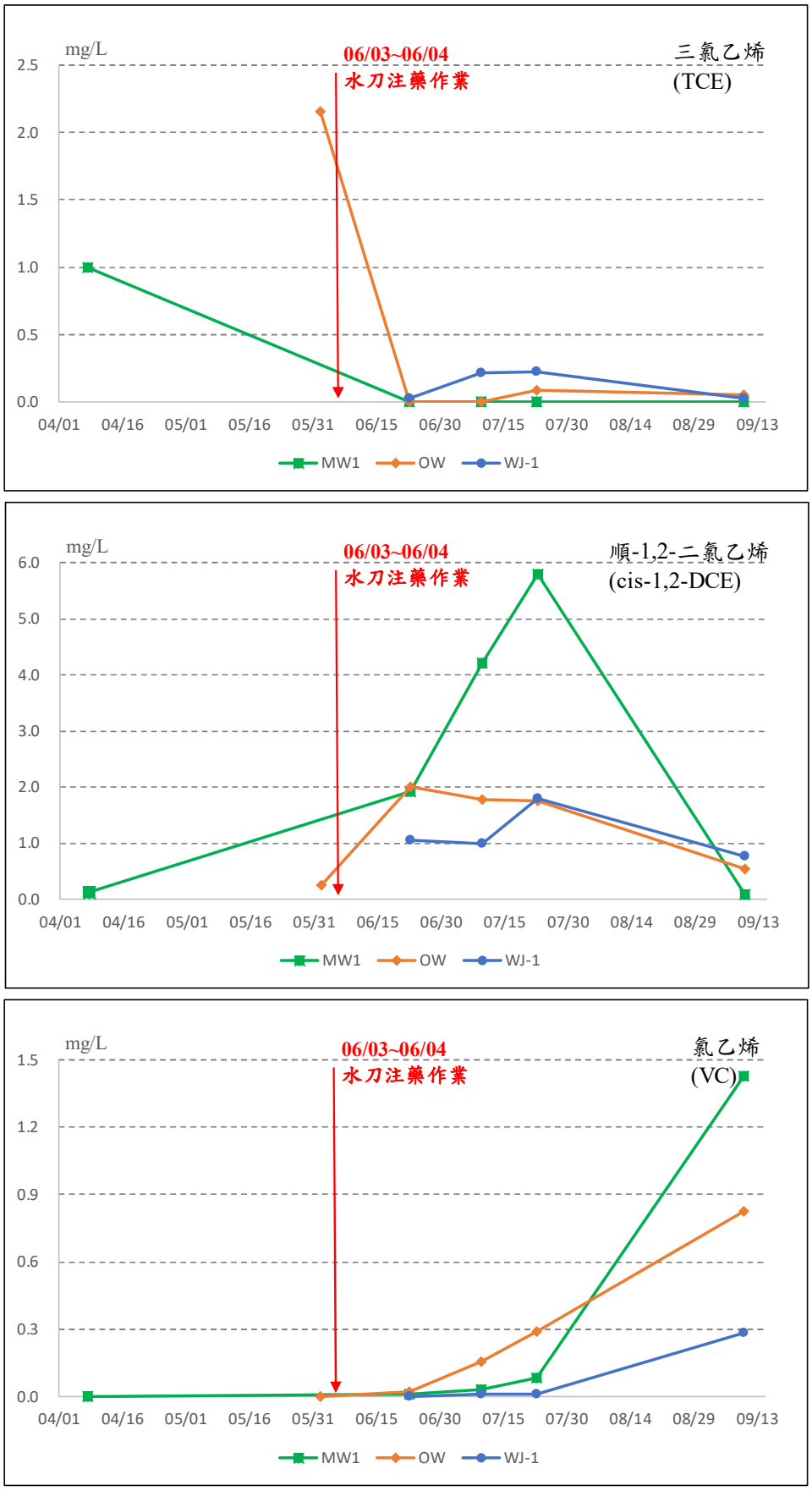


圖 5.2.4-2、模場試驗區地下水含氯污染物濃度分佈變化趨勢

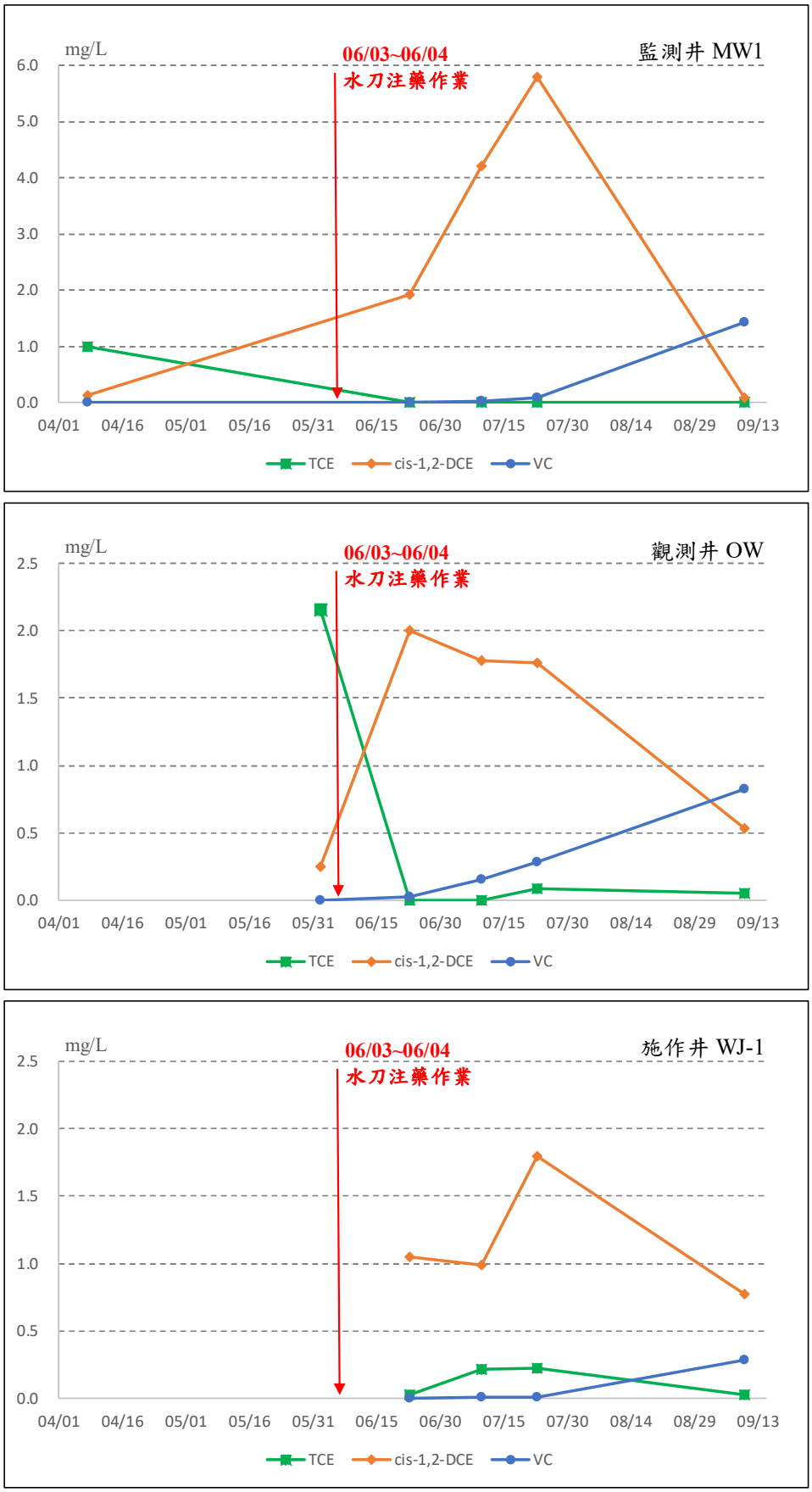


圖 5.2.4-3、監測井/觀測井/施作井之地下水含氯污染物濃度分佈變化趨勢

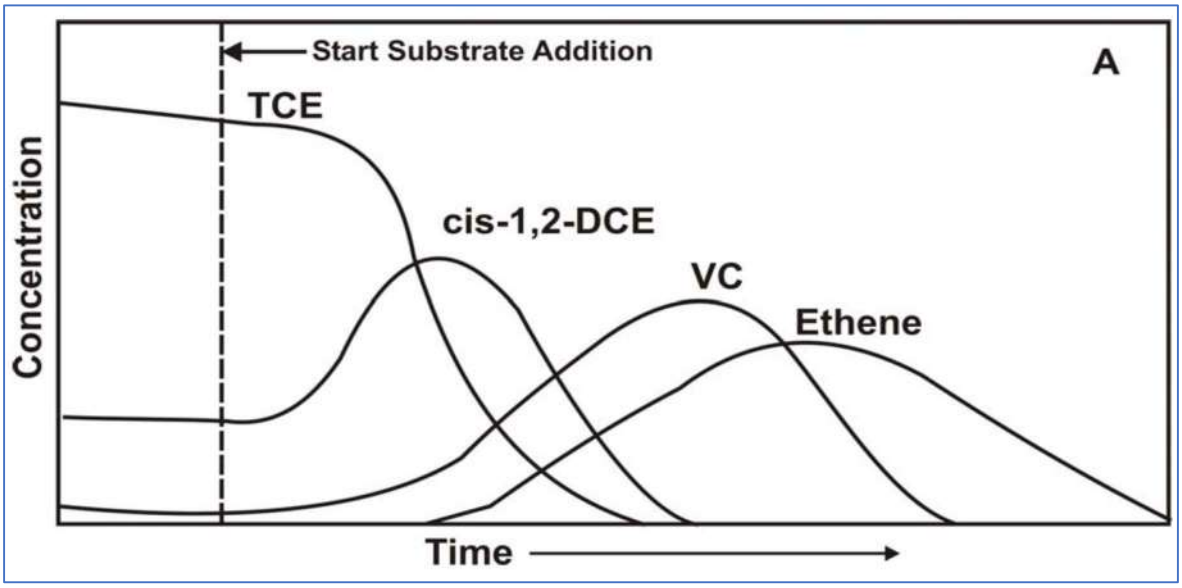


圖 5.2.4-4、脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化之概念模式[22]

- 模場試驗區地下水含氯污染物濃度變化趨勢與概念模式相符。監測井MW1地下水三氯乙烯濃度已從試驗前之1 mg/L 降低至低於第二類地下水污染管制標準（0.05 mg/L），順-1,2-二氯乙烯亦已出現下降之轉折，惟水刀注藥作業後監測時間僅3個月，氯乙烯濃度仍呈現上升之趨勢。需靠後續監測方能得知氯乙烯濃度何時出現下降轉折。
- 觀測井 OW 以及施作井 WJ-1之三氯乙烯濃度呈現先降→後升→再下降趨勢，一開始的濃度下降與上述脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化之概念模式相符；而濃度下降後又微幅上升，可能因為水刀注藥作業對改良體範圍內之地下環境造成擾動，讓佇留在低透水性土層的吸附相污染釋出至溶解相，產生反向擴散（Back Diffusion）→污染物濃度回升（Concentration Rebound）現象。三氯乙烯濃度短暫上升後再下降，表示又回到脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化概念模式的機制，且未再回升。顯示水刀注藥工法已經有效讓基質藥劑傳佈至污染物周邊，處理低透水性區域或高-低透水性夾雜互層區域的污染。
- 地質化學指標參數中，硫酸鹽濃度明顯下降（MW1水刀注藥試驗前後176 mg/L→3.57 mg/L），顯見水刀注藥試驗基質注入地下環境後，促使灌注位置下游生成還原區域，逐步由硝酸鹽還原→錳/鐵還原→硫酸鹽還原，直到脫氯菌最適的生長狀態：硫酸鹽還原與甲烷生成態之間[4]（如示意**圖5.2.4-5**），此過程會將地下環境原有的硫酸鹽濃度還原殆盡。氯鹽則因為氯在脫氯過程中的釋出而濃度上升[23]（MW1水刀注藥試驗

前後62.6 mg/L→268 mg/L），因為基質注入地下環境啟動厭氧生物降解造成此類地質化學指標參數之變化趨勢，如**圖5.2.4-6**所示。

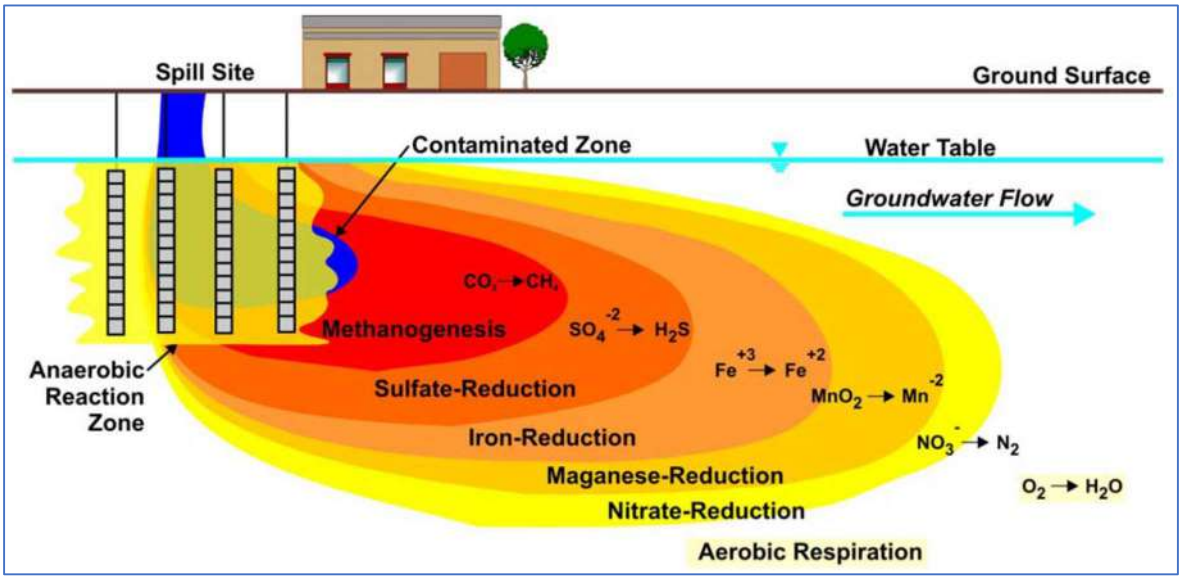


圖 5.2.4-5、基質灌注後促使灌注位置下游生成還原區域[4]

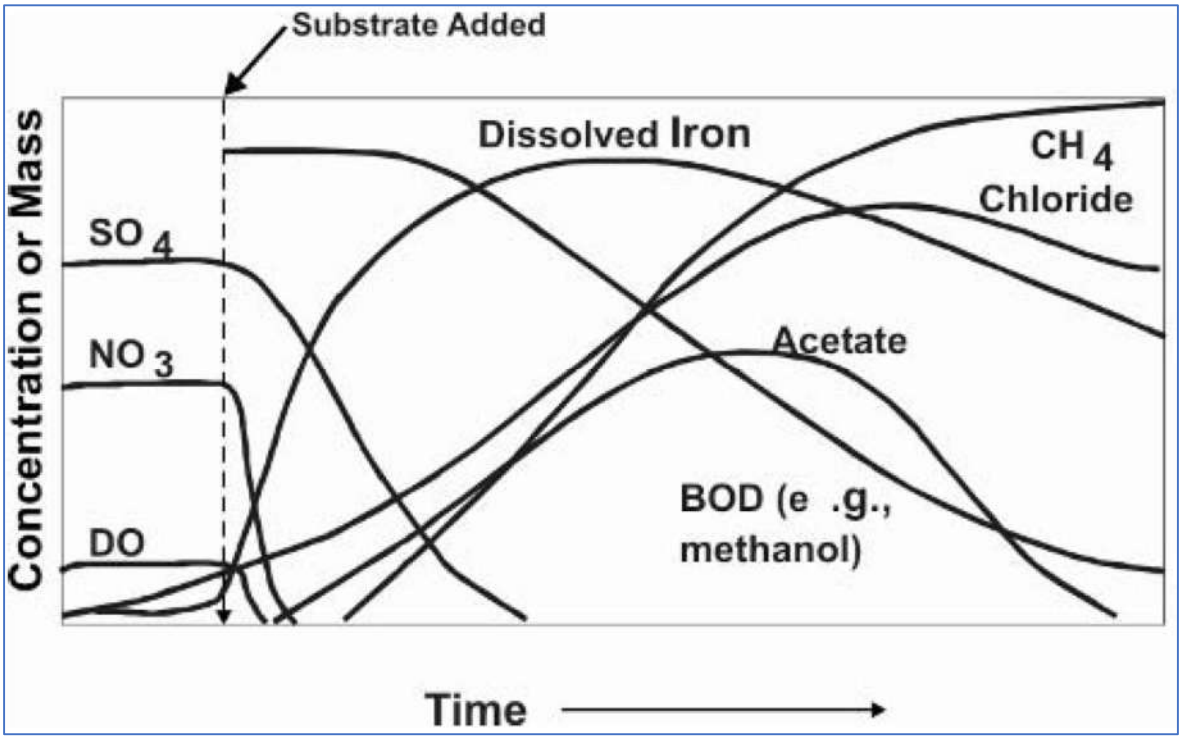


圖 5.2.4-6、有機碳基質厭氧生物降解造成之地質化學指標參數變化[23]

- 施作井 WJ-1的測試結果與觀測井 OW 及監測井 MW-1不盡相同。WJ-1位置接近“敬惠污染範圍調查計畫”[15]土壤採樣點位 S08（地下150~200 cm 三氯乙烯0.43 mg/kg、順-1,2-乙烯0.17 mg/kg），可能較靠近早年因消防灌注水，將三氯乙烯污染物從2085地號沖向試驗區域2087地號污染形成之處，積累的吸附相污染物含量有可能較高。且 WJ-1為施作井，周邊直接擾動較大，使三氯乙烯下降再上升的幅度較明顯。此外，厭氧還原脫氯生物整治場址的監測頻率通常是3個月至半年進行1次地下水 VOC 採樣分析，而本次模場試驗進行了較密集的採樣分析（現場施作後3個半月內採樣分析4次地下水 VOC），故得以觀察到小區域範圍內短時間的變化差異。整體而言，三口井的長期變化趨勢仍是相同的。
- 本次模場試驗之設計參數參考日本模場案例[11]進行，施作影響半徑為1 m（直徑2 m）、每30 cm 間隔進行一片水刀切割/藥劑灌注。日本模場案例同樣使用長效型乳化油基質藥劑，惟未提及基質藥劑使用量以及工程成本。本計畫參考國內其他含氯污染場址經驗，根據試驗場址之水文地質特性、地下水一般項目濃度以及地下水含氯污染物濃度評估藥劑使用量。水刀注藥現場作業整體工程及藥劑成本約在新台幣130萬元左右（不包含施作前後採樣分析監測費用）。
- 日本2個案例[11]及本次試驗因為皆為模場試驗，考量鑽機設備作業能力，施作影響半徑規劃皆為1 m。根據本次模場試驗結果，在土壤質地為坋土/黏土、水利傳導 K 值為10^{-6} m/s 範圍的區域，水刀注藥以1 m之影響半徑施作可得到良好的成效。希望後續能有更多的場址案例測試不同的鑽機操作參數，期能擴大施作影響半徑至2 m 以上。污染場址欲使用此技術時，建議先進行模場試驗，以確認可施作之最大範圍，再進行全場整治工程規劃。
- 水刀注藥工法在固定深度位置切割出圓盤薄片狹縫空間後，再將基質藥劑注入，因為是以固定間距進行此操作、而非以 grouting 方式連續攪動，不會形成垂直傳輸的通道；且設計規劃時，僅在低透水層或高-低透水層夾雜互層之範圍內進行水刀切割注藥，不進行跨層切割，故無藥劑短流污染物跨層傳輸之疑慮。圓盤薄片間距可視地層土壤質地及水利傳導係數 K 值進行調整，若是使用在黏土坋土質地之低透水層，可考慮降低圓盤薄片間距以及切割半徑，讓基質藥劑更能有效傳輸至污染物周邊。

- 水刀注藥作業後，鄰近 MW1之既設監測井 R00672地下水濃度亦出現變化，且其變化符合脫氯序列降解導致氯烯類化合物濃度變化之概念模式，三氯乙烯明顯下降、順-1,2-二氯乙烯明顯上升、之前未測得的氯乙烯出現濃度，同時氧化還原電位 ORP 由正轉負（109年3月→9月：三氯乙烯0.975 mg/L→0.109 mg/L、順-1,2-二氯乙烯0.154 mg/L→0.954 mg/L、氯乙烯 ND→0.116 mg/L、ORP 63.0 mv→-221.4 mv；**表4.3.4-3**）。既設監測井 R00672開篩範圍為2.8 m~20.8 m，地下水採樣位置為14 m。顯示因為該區域地質特性，9 m 以下為坋質砂土、砂土等透水性較佳的土壤質地[15]，讓水刀注藥作業啟動生成之地下環境還原區域及厭氧生物降解反應，隨著 R00672長開篩篩管形成之垂直路徑而向下傳輸。

5.2.5 簡易井廢井作業

為減少可能讓污染物垂直移動之傳輸路徑存在，既定監測計畫結束後，即依照模場試驗規劃，以皂土水泥漿封填簡易井 OW 及 WJ-1，避免污染物擴散。廢井作業於 109 年 10 月 16 日完成，廢井報告詳見**附件 7**。

5.3 水刀注藥工法初步成效評估

監測井 MW1 地下水三氯乙烯濃度已從試驗前之 1 mg/L 降低至小於第二類地下水污染管制標準（0.05 mg/L），顯見水刀注藥工法已成功啟動受污染區域之現地厭氧還原脫氯生物降解作用，並於短時間內完成三氯乙烯之污染整治。

根據本次模場試驗結果，在土壤質地為坋土/黏土、水利傳導 K 值為 10^{-6} m/s 範圍的區域，水刀注藥以 1 m 影響半徑施作，可得到良好的成效。

一般注藥工法因為是以固定開篩深度的灌注井將基質藥劑注入地下環境，此灌注方式容易形成固定的傳輸路徑（短流），基質藥劑可能一直無法傳輸到污染物周邊。當吸附相污染持續緩慢釋出，污染物濃度會反覆出現回升現象，故需要反覆進行基質藥劑補充灌注，但基質藥劑僅經由優勢路徑傳輸，始終無法有效啟動厭氧還原脫氯生物降解機制，無法有效進行含氯污染物整治。水刀注藥工法施作之後，三氯乙烯濃度則是僅短暫上升後再下降，並且未再回升。

由模場試驗結果顯示，水刀注藥工法施作後，受污染區域已經有效的進行了加強式現地厭氧還原脫氯生物降解作用；意即水刀注藥工法與一般注藥工法相比，可在低透水性區域或高-低透水性夾雜互層的地層，讓基質藥劑有效的傳輸到污染物周邊，故能有效的處理此類地層的含氯有機溶劑污染。

5.4 後續工作

5.4.1 第一年試驗場址後續監測

繼續監測 MW1 水質變化，了解殘餘之順-1,2-二氯乙烯與氯乙烯濃度下降轉折變化何時出現。

5.4.2 第二年計畫場址選擇與試驗規劃

- 根據執行經驗，與目前評估之場址（苗栗縣頭份市永貞段（滯水層）區域場址）所在地之主管機關溝通，了解場址需求，評估作為第二年試驗之可行性，進行水刀注藥試驗規劃。若有其他場址符合計畫試驗場址評估選擇原則，亦將納入考量。
- 確定試驗地號後，先進行地質鑽探補充調查，分析 SPT-N 值等參數，搭配既有之土壤質地資訊，進行水刀注藥工法可行性/適用性評估。
- 於試驗區域標的監測井進行地下水採樣，分析現地厭氧還原脫氯生物整治評估所需之各項參數，包括現場水質參數 pH/EC/DO/ORP、地下環境參數總硬度/總有機碳/氯鹽/硫酸鹽/硝酸鹽氮/亞硝酸鹽氮、地下水含氯污染管制化合物及其最終降解產物乙烯/甲烷濃度，以及脫鹵菌群/功能性基因微生物菌相分析等。
- 根據上述調查結果確認場址狀況後劃定模場試驗區域，計算基質藥劑需要量，參考109年度執行經驗進行試驗設計，規劃水刀注藥工法施作點位、深度、切割深度範圍、切割影響半徑（1~2 m）、圓盤薄片切割厚度與間距（30 cm）等操作參數。
- 規劃時將參考環保署「地球物理探勘應用於土壤及地下水污染場址之調查驗證作業及整治技術評估計畫」，加入跨孔式地電阻影像剖面法（Cross-Hole/Borehole Electrical Resistivity Tomography, CHERT），在水刀注藥工法將基質藥劑注入地下後，進行基質藥劑傳輸散布跨孔井測時間序列4D 評析。

5.4.3 水刀注藥工法成效評估與發表

- 彙整分析兩年執行結果，進行水刀注藥工法整治成效與技術驗證評估，探討應用性與效益。
- 彙整成果投稿研討會及學術期刊。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

第六章 參考文獻

[1] 行政院環保署，「**全國土壤及地下水污染整治策略旗艦領航計畫**」期末報告，2014。

[2] Huling, S. G., and Weaver, J. (1991) *Dense Non-Aqueous Phase Liquids*. EPA Ground Water Issue Paper, EPA/540/4-91-002.

[3] EPA (1998). *Technical Protocol for Evaluating Natural Attenuation of Chlorinated Solvents in Groundwater*. EPA/600/R-98/128.

[4] AFCEE, NFESC, and ESTCP. (2004) *Principles and Practices of Enhanced Anaerobic Bioremediation of Chlorinated Solvents*. Prepared by Parsons Infrastructure & Technology Group, Inc.

[5] 伊藤圭二郎, 川端淳一. (2004) DNAPL 浸透挙動とその浄化対策について. 土と基礎 52 (10), 18-20.

[6] 山野辺純一, 上沢進, 吉川美穂, Borden A., Yeh M. (2013) *ウォータージェット技術を用いた難透水性汚染土壌の原位置バイオ浄化*. 第 19 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 242-244.

[7] 山野辺純一, 上沢進, Borden R. C., Yeh M. (2014) *ウォータージェット技術を用いた難透水性汚染土壌の原位置バイオ浄化（その 2）*. 第 20 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 69-70.

[8] 上沢進, 山野辺純一, Borden R. C., Yeh M. (2014) *難透水層を對象とした原位置バイオ浄化技術*. 日本工業出版 環境浄化技術 Vol. 13 No. 5, 62-67.

[9] 上沢進, 樋上裕之, 山野辺純一, Borden A., Yeh M (2018) *ウォータージェット技術を用いた難透水性汚染土壌の原位置バイオ浄化（その3）*. 第 24 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 240-243.

[10] 上沢進, 張銘, 駒井武. (2019) *難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式－基本性能に関する理論的検討*. 地盤工学ジャーナル Vol. 14 No.2, 141-148.

[11] 上沢進, 張銘, Borden R. C., 駒井武 (2019) *難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式ウォータージェットを用いた現場実証試験*. 地盤工学ジャーナル Vol. 14 No. 2, 149-159.

[12] 行政院環保署，「**廢棄工廠土壤及地下水污染潛勢第四期調查計畫**」**期末報告**，2010。

[13] 臺南市政府環境保護局，「**102 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2014。

[14] 行政院環保署，「**應用環境鑑識技術調查含氯碳氫化合物污染場址之污染來源計畫**」**台南市安定區地下水三氯乙烯污染來源鑑識報告**，2014。

[15] 臺南市政府環境保護局，「**臺南市安定區安定段(敬惠工業股份有限公司)北側區域地下水污染範圍調查計畫**」**期末報告**，2017。

[16] 臺南市政府環境保護局，「**104 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2015。

[17] 臺南市政府環境保護局，「**105 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2016。

[18] 臺南市政府環境保護局，「**106 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2017。

[19] 臺南市政府環境保護局，「**107 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2018。

[20] 臺南市政府環境保護局，「**108 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」**期末報告**，2019。

[21] 臺南市政府環境保護局，「**109 年度臺南市土壤及地下水污染調查及查證工作計畫**」，2020。

[22] ESTCP. (2006) *Protocol for Enhanced In Situ Bioremediation Using Emulsified Edible Oil*. Prepared by Solutions-IES, Inc.

[23] AFCEE. (2007) *Protocol for In Situ Bioremediation of Chlorinated Solvents Using Edible Oil*. Prepared by Solutions IES, Inc., Terra Systems, Inc., and Parsons Infrastructure & Technology Group, Inc.

[24] 行政院環保署土壤及地下水污染整治基金管理會「列管場址查詢」網頁，<https://sgw.epa.gov.tw/ContaminatedSitesMap/Default.aspx>。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 1

地質鑽探資料

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

報告編號：A14606 大

台南市安定區安定段 2084、2085 地號

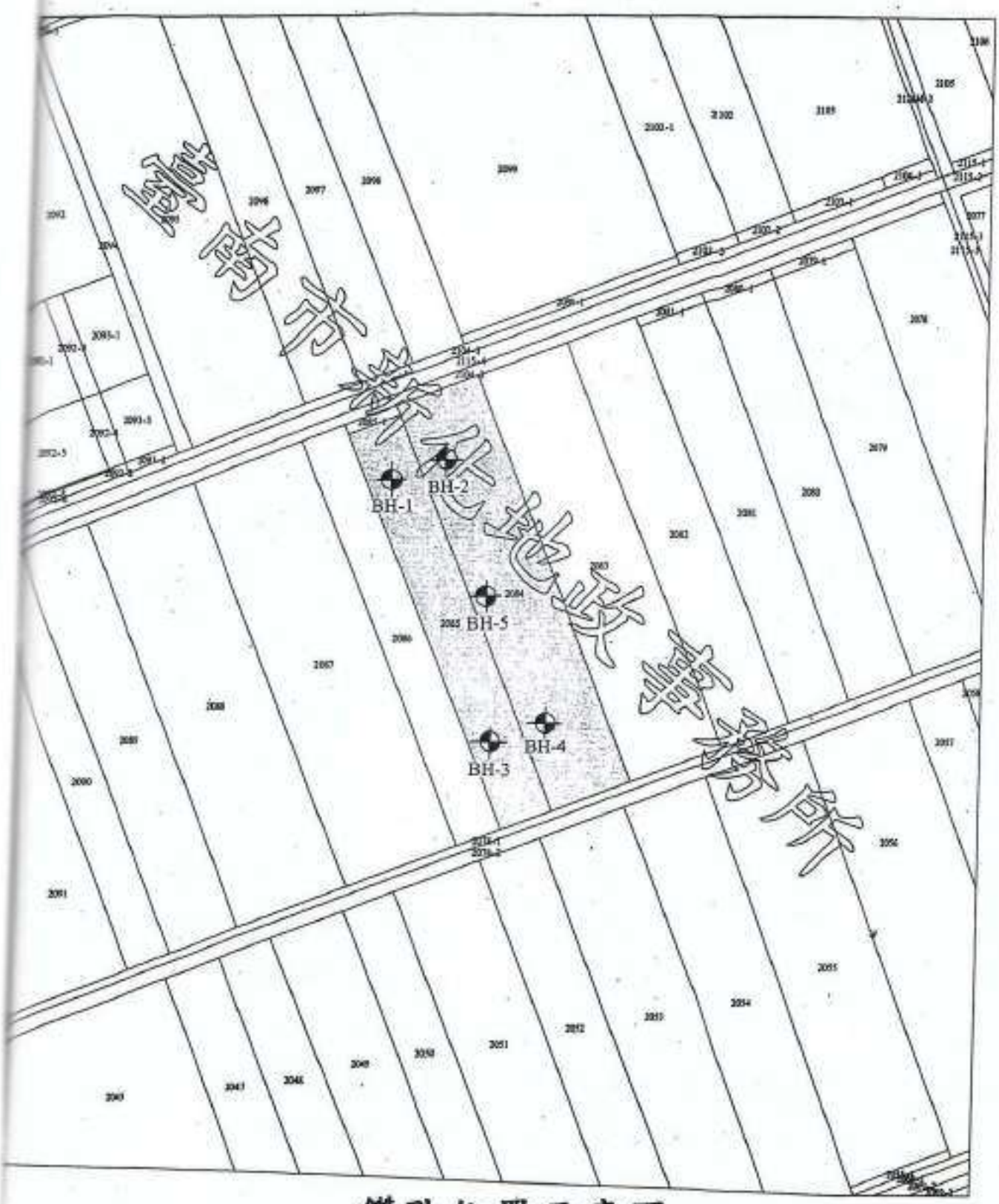
地基調查試驗報告書

大合鑽探技術顧問有限公司

中 華 民 國 一0四 年 二 月

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

台南市安定區安定段 2084、2085 地號



鑽孔位置示意圖

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤鑽探及試驗報告表
SOIL BORING AND TESTING REPORT

工程名稱：台南市安定區安定段2084、2085地號　　孔號：BH-1　　標　高：—　　鑽探日期：2014/10/31

地　點：台南市安定區　　深度：20.00M　　地下水位：2.47M*　　試驗日期：2014/11/1

試樣編號	深度 (m)	柱狀圖	土壤說明	錘擊數	密度 γ_t (t/m³)	含水量 Wn(%)	孔隙比 e	比重 GS	液性限度 Wl(%)	塑性指數 Ip(%)	塑性限度 Wp(%)	顆粒分析，% 礫石	砂	粉土	黏土	分類	淨承載力 (t/m²)	總承載力 (t/m²)
	0.80		回填：水泥塊、紅磚塊夾中細砂															
S-1	1		棕褐色粉土質黏土夾細砂薄層	3	1.81	27.5	0.88	2.67	45	22	23	0	3	48	49	CL	4.3	7.0
S-2	2			4	1.81	27.5	0.89	2.68	43	21	22	0	1	51	48	CL	5.7	9.7
S-3	3.80			4	1.89	24.5	0.78	2.70	24	7	17	0	12	67	21	CL-ML	5.7	11.0
S-4	4		棕色粉土質黏土夾細砂薄層	5	1.89	21.2	0.73	2.69	—	NP	—	0	26	60	14	ML	7.2	13.8
S-5	5			6	1.81	29.0	0.94	2.72	33	14	19	0	4	64	32	CL	8.6	16.4
S-6	6			4	1.94	26.2	0.77	2.72	28	10	18	0	2	71	27	CL	5.7	15.0
S-7	9.80		灰色粉土質細砂夾黏土薄層	19	1.86	22.6	0.78	2.70	—	NP	—	0	66	27	7	SM	35.2	>40
S-8	10			25	1.96	21.6	0.67	2.69	—	NP	—	0	67	26	7	SM	>40	>40
S-9	11			33	1.87	22.7	0.76	2.69	—	NP	—	0	68	24	8	SM	>40	>40
S-10	12			35	1.90	23.1	0.73	2.68	—	NP	—	0	55	37	8	SM	>40	>40
S-11	15.30		灰色粉土質黏土夾細砂薄層	7	1.90	28.4	0.84	2.72	33	14	19	0	3	65	32	CL	10.0	26.0
S-12	16			9	1.99	23.2	0.69	2.73	32	13	19	0	5	60	35	CL	12.9	30.4
S-13	20.00			10	1.94	25.8	0.77	2.73	40	19	21	0	2	55	43	CL	14.4	33.7

備註：1. ☒ 表取土樣位置　2. ☑ 表土樣未取得　3. ■ 表薄管取樣　4. * 表鑽探時水位

5. 淨承載力，為不含上方之有效覆土壓力；總承載力，為含上方之有效覆土重。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤鑽探及試驗報告表
SOIL BORING AND TESTING REPORT

工程名稱：台南市安定區安定段2084、2085地號　　孔號：BH-2　　標　高：—　　鑽探日期：2014/10/30

地　點：台南市安定區　　深度：15.00M　　地下水位：2.48M*　　試驗日期：2014/11/1

試樣編號	深度 (m)	柱狀圖	土壤說明	錘擊數	密度 γ_t (t/m³)	含水量 Wn(%)	孔隙比 e	比重 Gs	液限 WL(%)	塑性指數 Ip(%)	塑限 Wp(%)	顆粒分析，% 礫石	砂	粉土	黏土	分類	淨承載力 (t/m²)	總承載力 (t/m²)
	0.40		綠灰色砂質粉土															
S-1 ☒	1		綠灰色粉土質黏土	4	1.88	28.8	0.84	2.69	38	18	20	0	3	57	40	CL	5.7	8.6
S-2 ☒	2			5	1.86	30.4	0.89	2.70	41	19	22	0	3	52	45	CL	7.2	11.3
S-3 ☒	3			6	1.97	24.9	0.70	2.69	42	20	22	0	1	53	46	CL	8.6	14.2
S-4 ☒	4		綠色粉土質黏土	4	1.92	28.4	0.82	2.72	29	10	19	0	1	72	27	CL	5.7	12.7
S-5 ☒	5			4	1.93	30.8	0.83	2.69	34	14	20	0	1	63	36	CL	5.7	14.1
S-6 ☒	6		灰色砂質粉土夾細砂、黏土薄層	5	1.86	25.4	0.82	2.70	24	6	18	0	23	62	15	CL-ML	7.2	16.8
S-7 ☒	7			12	1.79	25.7	0.88	2.68	—	NP	—	0	43	49	8	ML	17.2	28.0
S-8 ☒	8		灰色粉土質細砂夾粉土薄層	20	1.84	23.2	0.80	2.69	—	NP	—	0	47	46	7	ML	28.7	>40
S-9 ☒	9			23	1.80	25.8	0.86	2.67	—	NP	—	0	55	37	8	SM	>40	>40
S-10 ☒	10			27	1.93	24.3	0.74	2.70	—	NP	—	0	46	45	9	ML	38.8	>40
	11																	
	12																	
	13																	
	14																	
	15																	
	16																	
	17																	
	18																	
	19																	
	20																	

備註：1. ☒ 表取土樣位置　2. ☑ 表土樣未取得　3. ■ 表薄管取樣　4. * 表鑽探時水位

5. 淨承載力，為不含上方之有效覆土壓力；總承載力，為含上方之有效覆土重。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤鑽探及試驗報告表
SOIL BORING AND TESTING REPORT

工程名稱：台南市安定區安定段2084、2085地號　孔號：BH-3　標　高：—　鑽探日期：2014/10/30

地　點：台南市安定區　深度：15.00M　地下水位：2.47M*　試驗日期：2014/11/1

試樣編號	深度 (m)	柱狀圖	土壤說明	錘擊數	密度 γ_t (t/m³)	含水量 Wn(%)	孔隙比 e	比重 GS	液性限度 Wl(%)	塑性指數 Ip(%)	塑性限度 Wp(%)	顆粒分析，% 礫石	砂	粉土	黏土	分類	淨承載力 (t/m²)	總承載力 (t/m²)
	0.40		回填：紅磚塊、碎配															
S-1			褐橘色粉土質黏土偶夾細砂	3	1.90	26.0	0.78	2.69	—	NP	—	0	20	67	13	ML	4.3	7.2
S-2				4	1.89	28.5	0.83	2.69	38	18	20	0	2	58	40	CL	5.7	9.9
S-3				2	1.87	25.4	0.80	2.68	37	17	20	0	3	58	39	CL	2.9	5.4
	4.80																	
S-4			棕色粉土質黏土夾細砂薄層	4	1.86	28.4	0.87	2.71	26	8	18	0	1	76	23	CL	5.7	12.5
S-5				5	1.77	30.4	0.97	2.69	33	14	19	0	2	68	30	CL	7.2	15.1
	8.20																	
S-6			灰色粉土質細砂夾黏土、粉土薄層	12	1.75	28.0	0.97	2.68	26	6	20	0	24	61	15	CL-ML	17.2	26.3
S-7				22	1.91	26.4	0.78	2.69	—	NP	—	0	32	61	7	ML	31.6	>40
S-8				26	1.84	23.2	0.80	2.69	—	NP	—	0	16	73	11	ML	37.3	>40
S-9				25	1.81	23.9	0.83	2.67	—	NP	—	0	73	23	4	SM	>40	>40
S-10				25	1.80	23.3	0.84	2.68	—	NP	—	0	66	29	5	SM	>40	>40
	15.00																	

備註：1.☒ 表取土樣位置　2.☑ 表土樣未取得　3.■ 表薄管取樣　4.* 表鑽探時水位

5.淨承載力，為不含上方之有效覆土壓力；總承載力，為含上方之有效覆土重。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤鑽探及試驗報告表
SOIL BORING AND TESTING REPORT

工程名稱：台南市安定區安定段2084、2085地號　孔號：BH-4　標　高：—　鑽探日期：2014/10/30

地　點：台南市安定區　深度：20.00M　地下水位：2.88M*　試驗日期：2014/11/1

試樣編號	深度 (m)	柱狀圖	土壤說明	錘擊數	密度 γ_t (t/m³)	含水量 Wn(%)	孔隙比 e	比重 GS	液性限度 Wl(%)	塑性指數 Ip(%)	塑性限度 Wp(%)	顆粒分析-% 礫石	砂	粉土	黏土	分類	淨承載力 (t/m²)	總承載力 (t/m²)
S-1	☒		灰褐色粉土質黏土夾粉土薄層	3	1.89	27.0	0.80	2.67	37	17	20	0	4	56	40	CL	4.3	7.1
S-2	☒			4	1.82	30.2	0.92	2.69	33	14	19	0	6	60	34	CL	5.7	9.8
S-3	☒			4	1.87	31.4	0.89	2.70	38	18	20	0	4	57	39	CL	5.7	11.1
		4.70																
S-4	☒		棕色粉土質黏土夾粉土、細砂薄層	2	1.94	28.3	0.80	2.72	26	7	19	0	1	79	20	CL-ML	2.9	9.7
S-5	☒			3	1.89	26.7	0.83	2.72	—	NP	—	0	10	78	12	ML	4.3	12.4
		8.70																
S-6	☒		灰色粉土質黏土偶夾細砂薄層	4	1.76	25.4	0.90	2.67	—	NP	—	0	47	45	8	ML	5.7	15.0
		9.60																
S-7	☒		灰色粉土質細砂夾黏土薄層	13	1.84	23.7	0.81	2.69	—	NP	—	0	62	34	4	SM	23.1	33.6
S-8	☒			21	1.87	24.3	0.79	2.68	—	NP	—	0	79	16	5	SM	>40	>40
S-9	☒			23	1.96	23.2	0.70	2.70	—	NP	—	0	67	29	4	SM	>40	>40
S-10	☒			27	1.94	24.1	0.72	2.70	—	NP	—	0	77	19	4	SM	>40	>40
		15.80																
S-11	☒		灰色粉土質黏土夾粉土、細砂薄層	5	1.90	26.9	0.81	2.70	—	NP	—	0	10	76	14	ML	7.2	23.2
S-12	☒			11	1.86	31.3	0.92	2.73	40	19	21	0	9	49	42	CL	15.8	33.1
S-13	☒	20.00		13	1.93	25.5	0.77	2.73	36	16	20	0	3	62	35	CL	18.7	37.8

備註：1. ☒ 表取土樣位置　2. ☑ 表土樣未取得　3. ■ 表薄管取樣　4. * 表鑽探時水位

5. 淨承載力，為不含上方之有效覆土壓力；總承載力，為含上方之有效覆土重。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤鑽探及試驗報告表
SOIL BORING AND TESTING REPORT

工程名稱：台南市安定區安定段2084、2085地號　　孔號：BH-5　　標　高：—　　鑽探日期：2014/10/30

地　點：台南市安定區　　深度：15.00M　　地下水位：2.58M*　　試驗日期：2014/11/1

試樣編號	深度 (m)	柱狀圖	土壤說明	錘擊數	密度 γ_t (t/m³)	含水量 Wn(%)	孔隙比 e	比重 GS	液性限度 Wl(%)	塑性指數 Ip(%)	塑性限度 Wp(%)	顆粒分析，% 礫石	砂	粉土	黏土	分類	淨承載力 (t/m²)	總承載力 (t/m²)
	0.40		棕灰色砂質粉土															
S-1	1		棕灰色粉土質黏土偶夾細砂	3	1.87	27.3	0.82	2.68	34	14	20	0	17	47	36	CL	4.3	7.1
S-2	2			4	1.84	29.1	0.88	2.69	41	20	21	0	3	55	42	CL	5.7	9.8
S-3	3			4	1.90	26.5	0.79	2.69	34	15	19	0	5	59	36	CL	5.7	11.2
S-4	4		棕色粉土質黏土	3	1.90	26.5	0.80	2.71	25	7	18	0	7	72	21	CL-ML	4.3	11.1
S-5	5			5	1.85	29.2	0.89	2.70	30	11	19	0	4	68	28	CL	7.2	15.2
	3.10																	
S-6	6		灰色砂質粉土夾細砂、黏土薄層	6	1.83	26.2	0.86	2.69	25	5	20	0	24	60	16	CL-ML	8.6	17.9
	8.00																	
S-7	7			17	1.85	24.6	0.81	2.69	—	NP	—	0	51	42	7	SM	30.3	>40
S-8	8		灰色粉土質細砂夾粉土薄層	23	1.88	23.1	0.76	2.69	—	NP	—	0	52	40	8	SM	>40	>40
S-9	9			26	1.86	23.9	0.78	2.68	—	NP	—	0	66	28	6	SM	>40	>40
S-10	10			29	1.89	23.7	0.76	2.69	—	NP	—	0	61	32	7	SM	>40	>40
	9.60																	
	15.00																	

備註：1. ☒ 表取土樣位置　2. ◪ 表土樣未取得　3. ■ 表薄管取樣　4. * 表鑽探時水位

5. 淨承載力，為不含上方之有效覆土壓力；總承載力，為含上方之有效覆土重。

附件 2

監測井設置報告

（包含微水試驗紀錄及流速流向測定紀錄）

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑
場址-生物整治模場試驗計畫
(MW1)

中　華　民　國　109　年　05　月　05　日

—目錄—

頁次

一、土壤取樣紀錄表 ----------1-1

二、土壤粒徑分析成果表 ----------1-2

三、現場監工要事紀錄表 ----------1-3

四、地下水水位記錄表 ----------1-4

五、監測井構造紀錄表 ----------1-5

六、完井紀錄表----------1-6

七、監測井資料卡(正) ----------1-7

八、監測井資料卡(反) ----------1-8

九、監測井完工確核表 ----------1-9

十、施工照片----------1-10~11

十一、監測井微水試驗紀錄表 ---------- 1-12

十二、監測井流速流向測定紀錄表 ---------- 1-13

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

土壤取樣紀錄表

井名/井址/井號：安定區安定段 2085 地號/臺南市安定區安定段 2085 地號/MW1

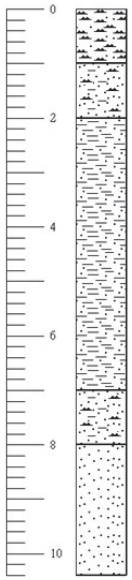
氣候狀況：■晴 □雨 □陰 □陰偶雨　　開鑽日期：109 年 03 月 27 日

取樣方法：■雙套管 □中空螺旋鑽 □氣旋鑽 □岩心管 □Split-barrel sampler(劈管)

□Thin-walled tube(薄管)

（split-barrel spoon依照ASTM D1586進行連續取樣，thin-walled wall依照ASTM D1587進行連續取樣，並需於備註欄中註明所選方法之相關工作資料，如錘擊數、貫入深度、特殊清況等）

記錄人員：楊明智　　監測井設置規劃人員：吳娉婷

至地表下深度（公尺）	土壤特徵描述	土壤柱狀圖
0.00~1.00	棕色坋土夾砂	
1.00~2.00	棕色坋土夾砂黏土	
2.00~7.00	棕色黏土夾砂	
7.00~8.00	棕色砂夾黏土坋土	
8.00~10.40	灰黑色砂	

備註：

土壤粒徑分析成果表

井名/井址/井號：安定區安定段 2085 地號/臺南市安定區安定段 2085 地號/R00672

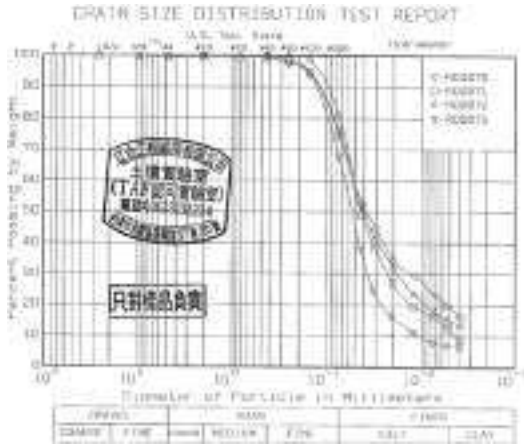
取樣日期：102 年 10 月 02 日　　分析日期：102 年 10 月 04 日

分析單位：立合工程顧問有限公司　　分析人員：黃秀貞

（土樣應在試驗室內遵循CNS A3005、ASTM C136或CNS A3251及ASTM D422，至少完成三組粒徑分佈曲線圖）

土樣深度範圍 (地表下___~___公尺)	土壤粒徑分析結果			
	D_{10}(公釐)	D_{50}(公釐)	D_{60}(公釐)	均勻係數 CU (D60/D10)
1.0~2.0	NA	0.041	0.050	NA

土樣之粒徑分佈曲線圖



備註：

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

現場監工要事紀錄表

設井日期：109 年 03 月 27 日　氣候狀況：■晴 □雨 □陰 □陰偶雨

計畫名稱：水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

井名/井址/井號：安定區安定段 2085 地號/臺南市安定區安定段 2085 地號/MW1

記錄人員：楊明智　監測井設置規劃人員：吳娉婷

第 1 頁，共 1 頁

時 間	要 事 摘 要
10:00	至 MW1 點位試挖。
10:13	MW1 點位架設機具。
10:20	開始鑽鑿進行監測井設置作業。
10:33	鑽鑿至約-1.5 公尺處，土壤含水量增加。
11:00	鑽鑿至-10.4 公尺處停止鑽鑿。
11:08	置入井篩及井管（井篩長度為 6.0 公尺）。
11:16	加入石英砂濾料，並逐一回拔鑽桿。
11:30	加入 3/8”皂土，開始回填水泥＋5%皂土粉。
11:50	完成監測井設置作業。
11:55	清理現場。
13:10	開始完井。
14:10	完井結束。

地下水水位記錄表

井名/井址/井號：安定區安定段 2085 地號/臺南市安定區安定段 2085 地號/MW1

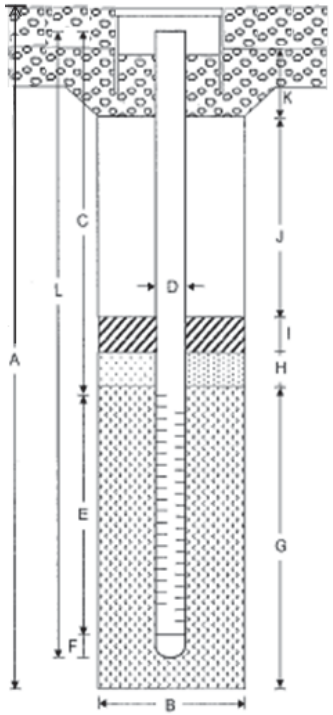
記錄人員：楊明智　監測井設置規劃人員：吳娉婷

日　期	109 年 03 月 27 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日
時　間	14:25			
井頂下水深(m)	1.540			
井頂下井深(m)	10.223			
日　期	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日
時　間				
井頂下水深(m)				
井頂下井深(m)				
日　期	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日
時　間				
井頂下水深(m)				
井頂下井深(m)				
日　期	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日
時　間				
井頂下水深(m)				
井頂下井深(m)				

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

監測井構造紀錄表(隱藏式)

計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫	設井日期	109.03.27
施工單位	森品環境科技股份有限公司	監測井設置規劃人員	吳娉婷
井　　名	安定區安定段 2085 地號	井　　號	MW1
井　　址	臺南市安定區安定段 2085 地號	監測井座標 (TWD97) (離島加註經緯度)	E(X)：171811.155 N(Y)：2556881.970
井管頂高程 (參考點)	3.891m	高程測量方式 (引用水準點需註明編號)	RTK

鑽孔資訊		監測井構造示意圖
鑽井方法	中空螺旋鑽	
A.鑽井深度	地表下 0.000 至-10.400 公尺	
B.井孔直徑	8 吋	
監測井構造		
C.井管總長	4.143 公尺	
井管型式	PVC Schedule 40	
距地表高度	地表下-0.100 公尺	
D.井管直徑	2 吋	
E.井篩總長	6.0 公尺	
井篩型式	PVC Schedule 40	
開篩區間	井頂下-4.143 至-10.143 公尺	
篩孔尺寸	0.007 吋	
F.井底封	地表下-10.243 至-10.323 公尺	
井底封材質	2"PVC 2TPI 螺紋式 附 O-Ring	
G.濾料封	地表下-3.500 至-10.400 公尺	
濾料型式	乾淨石英砂	
濾料粒徑	0.300mm~0.500mm	
均勻係數 C_U	NA	
H.細砂封	地表下-3.200 至-3.500 公尺	
細砂粒徑	0.1mm~0.2mm	
I.皂土封	地表下-2.500 至-3.200 公尺	
皂土型式	0.375 吋	
J.水泥封	地表下-0.300 至-2.500 公尺	
水泥封型式	含 5%皂土的水泥漿	
K.表層封	地表下-0.180 至-0.300 公尺	
表層封型式	水灰比 0.6 的水泥砂漿	
L.監測井井深	井頂下 0.000 至-10.223 公尺	
備註(設置至受壓含水層之監測井得另製表補充說明)		(未按比例繪製)

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD.	表單序號: J&L-003 生效日期: 103.03.01	版次:1.0

完井紀錄表

井名	安定區安定段 2085 地號		井號	MW1	
井址	臺南市安定區安定段 2085 地號		氣候	■晴□陰□雨□陰偶雨	
完井方式	■氣提(air-lifting) □超量抽水(over-pumping) □湧水塞(surge block)				
完井流率	6.0 L/min (或完井體積 360 公升)				
完井日期	109 年 03 月 27 日				
設備除污時間	109 年 03 月 27 日		設備除污方式	高壓清洗機	
井深 (井頂下)	10.223 公尺	完井前水位 (井頂下)	1.534 公尺	完井後水位 (井頂下)	1.540 公尺
作業內容					
時間	pH 值	導電度 (umho/cm)	溫度 (°C)	濁度 (NTU)	顏色或其他描述
13:10	8.23	1449	26.3	>1000	棕灰色
13:25	8.13	1478	26.2	512	棕灰色
13:40	8.09	1493	26.1	132	淡灰色
13:50	8.06	1504	26.2	86.3	無色
14:00	8.04	1514	26.2	18.35	無色
14:05	8.02	1520	26.1	7.92	無色
14:10	8.02	1521	26.2	4.24	無色
現場記錄備註					
記錄人員	楊明智	監測井設置規劃人員	吳娉婷		

註：完井標準為出水的濁度小於 5 NTU；若不能達到上述標準時，得以完井最後階段，每次間隔 10 分鐘，連續量測三次濁度小於 20 NTU 或變化±10%以內。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

安定區安定段 2085 地號監測井資料卡(正面)

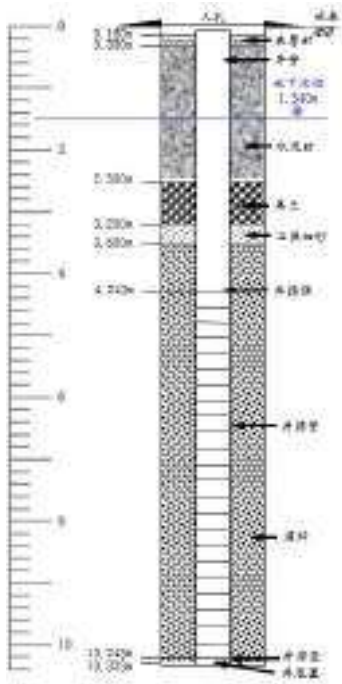
井號	MW1		
站名	安定區安定段 2085 地號		
性質	□區域性 ■場置性 □機密性 □自行評估（■標準/□簡易）		
類別 (選場置性續填本欄)	□加油站監測井 □掩埋場監測井 □非法棄置場監測井 □工廠監測井 □科學園區監測井 □軟體/□環保/□農業科技園區監測井 □工業區監測井 □加工出口區監測井 □環評監測井 ■其他(污染場址監測井)		
設置日期	109 年 03 月 27 日	監測井照片	
管理單位	臺南市政府環境保護局	聯絡電話	(06)268-6751
地址或地號	臺南市安定區安定段 2085 地號		
監測井基本資料	監測井目的	地下水水質監測	
	監測井形式	□平台式 ■隱藏式	
	設井方法	□頓鑽 ■中空螺旋鑽 □氣旋鑽 □其他(　　)	
	井篩區間	4.143 公尺至 10.143 公尺(距井頂深度)	
	井管型式	直徑 2 吋、螺牙式接頭、PVC、Schedule 40	
	井篩型式	直徑 2 吋、螺牙式接頭、PVC、Schedule 40	
	井深	10.223 公尺，井頂(井管口)至井底之深度，量測日期 109 年 03 月 27 日	
	井頂高程	3.891 公尺(海拔高程)，量測日期 109 年 03 月 27 日	
	高程量測方式	□引用水準點測量(編號：　　) □DGPS 測量 ■RTK 測量 □其他(　　)	
	地下水位	1.540 公尺(距井頂深度)，量測日期 109 年 03 月 27 日	
	水力傳導係數	9.821×10^{-6} 公尺/秒，量測日期 109 年 04 月 01 日	
	二度分帶座標	TWD97　E(X)171811.155，N(Y)2556881.970	
	設井計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫	
	計畫執行單位	朝陽科技大學	
	施工廠商	森品環境科技股份有限公司	

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD.	表單序號: J&L-003 生效日期: 103.03.01	版次:1.0

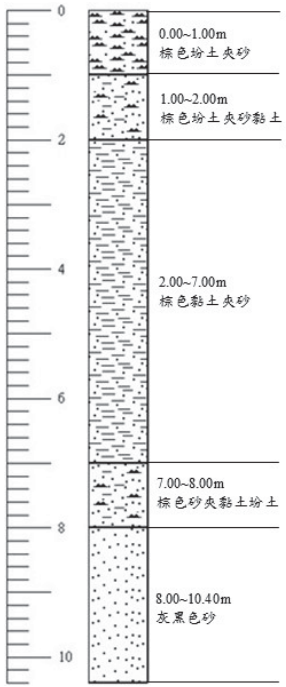
安定區安定段 2085 地號監測井資料卡(反面)

地理位置圖

監測井位置圖



監測井結構圖



地質剖面圖

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

監測井完工確核表

一、相關資料報表查核		確核日期	109 年 04 月 01 日
項次	項目	確核欄	備註
1	土壤取樣紀錄表	■是 □否	
2	土壤粒徑分析紀錄表	■是 □否	
3	現場監工要事紀錄表	■是 □否	
4	地下水位紀錄表	■是 □否	
5	監測井構造紀錄表	■是 □否	
6	完井紀錄表	■是 □否	
7	土樣箱照片	■是 □否	
8	施工過程照片	■是 □否	
9	監測井資料卡	■是 □否	
10	測量報告	■是 □否	
11	井中攝影照片(需標示水位、井篩及井深之深度)	□是 ■否	
12	井中攝影影片	□是 ■否	

二、監測井井體外部保護構造確核		確核日期	109 年 04 月 01 日
項次	項目	確核欄	備註
1	檢視平台式監測井之警示柱、水泥平台、保護套管等井體保護構造之尺寸規格是否符合方法(隱藏式監測井免填)	□是 □否	
2	檢視隱藏式監測井之保護座及手孔蓋等井體保護構造之尺寸規格是否符合方法(平台式監測井免填)	■是 □否	
3	檢視永久標示牌之尺寸規格是否符合，並確實固定於水泥平台/保護座上方	■是 □否	
4	監測井周圍環境是否完成復舊或美化	■是 □否	
5	完成井鎖鑰匙測試與移交，井鎖是否確實上鎖	■是 □否	
6	標示井位座標及高程測量參考點	■是 □否	高程測量以 RTK 量測未引用參考點
施工單位/人員	森品環境科技股份有限公司/鄭振賢、楊明智、賴昌輝		
規劃單位/人員	森品環境科技股份有限公司/吳娉婷		

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD.	表單序號: J&L-003 生效日期: 103.03.01	版次:1.0

P1.土壤岩心取樣(MW1)	P2.土壤岩心(MW1)
P3.進行鑽井作業(MW1)	P4.置入井篩及井管(MW1)
P5.置入石英砂濾料(MW1)	P6.置入皂土(MW1)

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

P7.進行完井作業(MW1)

P8.監測井手孔設置(MW1)

P9.監測井手孔設置影(MW1)

P10.微水試驗(MW1)

P11.單井流速流向試驗(MW1)

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD. | 表單序號: J&L-003 | 生效日期: 103.03.01 | 版次:1.0

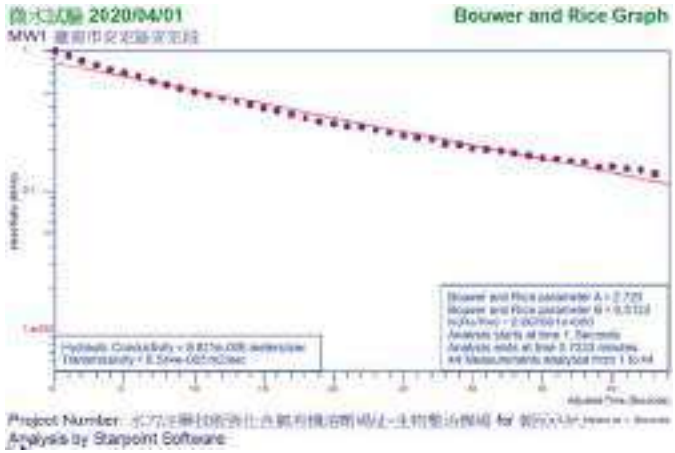
監測井微水試驗紀錄表

作業日期：109 年 04 月 01 日　　天　氣：■晴 □陰 □雨

場址名稱：安定區安定段 2085 地號　　紀錄人員：楊明智

監測井資料卡基本資料			現場作業紀錄	
井號		MW1	水力傳導係數 (meters/sec)	9.821×10^{-6}
井　深(m)		10.223		
井篩長度(m)		6.000	施工照片	
井篩區間	井篩頂(m)	4.143		
	井篩底(m)	10.143		
水位(m) (水面至井口深度)		1.583		
井篩區間地質		坋土、砂、黏土		

微水試驗成果



上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD.	表單序號: J&L-003 生效日期: 103.03.01	版次:1.0

監測井流速流向測定紀錄表

作業日期：109 年 04 月 01 日　　天氣：■晴 □陰 □雨

場址名稱：安定區安定段 2085 地號　　紀錄人員：楊明智

監測井資料卡基本資料			監測記錄資料		
井號		MW1	儀器放置深度 (儀器至井口深度)(m)	9.0	
井　深(m)		10.223	執行時間	施作開始	10:18
井篩長度(m)		6.000		加熱開始	10:19
井篩區間	井篩頂(m)	4.143		施作結束	10:49
	井篩底(m)	10.143	井內流速(cm/min)	187.7	
水位 (水面至井口深度)(m)		1.583	井內流向(度)	0.046	
水力傳導係數 (meters/sec)		9.821×10^{-6}	現場照片		
井篩區間地質		坋土、砂、黏土			

現場作業紀錄

時間	井內流速 (cm/min)	井內流向(度)	時間	井內流速 (cm/min)	井內流向(度)
10:19:34	0.002	355.1	10:37:34	0.046	197.6
10:23:34	0.005	197.6	10:40:34	0.049	175.1
10:27:34	0.027	172.3	10:43:34	0.050	187.7
10:31:34	0.029	210.2	10:46:34	0.049	192.0
10:34:34	0.048	199.0	10:49:34	0.046	187.7

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 3

地下水檢測報告及採樣紀錄

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

品保品管報告

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

水質樣品檢驗報告

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

水質樣品檢驗報告

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗報告

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

品保品管報告

樣品編號：PG4026101

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	查核樣品分析結果：配製值(mg/L)	查核樣品分析結果：回收率(%)	查核樣品分析結果：管制標準	添加樣品分析結果：添加量(mg/L)	添加樣品分析結果：分析值(mg/L)	添加樣品分析結果：回收率(%)	添加樣品分析結果：管制標準	重複樣品分析結果：分析濃度1(mg/L)	重複樣品分析結果：分析濃度2(mg/L)	重複樣品分析結果：差異	重複樣品分析結果：管制標準
*	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	8	[illegible]	[illegible]	-	-	-	-	-	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
*	11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註

報告專用章

[illegible]

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗報告

樣品編號：PG4026101

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	PG4026101
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註

報告專用章

[illegible]

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

品保品管報告

樣品編號：PG4026101

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	查核樣品分析結果：配製值(mg/L)	查核樣品分析結果：回收率(%)	查核樣品分析結果：管制標準	添加樣品分析結果：添加量(mg/L)	添加樣品分析結果：分析值(mg/L)	添加樣品分析結果：回收率(%)	添加樣品分析結果：管制標準	重複樣品分析結果：分析濃度1(mg/L)	重複樣品分析結果：分析濃度2(mg/L)	重複樣品分析結果：差異	重複樣品分析結果：管制標準
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註

報告專用章

[illegible]

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗報告

樣品編號：PG4026101

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	PG4026101
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註

報告專用章

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

台灣檢驗科技股份有限公司

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

計畫名稱：[illegible]　採樣日期：2020年04月08日

採樣地點：台南市安定區安定段2085-0000地號　採樣人員：[illegible]

井號/樣品編號：MW1 / [illegible]　井頂高度(m)：[illegible]

井位座標：(X/N)：178211.155 (Y/E)：2556882.970

資料來源：□監測井告示牌 ☑實地測量 □其　天候狀況：☑晴 □陰 □雨

環境描述：監測井鎖扣是否完整：☑是 □否

洗井紀錄資料

洗井開始時間：10時11分；洗井結束時間：10時38分

井管內徑：2.0 (inch)　水位面至井口深度：1.190 (m)　井底至井口深度：10.274 (m)

井水深度：9.084 (m)　井水體積：18.167 (L)　預估洗井時間：27 (min)

幫浦進水口深度：9.000 (m)　抽水速率：0.1 (L/min)　水位洩降：0.015 (m)

井篩長度：6.000 (m)　洗井水管徑：0.5　現場儀器量測頻率：5 (min)

時間：10:12、10:14　水位(m)：1.192、1.205

時間	洗井速率 (L/min)	水位深度 (m)	洗出水體積 (L)	pH	溫度 (°C)	導電度	溶氧 (mg/L)	氧化還原電位	濁度	洗井水顏色
(洗井) 10:18	0.1	1.205	0.5	6.86	25.1	1341	1.64	84.7	546	無色
(洗井) 10:23	0.1	1.203	1.0	6.86	25.3	1348	1.50	69.4	567	無色
(洗井) 10:28	0.1	1.205	1.5	6.86	25.4	1347	1.45	48.2	524	無色
(洗井) 10:33	0.1	1.205	2.0	6.87	25.5	1348	1.40	47.5	515	無色
(洗井) 10:38	0.1	1.205	2.5	6.87	25.5	1347	1.37	46.5	507	無色
(洗井)										
(洗井)										
(採樣) 10:40	0.1	1.205	0.2	6.87	25.5	1347	1.55	46.2	500	無色

洗出水總體積：2.7 (L)　洗井結束時水位面至井口深度：1.205 (m)

採樣資料【開始時間：10時40分，結束時間：10時44分】

採樣器材：□貝勒管 ☑同洗井設備 □其他　採樣器放置深度：9.000 (m)

附註：[illegible]

FORM-TESP-PW-103-01　審核人員：[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

計畫名稱：[illegible]　採樣日期：2020年04月08日

採樣地點：台南市安定區安定段2085-0000地號　採樣人員：[illegible]

井號/樣品編號：MW1 / [illegible]　井頂高度(m)：[illegible]

井位座標：(X/N)：178211.155 (Y/E)：2556881.970

資料來源：□監測井告示牌 ☑實地測量 □其　天候狀況：☑晴 □陰 □雨

環境描述：監測井鎖扣是否完整：☑是 □否

洗井紀錄資料

洗井開始時間：10時47分；洗井結束時間：11時14分

井管內徑：2.0 (inch)　水位面至井口深度：1.200 (m)　井底至井口深度：10.274 (m)

井水深度：9.074 (m)　井水體積：18.148 (L)　預估洗井時間：27 (min)

幫浦進水口深度：6.000 (m)　抽水速率：0.1 (L/min)　水位洩降：0.005 (m)

井篩長度：6.000 (m)　洗井水管徑：0.5　現場儀器量測頻率：5 (min)

時間：10:48、10:49　水位(m)：1.210、1.202

時間	洗井速率 (L/min)	水位深度 (m)	洗出水體積 (L)	pH	溫度 (°C)	導電度	溶氧 (mg/L)	氧化還原電位	濁度	洗井水顏色
(洗井) 10:54	0.1	1.205	0.5	6.87	25.7	1341	1.47	46.6	782	無色
(洗井) 10:59	0.1	1.202	1.0	6.87	26.1	1321	0.94	35.5	762	無色
(洗井) 11:04	0.1	1.205	1.5	6.88	26.2	1351	0.80	45.7	643	無色
(洗井) 11:09	0.1	1.205	2.0	6.87	26.4	1327	0.81	41.5	628	無色
(洗井) 11:14	0.1	1.205	2.5	6.88	26.2	1350	0.77	36.6	607	無色
(洗井)										
(洗井)										
(採樣) 11:16	0.1	1.205	6.0	6.87	26.2	1330	0.77	36.8	610	無色

洗出水總體積：8.5 (L)　洗井結束時水位面至井口深度：1.205 (m)

採樣資料【開始時間：11時16分，結束時間：12時20分】

採樣器材：□貝勒管 ☑同洗井設備 □其他　採樣器放置深度：6.000 (m)

附註：[illegible]

FORM-TESP-PW-103-01　審核人員：[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水背景調查表

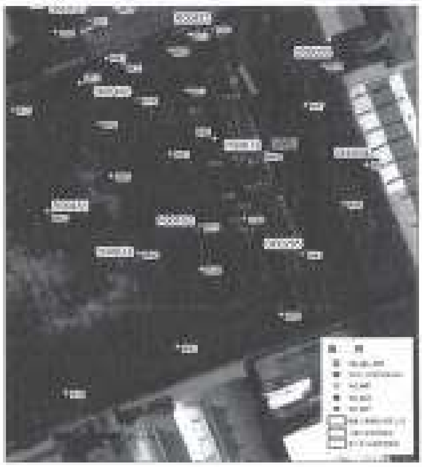
一、井址：台南市安定區安定段2085-0000地號

二、井號：MW1

三、附近可能之污染源描述：一

1.	距離：
2.	距離：
3.	距離：

四、地下水井位置圖示：(標明道路及明顯標的物並繪圖標註)



FORM-TESP-PW-103-02　版次：1.0　發行日期：[illegible]　審核人員：[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

水質採樣各式儀器使用及校正記錄表

使用/校正日期：2020.04.08　　使用人員：

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溫度計(pH)	SPWTW pH 3210 / □WTW pH	ESAS-PH- 12	正常 / □異常	NIEA W217 / NIEA W424

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
導電度計	SPWTW Cond 3210 / □WTW Cond	ESAS-EC- 12	正常 / □異常	NIEA W203

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
氧化還原電位計	SPWTW pH 3210 / □WTW pH	ESAS-ORP- 12	正常 / □異常	-

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溶氧計	SPWTW Oxi 3210 / □WTW Oxi	ESAS-DO- 12	正常 / □異常	NIEA W455

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
濁度計	TURBIDITY METER	ESAS-TUB- 02	正常	NIEA W219

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
電子天平	[illegible]	[illegible]	正常 / □異常	[illegible]

□同上
□異常

FORM-TEST-PW-101-02 版次：[illegible]　審核人員：

台灣檢驗科技股份有限公司

說明：[illegible]	說明：[illegible]
日期：2020.04.08	日期：2020.04.08
地點：MW2(Up)	地點：MW1(Up)

SGS Taiwan Ltd.

台灣檢驗科技股份有限公司

水質樣品檢驗報告

報告專用章

台灣檢驗科技股份有限公司

[illegible]

台灣檢驗科技股份有限公司

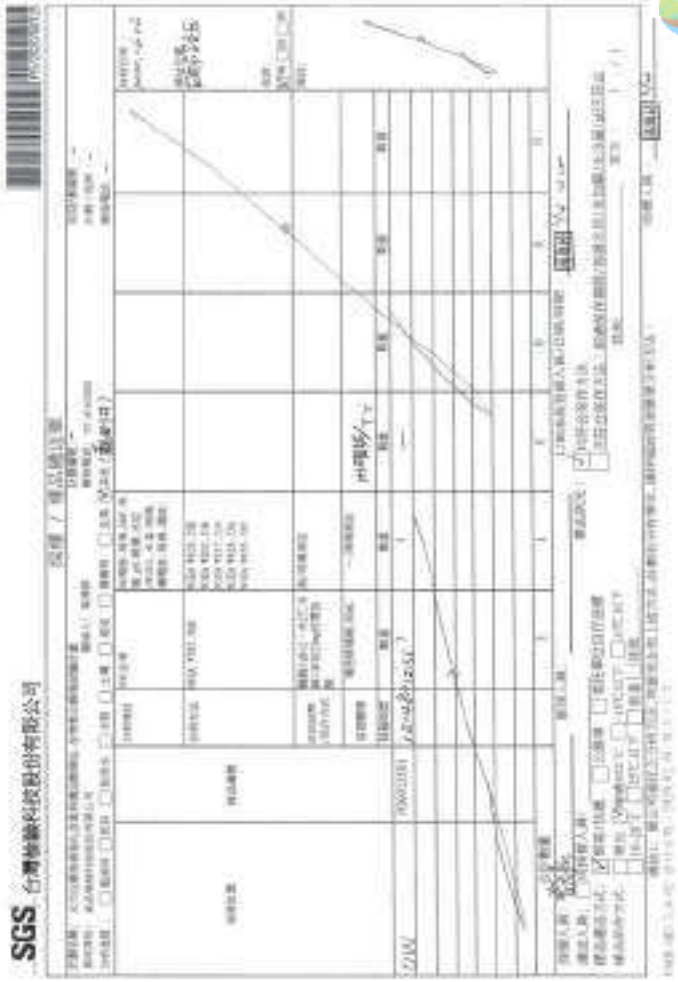
樣品檢驗報告

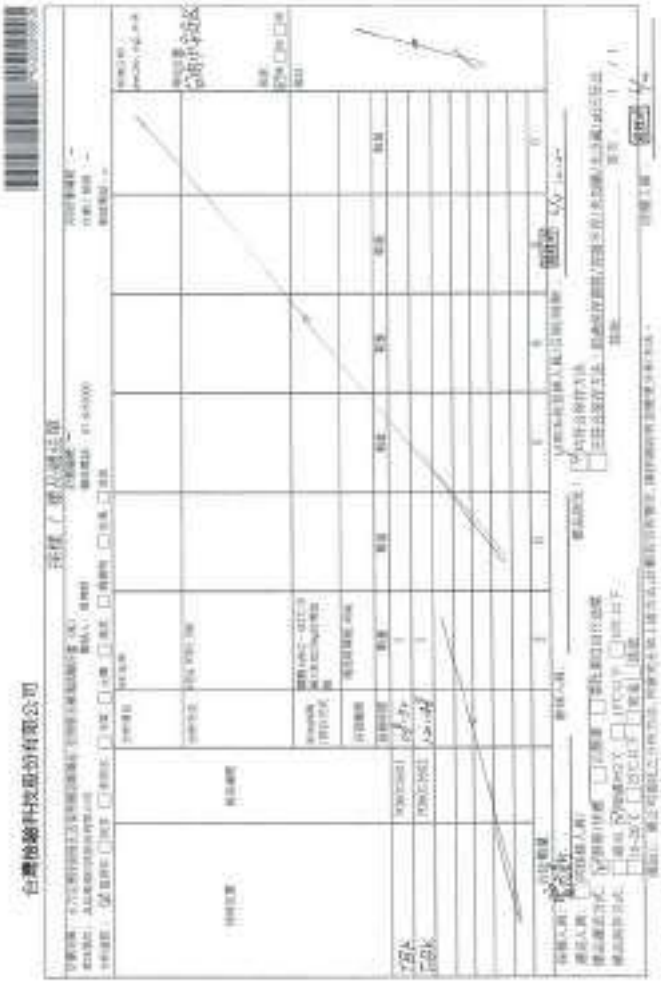
報告專用章

台灣檢驗科技股份有限公司

[illegible]

台灣檢驗科技股份有限公司
品保品管報告
SGS


SGS 台灣檢驗科技股份有限公司


台灣檢驗科技股份有限公司

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司
監測井地下水採樣紀錄表

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水背景調查表

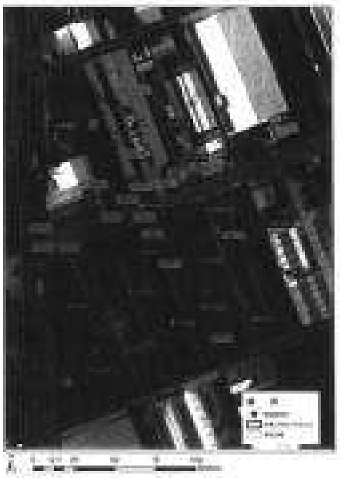
一、井址：台南市安定區安定段 2085-0000 地號

二、井號：OW

三、附近可能之污染源描述：鄰近城東工業汙染場址

1.	距離：
2.	距離：
3.	距離：

四、地下水井位置描述：(標明道路及明顯標的物並繪圖描述)



FORM-TEBP-PW-101-03 版本：1.0 發行日期：[illegible]　　　審核人員：

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

水質採樣各式儀器使用及校正記錄表

使用/校正日期：2020.06.02　　　使用人員：[illegible]

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溫度計(pH計)	□WTW pH 3210 ☑WTW pH 3310	ESAS-pH-14	☑良好 □異常	NIEA W217 NIEA W424

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
導電度計	□WTW Cond 3210 ☑WTW Cond 3310	ESAS-EC-14	☑良好 □異常	NIEA W203

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
氧化還原電位計	□WTW pH 3210 ☑WTW pH 3310	ESAS-ORP-14	☑良好 □異常	—

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溶氧計	□WTW Oxi 3210 ☑WTW Oxi 3310	ESAS-DO-14	☑良好 □異常	NIEA W455

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	儀器型號	檢驗方法
濁度計	TURBIDITY METER	ESAS-TUR-	[illegible]	NIEA W219

[illegible]

FORM-TEBP-PW-101-05 版次：[illegible] 發行日期：2019.10.15　　　審核人員：

台灣檢驗科技股份有限公司

說明：[illegible]

日期：2020.06.02

地點：OW

森品環境科技股份有限公司檢測報告

委託案件編號：20200619-02　樣品基質：地下水

場址名稱：台南市安定區安定路3085地號

計畫名稱：[illegible]

檢測目的：自行評估

採樣日期：109 年 06 月 19 日

報告日期：109 年 06 月 24 日

森品環境科技股份有限公司
J&L Environmental Technology CO., LTD.
824 高雄市燕巢區安林三街 18 號
TEL：886-7-6163000　FAX：886-7-6163000　Web：www.jlenv.com.tw

委託案件編號：20200619-02

檢測報告書目錄

項次	資料名稱	內容	勾選：有	勾選：無
一	檢測報告		✓	
二	相關採樣現場記錄		✓	
	1.現場採樣記錄（現場手冊）		✓	
	2.採樣位置記錄表		✓	
	3.樣品監管記錄表			✓
	4.項目說明表		✓	
	5.採樣儀器之校正記錄影本或校正結果記錄於現場記錄表			✓
	6.標準氣體分析報告書影本			✓
	7.其他資料			✓
三	附件			

一、檢測報告

森品環境科技股份有限公司

檢測報告

委託案件編號：20200619-02

公司名稱：森品環境科技股份有限公司

森呂環境科技股份有限公司

檢測報告

二、相關現場採樣記錄

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

計劃(案)名稱：[illegible]	委託案件編號：20200619-01
採樣地點：台南市安南區安吉路 [illegible] 號	採樣日期：109年 6月 19日
井號：WJ-1	天候狀況：[illegible]
設井方式：[illegible]	
井體狀況：[illegible]	

洗	井管內徑：[illegible] (inch)	水位面至井口深度：[illegible] (cm)	井底至井口深度：[illegible] (cm)
井	井水深度：[illegible] (cm)	井水體積：[illegible] (L)	預估洗水體積：[illegible] (L)
資	洗井設備：[illegible]		
料	井篩深度：[illegible] (cm)	井篩長度：[illegible] (cm)	洗井設備放置深度：[illegible] (cm)

量測階段	量測時間	水位深度 (cm)	洗井速率 (L/min)	洗井水體積 (L)	pH值	導電度	ORP (mV)	DO (mg/L)	洗井水觀察 (顏色、臭味、濁度)
洗井前	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
第1次	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
第2次	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
第3次	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
第__次									
第__次									
第__次									[illegible]

洗井水總體積：[illegible] 洗井結束時水位深度：[illegible] (cm) 採樣設備放置深度：[illegible] (cm)

採樣起訖時間：— 採樣人員：[illegible]

採樣設備：□ 貝勒管 □ 離心式抽水泵 □ 蠕動式抽水泵 □其他

樣品編號	分析項目	樣品容器	體積(mL)
		□玻璃瓶□PE瓶	
		□玻璃瓶□PE瓶	
		□玻璃瓶□PE瓶	
		□玻璃瓶□PE瓶	
		□玻璃瓶□PE瓶	
		□玻璃瓶□PE瓶	
	[illegible]	□玻璃瓶□PE瓶	

樣品是否執行過濾：□否 □是 [illegible]

註：[illegible]

會同單位及人員簽認：[illegible] 審核人員/日期：[illegible]

採樣位置記錄表

採樣地點：台南市安南區安吉路 [illegible]	委託案件編號：20200619-01

採樣點編號	TM 二度分帶座標 X (M)	Y (M)	水位 (cm)	井深 (cm)
MW-1	[illegible]	[illegible]		
OW	[illegible]	[illegible]		
WJ-1	[illegible]	[illegible]		

備註資料：

會同單位及人員簽認：　　　審核人員/日期：[illegible]

委託案件編號：20200619-02

採樣照片說明表

1.監測井地下水採樣情形(MW1)

2.監測井地下水採樣情形(OW)

3.監測井地下水採樣情形(WJ-1)

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署環檢字第003號

品保品管報告

樣品編號：P6040631-03

結論	序號	品保品管名稱		查核樣品分析結果			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
		檢驗項目	檢驗方法	配置值 (μg/L)	回收率(%)	查核容許標準	添加量 (μg/L)	分析值 (μg/L)	回收率(%)	添加容許標準	分析值(μg/L)	分析值(μg/L)	差異	容許容許標準
*	1	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.50B	125	101.6	75~125%	125	124.8	99.8	85~115%	1.04	1.14	9.6	0~25%
*	2	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	125	99.2	75~125%	125	125.6	100.5	85~115%	1.10	1.10	0.4	0~25%
*	3	1,1,2-三氯三氟乙烷	NIEA W785.50B	125	101.4	75~125%	125	126.6	101.3	85~115%	1.24	1.20	3.4	0~25%
*	4	1,1,1-三氯乙烯	NIEA W785.50B	125	96.8	75~125%	125	125.6	100.5	85~115%	1.14	1.12	1.8	0~25%
*	5	1,2-二氯苯	NIEA W785.50B	125	101.4	75~125%	125	126.7	101.3	85~115%	1.21	1.19	1.7	0~25%
*	6	四氯化碳	NIEA W785.50B	125	104.3	75~125%	125	125.2	100.2	85~115%	1.15	1.17	1.7	0~25%
*	7	氯苯	NIEA W785.50B	125	97.8	75~125%	125	125.0	100.0	85~115%	1.10	1.09	0.9	0~25%
*	8	三氯甲烷(氯仿)	NIEA W785.50B	125	102.3	75~125%	125	126.4	101.1	85~115%	1.14	1.19	3.8	0~25%
*	9	氯乙烯	NIEA W785.50B	125	105.6	75~125%	125	125.7	100.5	85~115%	1.21	1.23	1.6	0~25%
*	10	1,2-二氯乙烯	NIEA W785.50B	125	97.3	75~125%	125	125.7	100.5	85~115%	1.17	1.14	2.6	0~25%
*	11	苯	NIEA W785.50B	125	99.8	75~125%	125	124.9	100.0	85~115%	1.23	1.18	4.2	0~25%
*	12	四氯乙烯	NIEA W785.50B	125	99.8	75~125%	125	125.5	100.5	85~115%	1.15	1.07	7.0	0~25%
*	13	甲苯	NIEA W785.50B	125	91.5	75~125%	125	124.0	99.4	85~115%	1.07	1.10	2.8	0~25%
*	14	1,1,2-三氯乙烯	NIEA W785.50B	125	98.3	75~125%	125	124.9	100.1	85~115%	1.23	1.18	4.0	0~25%
*	15	三氯乙烯	NIEA W785.50B	125	99.8	75~125%	125	125.0	100.1	85~115%	1.18	1.15	2.4	0~25%
*	16	氯乙烷	NIEA W785.50B	125	100.3	75~125%	125	125.1	100.1	85~115%	1.10	1.04	4.2	0~25%
*	17	二甲苯	NIEA W785.50B	125	99.8	75~125%	125	125.1	100.1	85~115%	1.18	1.17	1.1	0~25%
*	18	間,對二甲苯	NIEA W785.50B	250	100.1	75~125%	250	251.4	100.6	85~115%	2.58	2.67	3.7	0~25%
*	19	鄰二甲苯	NIEA W785.50B	125	99.9	75~125%	125	125.2	100.1	85~115%	1.18	1.17	1.0	0~25%
*	20	1,1,2,2-四氯乙烷	NIEA W785.50B	125	102.3	75~125%	125	124.9	100.1	85~115%	1.23	1.18	3.9	0~25%
*	21	一溴甲烷	NIEA W785.50B	125	100.7	75~125%	125	124.8	100.1	85~115%	1.24	1.18	5.0	0~25%
*	22	甲基第三丁基醚	NIEA W785.50B	125	95.8	75~125%	125	124.9	100.0	85~115%	1.12	[illegible]	[illegible]	0~25%
*	23	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.50B	125	100.0	75~125%	125	125.2	100.1	85~115%	1.24	[illegible]	[illegible]	0~25%
*	24	1,2-二氯苯	NIEA W785.50B	125	99.8	75~125%	125	124.1	100.0	85~115%	1.23	[illegible]	[illegible]	0~25%
備註														

報告專用章
台灣檢驗科技股份有限公司
品保部專用章
負責人：[illegible]
檢驗室主管：[illegible]

(第3頁，共3頁)

此檢驗報告之內容係根據本公司之服務條款和條款，請參閱 http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm 和 http://www.sgs.com/terms_of_service.htm 所載，本報告不代表本公司認定產品品質之保證。本報告僅對所檢驗之樣品負責。本報告未經本公司書面同意，不得部分複製。本報告僅反映所檢驗之樣品之檢驗結果。本報告之內容僅供客戶參考，本公司保留法律追究權利。

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署環檢字第003號

水質樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]
計畫名稱：[illegible]
採樣人員：[illegible]
樣品編號：P6040631-03
採樣單位：[illegible]
採樣地點：[illegible]
採樣時間：[illegible]
送驗時間：[illegible]
報告日期：[illegible]
檢驗期間：[illegible]
樣品狀態：[illegible]
備註：[illegible]
登錄日期：ID-2369-2019nov2021；ID-2369-3261

備　註：1.本報告之檢驗結果僅針對送驗樣品，並僅對所檢驗項目負責，請妥善保管。
[illegible]
2.本報告不得部分複製。
3.檢測結果以數字表示，[illegible]
4.[illegible]
5.[illegible]
6.[illegible]
7.[illegible]

參考資：(一)以保證本報告檢驗結果公正性之原則，[illegible]
(二)[illegible]

公司名稱：台灣檢驗科技股份有限公司
負責人：[illegible]
檢驗室主管：[illegible]

報告專用章
台灣檢驗科技股份有限公司
品保部專用章
負責人：[illegible]
檢驗室主管：[illegible]

(第1頁，共3頁)

此檢驗報告之內容係根據本公司之服務條款和條款，請參閱 http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm 和 http://www.sgs.com/terms_of_service.htm 所載，本報告不代表本公司認定產品品質之保證。本報告僅對所檢驗之樣品負責。本報告未經本公司書面同意，不得部分複製。本報告僅反映所檢驗之樣品之檢驗結果。本報告之內容僅供客戶參考，本公司保留法律追究權利。

[illegible]

(第2頁，共3頁)

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署環檢字第003號

樣品檢驗報告

樣品編號：P6040631-03

結論	序號	樣品編號 檢驗項目	檢驗方法	偵測限	單位	P6040631	P6040632	P6040633								
*	1	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	2	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	3	1,1,2-三氯三氟乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	4	1,1,1-三氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	5	1,2-二氯苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	6	1,2-二溴乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	7	1,2-二氯苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	8	1,3-二氯苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	9	1,4-二氯苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	10	四氯化碳	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	11	1,1,1,2-四氯乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	12	1,1,2,2-四氯乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	13	氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	14	1,1-二氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	15	1,2-二氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	16	三氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	17	苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	18	甲苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	19	氯乙烷	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	20	四氯乙烯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	21	氯苯	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
*	22	甲基第三丁基醚	NIEA W785.50B	0.00005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005								
		以下空白														
備註		二氯甲烷、氯仿、二甲苯、鄰、二甲苯：														

報告專用章
台灣檢驗科技股份有限公司
品保部專用章
負責人：[illegible]
檢驗室主管：[illegible]

(第3頁，共3頁)

此檢驗報告之內容係根據本公司之服務條款和條款，請參閱 http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm 和 http://www.sgs.com/terms_of_service.htm 所載，本報告不代表本公司認定產品品質之保證。本報告僅對所檢驗之樣品負責。本報告未經本公司書面同意，不得部分複製。本報告僅反映所檢驗之樣品之檢驗結果。本報告之內容僅供客戶參考，本公司保留法律追究權利。

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

樣品監管記錄表

樣品編號：

樣品數量

PE 瓶
- ☐1L
- ☐0.5L
- ☐0.25L

PP 瓶
- ☐1L
- ☐0.5L
- ☐0.25L

玻璃瓶
- ☐1L
- ☐0.5L
- ☐0.25L
- ☑40mL 1 g

無菌瓶/袋
- PETG 管
- 實用瓶
- PE 袋
- 其他

樣品運送方式	封條	樣品保存	LIMS 系統登錄
☑顧客/快遞 ☐公務車 ☐委託單位自行送樣	☑已貼封條 ☐未貼封條 ☐未開封原售商品（不須貼封條） ※未開封且保固期內	☐符合保存方法 不符合保存方法 ☐超過保存期限 ☐未冷藏 ☐容器不合 ☑其他不符合 ☐未加酸 ☐其他	人員：[illegible] 日期/時間：6/4 16:46

備註(若生公司以外地區送到客戶樣品時，請填寫下方資料)

人員：

日期/時間：

☐顧客/快遞 ☐公務車 ☐委託單位自行送樣
☐已貼封條 ☐未貼封條 ☐未開封售商品
☐室溫 ☐冷藏

收樣人員：[illegible]

TOBDA-(2M)-E-7-03 發行日期：2020-01-17 版本：7.0

森品環境科技股份有限公司檢測報告

委託案件編號：2020070201 樣品基質：地 下 水

場址名稱：台南市安定區安定段 2085 地號

計畫名稱：水力注藥技術強化含氯有機溶劑污染土壤整治模擬試驗計畫

檢測目的：自行評估

採樣日期：109 年 07 月 02 日

報告日期：109 年 07 月 06 日

森品環境科技股份有限公司
J&L Environmental Technology CO., LTD.
824 高雄市燕巢區安林三街 18 號
TEL：886-7-6163000 FAX：886-7-6163000 Web：www.jltco.com.tw

委託案件編號：2020070201

檢測報告書目錄

項次	資料名稱	內容	勾選 有	勾選 無
一	檢測報告		✓	
二	現場採樣紀錄		✓	
	1.現場採樣紀錄（現場手稿）		✓	
	2.採樣位置記錄表		✓	
	3.樣品監管記錄表			✓
	4.照片說明表		✓	
	5.採樣機構之執行記錄影本或於採樣記錄表內填寫記錄表			✓
	6.標準品產分析報告書影本			✓
	7.其他資料			✓
三	附件			

一、檢測報告

森品環境科技股份有限公司

檢測報告

計畫名稱：水刀注漿技術應用於青埔特殊地質地下管線修復工程施工前後之檢測計畫　委託案件編號：2020070043

委託單位：桃園科技大學　聯 絡 人：胡特曼

採樣地點：台南市安定區安定段2065地號　採樣日期：109年07月02日

採樣方法：森品環境科技股份有限公司　收樣日期：109年07月06日

報告日期：109年07月06日

備　註：1.本檢測報告共1頁，分別附件檢驗。
2.本報告僅對送檢樣品負責，不適用於其他樣品或作為公證用途之用。

審核標準：1.本檢測報告僅作為內部管理用。
2.報告內容僅就送檢之樣品方法參考標準分析檢測方法執行，未計算檢測數值不確定度報告。
3.其報告結論未具公信力，且不作法律依據。

公司名稱：森品環境科技股份有限公司

負責人：[illegible]

報告專用章

森品環境科技股份有限公司
Sen Environmental Technology Co., Ltd.

第1頁，共1頁

森品環境科技股份有限公司 Sen Environmental Technology Co., Ltd.

電話：07-6162000 FAX：886-7-6162000

二、相關現場採樣記錄

森品環境科技股份有限公司

檢測報告

委託案件編號：2020070043

採樣日期：109年07月02日

樣品：地下水採樣樣

採樣方法：地下水採樣方法

序號	樣品編號	採樣時間	樣品數量	序號	樣品編號	採樣時間	樣品數量	序號	樣品編號	採樣時間	樣品數量
1	—	10:01	—	21				41			
2	—	10:11	—	22				42			
3	—	10:19	—	23				43			
4		以下空白		24				44			
5				25				45			
6				26				46			
7				27				47			
8				28				48			
9				29				49			
10				30				50			
11				31				51			
12				32				52			
13				33				53			
14				34				54			
15				35				55			
16				36				56			
17				37				57			
18				38				58			
19				39				59			
20				40				60			

備註：本以上空白為檢測報告。

報告專用章
森品環境科技股份有限公司
Sen Environmental Technology Co., Ltd.

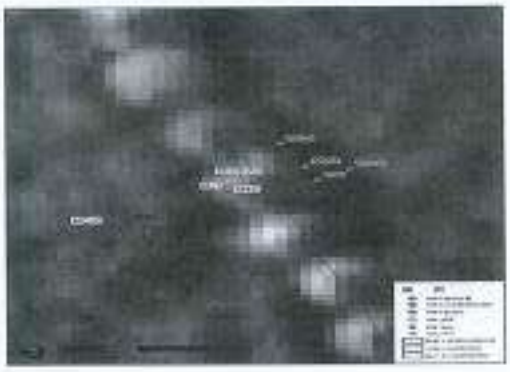
第1頁，共1頁

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

採樣位置記錄表



委託案件編號：20200302-01

採樣照片說明表

1.監測井地下水採樣情形(MW1)

2.監測井地下水採樣情形(W1-1)

3.監測井地下水採樣情形(OW)

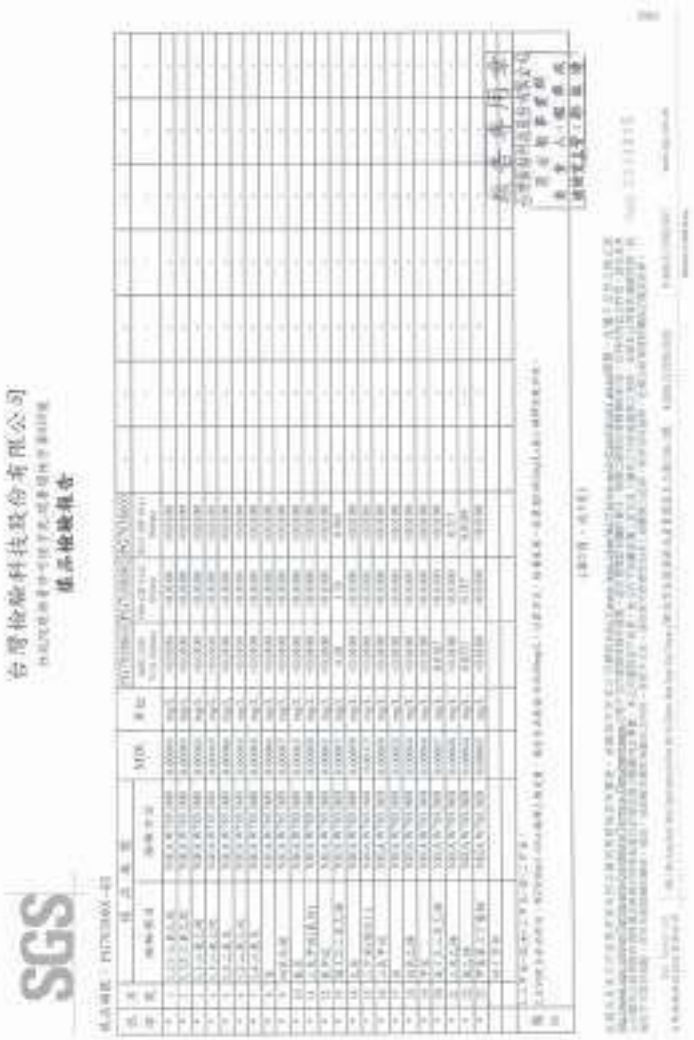
報告專用章

台灣檢驗科技股份有限公司

SGS Taiwan Ltd.

台灣檢驗科技股份有限公司

水質樣品檢驗報告



台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗報告

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

品保品管報告

檢驗項目	檢驗方法	檢驗結果	檢驗人員	檢驗日期
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

審核人：

審核日期：

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

地下水樣品監管運送紀錄表

計畫名稱	[illegible]	計畫編號	[illegible]
採樣編號	GW-[illegible]-13	採樣日期	[illegible]
採樣代碼	-	監測代碼	GW
品管監查			
運送方式	□公務車運送 □快遞（收件一覽表） □台灣宅配通 □其他：		□現場
運送單位	台灣檢驗科技股份有限公司 □其他：		

次數	樣品編號	採樣時間	採樣深度	樣品內容	總數
[illegible]	GW-[illegible]-04	[illegible]	[illegible] m	[illegible]	[illegible]
[illegible]	GW-[illegible]-01	—	— m	[illegible]	[illegible]
[illegible]	GW-[illegible]-05	[illegible]	[illegible] m	[illegible]	[illegible]
[illegible]	GW-[illegible]-06	[illegible]	[illegible] m	[illegible]	[illegible]
	GW-[illegible]		m		
	GW-[illegible]-[illegible]				
	GW-[illegible]-[illegible]				
	GW-[illegible]-[illegible]				

樣品編號	[illegible]	
分析項目	A：[illegible]	
樣品類別	[illegible]	
保存方式	A：[illegible]	
容器及材質	A：[illegible]	
樣品運送狀態	[illegible]	

樣品運送紀錄	人員	採樣人員	樣品運送人員	實驗室接收人員
	簽名	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	運送日期/時間	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	樣品保存狀況說明	[illegible]	[illegible]	[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

樣品監管紀錄表

樣品編號：[illegible]

樣品數量

PE 瓶	玻璃瓶	無菌袋/杯
□1L ____	□1L ____	PETG 管 ____
□0.5L ____	□0.5L ____	管狀瓶 ____
□0.25L ____	□0.25L ____	PU 袋 ____
PP 瓶	☑40mL 18	____
□1L ____		其他 ____
□0.5L ____		
□0.25L ____		

樣品運送方式	封條	樣品保存	LIMS 系統登錄
☑專車/快遞	☑已貼封條	□符合保存方法	人員：
□公務車	□未貼封條	不符合保存方法	日期/時間：
□委託專線自行運送	□未開封中空瓶/瓶（不須貼封條）和未開封含試劑瓶	□超過保存期限	9/1 [illegible]
		□未冷藏	
		□容器不符	
		☑pH 不符合	
		□未加保	
		□其他____	

備註（每次必須以外地區收到客戶樣品時，請填寫下列資料）

人員：

日期/時間：

□專車/快遞 □公務車 □委託專線自行運送

□已貼封條 □未貼封條 □未開封中空瓶

□完整 □冷藏

收樣人員：[illegible] 9/1

FORM-ENG-5.7-01 [illegible] | 2020.03.15 版次：1.4

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署檢字第003號

品保品管報告

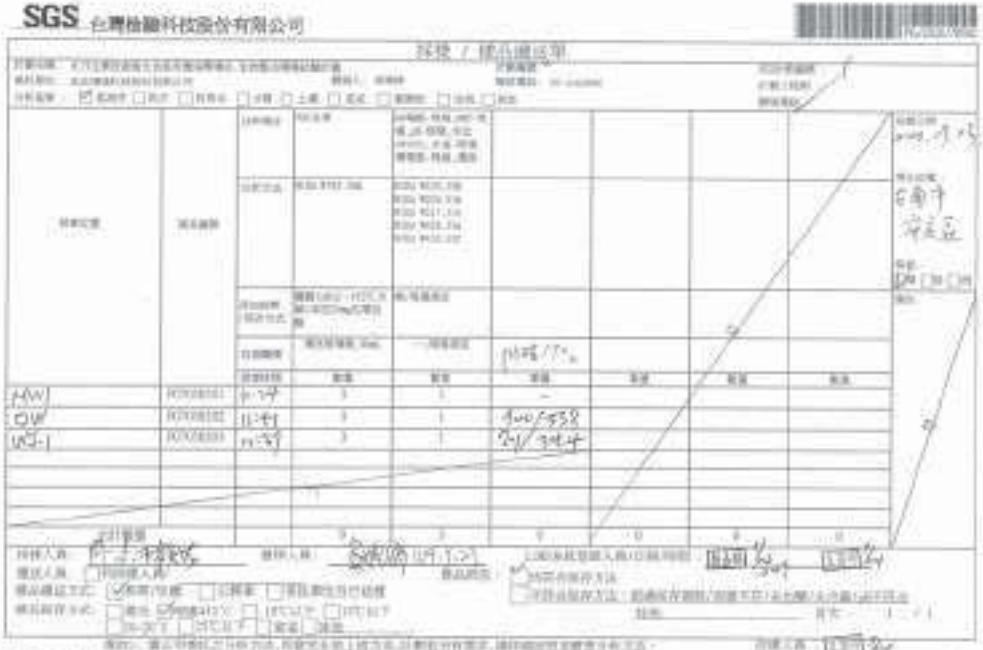
SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署檢字第003號

水質樣品檢驗報告

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司



SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署檢字第003號

樣品檢驗報告

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水背景調查表

一、井址：台南市官田區[illegible]段2085-0000地號

二、井號：MW1、OW、WJ-1

三、附近可能之污染源描述：

1.	距離：
2.	距離：
3.	距離：

四、地下水井位置簡述（請附現場具明顯標的物及繪圖標註）

FORM-TESP-FW-183-02 [illegible] 審核人員：[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

水質採樣各式儀器使用及校正紀錄表

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溫度計/pH計	WTW pH 3210 / WTW pH [illegible]	ESAS-pH-06	[illegible]	NIEA W217 / NIEA W424
導電度計	WTW Cond 3210 / WTW Cond [illegible]	ESAS-EC-06	[illegible]	NIEA W203
氧化還原電位計	WTW pH 3210 / WTW pH [illegible]	ESAS-ORP-06	[illegible]	
溶氧計	WTW Oxi 3210 / WTW Oxi [illegible]	ESAS-DO-06	[illegible]	NIEA W455
濁度計	TURBIDITY METER	ESAS-TUR-[illegible]	[illegible]	NIEA W219

標準液	400 NTU	100 NTU	20 NTU	0.02 NTU
編號	ESAS-TUR-[illegible]			
有效期限	2020.08.31			

[illegible]

FORM-TESP-FW-132-07 [illegible] 2019.10.15 審核人員：[illegible]

台灣檢驗科技股份有限公司

說明：[illegible]

日期：2020.07.23

地點：MW1

說明：[illegible]

日期：2020.07.23

地點：OW

說明：[illegible]

日期：2020.07.23

地點：WJ-1

森品環境科技股份有限公司檢測報告

委託案件編號：2020081301 樣品基質：地 下 水

場址名稱：台南市安定區安定段2085地號

計畫名稱：水力注藥技術應用於污染場址之原位化學氧化法現場試驗計畫

檢測目的：自行評估

採樣日期：109 年 08 月 13 日

報告日期：109 年 08 月 20 日

森品環境科技股份有限公司
J&L Environmental Technology CO., LTD.
824 高雄市燕巢區安林三街 18號
TEL：886-7-6182000 FAX：886-7-6183000 Web：www.jlenv.com.tw

委託案件編號：2020081301

檢測報告書目錄

項次	資料名稱	內容	勾選 有	勾選 無
一	檢測報告		✓	
二	材質可追溯採樣記錄		✓	
	1.現場採樣記錄（現場手稿）		✓	
	2.採樣位置記錄表		✓	
	3.樣品監管記錄表			✓
	4.照片說明表		✓	
	5.採樣機器之校正記錄表/本或校正結果記錄於採樣記錄表			✓
	6.標準氣體分析報告書影本			✓
	7.其他資料			✓
三	附件			

一、檢測報告

森品環境科技股份有限公司

檢測報告

計畫名稱：水力注藥技術應用於污染場址之原位化學氧化法現場試驗計畫　委託案件編號：2020081301

委託單位：森品環境科技股份有限公司　聯 絡 人：吳俊毅

受檢單位：台南市安定區安定段2085地號　採樣日期：109 年 08 月 13 日

採樣地點：台南市安定區安定段2085地號　收樣日期：109 年 08 月 14 日

採樣單位：森品環境科技股份有限公司　報告日期：109 年 08 月 20 日

備 註：1. 本檢測報告共 2 頁，只限使用機關。
2. 本檢測報告樣品自費，不得轉售或做為作為商業用途之用。

審核結果：1. 本檢測報告經檢核符合自行評估標準。
2. 報告內容與採樣之檢測方法參考國內水相關法令規定，未超出管制法規範圍。
3. 檢測報告審核通過，是否符合法規規定，是否符合法規規定。

公司名稱：森品環境科技股份有限公司

負責人：張宏毅

（第 1 頁，共 2 頁）

森品環境科技股份有限公司
J&L Environmental Technology CO., LTD.
824 高雄市燕巢區安林三街 18號
TEL：886-7-6182000 FAX：886-7-6183000 Web：www.jlenv.com.tw

森品環境科技股份有限公司
檢測報告

委託案件編號：20200813-01
採樣日期：109年08月13日
類別：地下水採樣
參考方法：地下水採樣方法

序號	樣品編號	檢測項目	樣品數量	序號	樣品編號	檢測項目	樣品數量	序號	樣品編號	檢測項目	樣品數量
1	—	[illegible]	—	21				41			
2	—	[illegible]	—	22				42			
3	—	[illegible]	—	23				43			
4		以下空白		24				44			
5				25				45			
6				26				46			
7				27				47			
8				28				48			
9				29				49			
10				30				50			
11				31				51			
12				32				52			
13				33				53			
14				34				54			
15				35				55			
16				36				56			
17				37				57			
18				38				58			
19				39				59			
20				40				60			

備註：[illegible]

報告專用章

(第1頁，共1頁)

二、相關現場採樣記錄

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

計劃(案)名稱：[illegible] | 委託案件編號：20200813-01
採樣地點：台南市安南區安吉路 3085 號附近 | 採樣日期：109年8月13日
井號：[illegible] | 天氣：☑晴 □陰 □雨 □陣雨後
設井方式：□標準監測井 □觀測井 □抽水井 □民井 □其他
井現有狀況：井蓋及井體是否完整 ☑是 □否；附近環境描述：[illegible]

洗井資料：井管內徑：1 (inch)；水位面至井口深度：25.1 (cm)；井底至井口深度：[illegible] (cm)；井水深度：[illegible] (cm)；井水體積：4.4 (L)；預估洗水體積：13.2 (L)；洗井設備：☑貝勒管 □離心式抽水泵 □氣囊式抽水泵一型號；井篩深度：[illegible] (cm)；井篩長度：100 (cm)；洗井設備放置深度：750 (cm)

量測順序	量測時間	水位深度 (cm)	流水速率 (L/min)	洗出水體積 (L)	pH 值	導電度 (μS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	洗井水觀察 (水色、氣味、雜質)
洗井前	13:0?			1.2	8.14	[illegible]	-398.6	1.12	混濁 黑色 臭味
第1次	13:15			[illegible]	[illegible]	[illegible]	-40.1	0.88	〃
第2次	13:23			2.0	7.56	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第3次	13:31			2.0	7.56	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第4次	13:39			2.0	7.57	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第_次									
第_次									

總出水體積：[illegible] (L)；洗井結束時水位深度：[illegible] (cm)；採樣設備放置深度：[illegible]

採樣記錄：採樣起訖時間：— ～ —；採樣人員：[illegible]
採樣設備：□貝勒管 □離心式抽水泵 □氣囊式抽水泵 □其他
樣品管理：樣品編號 / 分析項目 / 樣品容器（□玻璃瓶 □PE瓶）/ 體積(mL)
不需測試樣，不採樣

注：[illegible]

報告專用章

會同單位及人員簽認：[illegible] 109.8.13 審核人員/日期：[illegible]

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

計劃(案)名稱：[illegible] | 委託案件編號：20200813-01
採樣地點：台南市安南區安吉路 3085 號附近 | 採樣日期：109年8月12日
井號：[illegible] | 天氣：☑晴 □陰 □雨 □陣雨後
設井方式：□標準監測井 □觀測井 □抽水井 □民井 □其他
井現有狀況：井蓋及井體是否完整 ☑是 □否；附近環境描述：[illegible]

洗井資料：井管內徑：1 (inch)；水位面至井口深度：[illegible] (cm)；井底至井口深度：[illegible] (cm)；井水深度：[illegible] (cm)；井水體積：5.4 (L)；預估洗水體積：16.2 (L)；洗井設備：☑貝勒管 □離心式抽水泵 □氣囊式抽水泵一型號；井篩深度：[illegible] (cm)；井篩長度：500 (cm)；洗井設備放置深度：[illegible] (cm)

量測順序	量測時間	水位深度 (cm)	流水速率 (L/min)	洗出水體積 (L)	pH 值	導電度 (μS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	洗井水觀察 (水色、氣味、雜質)
洗井前	13:45			0.2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.14	混濁 黑色 臭味
第1次	14:02			[illegible]	7.54	[illegible]	[illegible]	1.56	〃
第2次	14:08			[illegible]	7.56	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第3次	14:16			[illegible]	7.53	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第4次	14:24			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	〃
第_次									
第_次									

總出水體積：[illegible] (L)；洗井結束時水位深度：[illegible] (cm)；採樣設備放置深度：[illegible]

採樣記錄：採樣起訖時間：— ～ —；採樣人員：[illegible]
採樣設備：□貝勒管 □離心式抽水泵 □氣囊式抽水泵 □其他
樣品管理：樣品編號 / 分析項目 / 樣品容器（□玻璃瓶 □PE瓶）/ 體積(mL)
不需測試樣，不採樣

注：[illegible]

報告專用章

會同單位及人員簽認：[illegible] 109.8.12 審核人員/日期：[illegible]

地下水採樣記錄表（井柱水體積置換法）

委託案件編號:20200813-01

採樣日期:109年 8月13日

井號: MW1

量測階段	量測時間	水體積(L)	pH 值	導電度	ORP (mV)	DO (mg/L)	洗井水體積
洗井前	14:37	[illegible]	7.72	1630	-109.4	2.19	渾濁
第1次	14:45	40.4	7.74	980	-181.3	2.29	
第2次	14:53	60.2	7.79	894	-194.2	1.94	
第3次	15:01	60.2	8.83	891	-191.3	1.90	
第4次	15:09	60.2	8.80	890	-190.4	1.90	
第5次	15:17	60.[illegible]	8.83	891	-192.4	1.86	

會同單位及人員簽章：[signature] 109.8.13　審核人員/日期：[signature]

採樣位置記錄表

採樣地點：台南市安定區安定段 3083 地號　委託案件編號:20200813-

採樣點編號	TM 二度分帶座標 X(E)	Y(N)	水位(m)	深度(m)
MW1	171884.1	2556881.9		
WJ-1	171880.6	2556882.8		
OW	171881.3	2556881.4		

備註資料:

會同單位及人員簽章：[signature] 109.8.13　審核人員/日期：[signature]

委託案件編號：20200813-01

採樣照片說明表

1.監測井地下水採樣情形(OW)

2.監測井地下水採樣情形(WJ-1)

3.監測井地下水採樣情形(MW1)

報告專用章

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第015號

水質樣品檢驗報告

[illegible]

負責人：[illegible]

檢驗室主管：謝[illegible]

報告專用章

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第015號

樣品檢驗報告

樣品編號：[illegible]

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	結果
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註：[illegible]

報告專用章

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第015號

樣品檢驗報告

樣品編號：[illegible]

項目	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	結果
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註：[illegible]

報告專用章

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第015號

品保品管報告

樣品編號：[illegible]

項次	序號	檢驗項目	檢驗方法	查核樣品分析結果			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註：[illegible]

報告專用章

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可設立：環署檢字第015號

樣品檢驗報告

產品編號：P0202001-02

項次	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	P0202001	P0202002
						100	W-1
	1	pH	NIEA W701.01A			5.8(27.1℃)	6.7(25.7℃)
	1	色度	NIEA W105.51A	-	度	275	250
	1	懸浮固體	NIEA W210.58B	-	mg/L	270	270
	1	溶解氧	NIEA W455.55B	-	mg/L	0.5	0.60
	1	溶氧量	NIEA W455.55B	-	mg/L	<0.1	<0.1
	1	氨氮(總氮氮)	NIEA W419.51B	-	mg/L	0.1	<0.1
*	1	總氮	NIEA W480.51A	1.0	mg/L	21.9	21.9
*	1	硫化物(總量)	NIEA W415.51A	0.0	mg/L	0.0	0.04
*	1	氰化物	NIEA W412.51A	0.01	mg/L	<0.01	<0.01
*	1	總磷	NIEA W427.51B	0.04	mg/L	15.6	6.24
*	1	正己烷	NIEA W732.53C	0.01	mg/L	ND	ND
*	1	三氯甲烷	NIEA W401.51B	0.002	mg/L	ND	ND
*	1	四氯化碳	NIEA W401.51B	0.002	mg/L	ND	ND
*	1	酚類	NIEA W520.53C	0.01	mg/L	<0.100	<0.100
*	1	1,1-二氯乙烯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,2-二氯乙烯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,1-二氯乙烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,2-二氯乙烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	三氯乙烯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	四氯乙烯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	苯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	甲苯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	氯仿	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000

備註：

報告專用章 台灣檢驗科技股份有限公司 檢驗數據專用 負責人：謝春成 檢驗室主管：郭秋清

（第1頁，共1頁）

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可設立：環署檢字第015號

品保品管報告

代品編號：P0202B01

項次	序號	品保項目名稱	檢驗方法	標準品分析結果 配置值 (μg/L)	回收率(%)	管制標準	添加標準分析結果 添加量 (μg/L)	分析值 (μg/L)	回收率(%)	管制標準	重複標準分析結果 原分析濃度 (μg/L)	分析濃度 (μg/L)	差異	管制標準
*	1	1,1-二氯乙烯	NIEA W785.50B	13.0	117.0	70~120%	13.0	13.7	107.7	65~135%	14.1	14.7	0.1	0~20%
*	1	1,2-二氯乙烯	NIEA W785.50B	12.0	119.6	70~120%	12.0	12.1	99.2	65~135%	14.2	14.4	1.4	0~20%
*	1	1,1-二氯乙烷	NIEA W785.50B	13.0	123.0	70~120%	13.0	12.6	124.3	65~135%	13.6	13.7	0.7	0~20%
*	1	1,2-二氯乙烷	NIEA W785.50B	12.0	122.8	70~120%	12.0	12.6	124.4	65~135%	13.3	13.5	1.5	0~20%
*	1	三氯乙烯	NIEA W785.50B	12.0	117.2	70~120%	12.0	12.7	124.2	65~135%	14.1	13.9	1.5	0~20%
*	1	四氯乙烯	NIEA W785.50B	12.0	117.8	70~120%	12.0	12.1	120.9	65~135%	14.11	14.11	0.1	0~20%
*	1	苯乙烯	NIEA W785.50B	12.0	97.8	70~120%	12.0	12.1	96.0	65~135%	11.7	12.0	2.6	0~20%
*	1	1,3-甲苯(間苯)	NIEA W785.50B	12.0	118.1	70~120%	12.0	13.8	138.9	65~135%	14.7	12.1	0.5	0~20%
*	1	氯甲烷	NIEA W785.50B	12.0	117.5	70~120%	12.0	14.0	117.6	65~135%	14.1	14.0	0.7	0~20%
*	1	溴甲烷(一溴氯甲烷)	NIEA W785.50B	12.0	113.8	70~120%	12.0	12.8	106.7	65~135%	13.9	13.7	1.4	0~20%
*	1	氯	NIEA W785.50B	12.0	108.6	70~120%	12.0	13.1	109.1	65~135%	13.2	13.3	1.1	0~20%
*	1	四氯乙烯	NIEA W785.50B	12.0	112.2	70~120%	12.0	12.5	104.4	65~135%	13.7	13.1	1.2	0~20%
*	1	甲苯	NIEA W785.50B	12.0	98.7	70~120%	12.0	12.0	99.7	65~135%	12.8	12.9	0.7	0~20%
*	1	氯乙烯(一氯乙烯)	NIEA W785.50B	12.0	124.5	70~120%	12.0	12.0	102.8	65~135%	13.1	14.3	10.0	0~20%
*	1	二溴氯甲烷	NIEA W785.50B	12.0	114.8	70~120%	12.0	12.0	117.7	65~135%	13.8	14.4	4.4	0~20%
*	1	氯仿	NIEA W785.50B	12.0	113.3	70~120%	12.0	14.0	103.8	65~135%	13.5	13.9	6.4	0~20%
*	1	二氯甲烷	NIEA W785.50B	12.0	98.8	70~120%	12.0	12.0	98.2	65~135%	12.0	12.7	7.8	0~20%
*	1	四氯化碳	NIEA W785.50B	12.0	112.9	70~120%	12.0	12.1	110.8	65~135%	12.0	12.7	6.8	0~20%
*	1	溴一氯甲烷	NIEA W785.50B	12.0	117.8	70~120%	12.0	14.0	117.8	65~135%	12.0	12.1	2.5	0~20%
*	1	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	12.0	113.9	70~120%	12.0	13.1	113.8	65~135%	12.7	12.1	2.6	0~20%
*	1	二溴甲烷	NIEA W785.50B	12.0	120.5	70~120%	12.0	12.7	120.8	65~135%	12.3	12.0	2.6	0~20%
*	1	甲基第三丁基醚	NIEA W785.50B	12.0	102.7	70~120%	12.0	12.1	101.5	65~135%	12.6	12.6	2.6	0~20%
*	1	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.50B	12.0	122.6	70~120%	12.0	14.0	122.5	65~135%	14.1	14.0	0.7	0~20%
*	1	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	12.0	113.7	70~120%	12.0	12.4	120.2	65~135%	12.7	12.6	0.7	0~20%

備註：

報告專用章 台灣檢驗科技股份有限公司 檢驗數據專用 負責人：謝春成 檢驗室主管：郭秋清

（第1頁，共1頁）

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可設立：環署檢字第015號

樣品檢驗報告

產品編號：P0202B01-02

項次	序號	檢驗項目	檢驗方法	MDL	單位	P0202B01	P0202B02
						100	W-1
*	1	1,3-甲苯(間苯)	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	氯甲烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	溴甲烷(一溴氯甲烷)	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	0.0000	0.0000
*	1	氯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	四氯乙烯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	甲苯	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	氯乙烯(一氯乙烯)	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	二溴氯甲烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	氯仿	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	二氯甲烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	四氯化碳	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	溴一氯甲烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	<0.0000	<0.0000
*	1	二溴甲烷	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	0.0000	0.0000
*	1	甲基第三丁基醚	NIEA W785.50B	0.0000	mg/L	0.0000	0.0000
*	1	甲苯	Hexadecane-GC/FID	0.010	mg/L	0.071	0.25
*	1	二氯甲烷	Hexadecane-GC/FID	0.010	mg/L	<0.010	<0.010

備註：

報告專用章 台灣檢驗科技股份有限公司 檢驗數據專用 負責人：謝春成 檢驗室主管：郭秋清

（第1頁，共1頁）

SGS

台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環境保護署許可設立：環署檢字第015號

水質樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]

受檢地點：[illegible]

採樣時間：[illegible]

檢驗項目：[illegible]

樣品編號：P0202B01-02

報告單位：台灣檢驗科技股份有限公司

聯絡人：[illegible]

電話傳真：[illegible]

備註：[illegible]

公司名稱：台灣檢驗科技股份有限公司

負責人：謝春成

檢驗室主管：郭秋清

報告專用章 台灣檢驗科技股份有限公司 檢驗數據專用 負責人：謝春成 檢驗室主管：郭秋清

（第1頁，共1頁）

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署環檢字第015號

品保品管報告

樣品編號：PC002B901-03

樣品	水質	品保項目	檢驗方法	查核樣品分析結果			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
		檢驗項目	檢驗方法	配製值 (mg/L)	回收率(%)	查核管制標準	添加量 (μg)	分析值 (μg)	回收率(%)	添加管制標準	分析濃度1 (mg/L)	分析濃度2 (mg/L)	差異	重複管制標準
[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		以下空白												

備註

報告專用章

(第1頁，共1頁)

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

採樣 / 樣品送達單

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

行政院環保署許可證字號：環署環檢字第015號

品保品管報告

樣品編號：PC002B901-02

樣品	水質	品保項目	檢驗方法	查核樣品分析結果			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
		檢驗項目	檢驗方法	配製值 (μg/L)	回收率(%)	查核管制標準	添加量 (μg/L)	分析值 (μg/L)	回收率(%)	添加管制標準	分析濃度1 (μg/L)	分析濃度2 (μg/L)	差異	重複管制標準
[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	13	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	14	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	16	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	17	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	22	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

備註

報告專用章

(第1頁，共1頁)

[illegible]

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

送樣 / 樣品處理單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

送樣 / 樣品處理單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

送樣 / 樣品處理單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

送樣 / 樣品處理單

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

計畫名稱：[illegible]　採樣日期：2020 年 09 月 10 日
採樣地點：台南市安南區安定段 2085-0000 地號　採樣人員：周一杰
井號/樣品編號：MW-1 / [illegible]　篩管深度(m)：[illegible]
井位座標：E(X)：[illegible] N(Y)：[illegible]　□TWD67 ☑TWD97
資料來源：☑監測井告示牌 □業主提供 □無　天候狀況：☑晴 □陰 □雨
環境描述：監測井採樣前是否完整：☑是 □否（現場情況描述：☑井內積水 □其它）
洗井紀錄資料
洗井開始時間：09 時 21 分；洗井結束時間：09 時 48 分

時間	洗井速率 (L/min)	水位深度 (m)	洗出水體積 (L)	pH 值	溫度 (°C)	導電度	溶氧 (mg/L)	氧化還原電位 (mV)	濁度 (NTU)	洗井水觀察
09:[illegible]	0.1	[illegible]	0.5	6.89	28.8	[illegible]	[illegible]	-[illegible]	[illegible]	黑色
09:[illegible]	0.1	[illegible]	1.0	6.90	28.4	[illegible]	0.65	-[illegible]	[illegible]	黑色
09:[illegible]	0.1	[illegible]	1.5	6.89	28.3	[illegible]	[illegible]	-[illegible]	[illegible]	黑色
09:[illegible]	0.1	[illegible]	[illegible]	6.89	28.3	[illegible]	[illegible]	-[illegible]	[illegible]	黑色
09:[illegible]	0.1	[illegible]	2.5	6.89	28.3	[illegible]	[illegible]	-[illegible]	[illegible]	黑色
(洗井)										
(洗井)										
(採樣) 09:[illegible]	0.1	[illegible]	[illegible]	6.89	28.5	[illegible]	[illegible]	-[illegible]	[illegible]	黑色

洗出水總體積：[illegible] (L)
採樣資料【開始時間：09 時 [illegible] 分，結束時間：10 時 55 分】
審核人員：[illegible] 09/10

FORM TESP-PW-103-01

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

採樣日期：2020 年 09 月 10 日
採樣地點：台南市安南區安定段 2085-0000 地號　採樣人員：周一杰
井號/樣品編號：OW / [illegible]
洗井紀錄資料
洗井開始時間：10 時 [illegible] 分；洗井結束時間：11 時 [illegible] 分

時間	洗井速率 (L/min)	水位深度 (m)	洗出水體積 (L)	pH 值	溫度 (°C)	導電度	溶氧 (mg/L)	氧化還原電位 (mV)	濁度 (NTU)	洗井水觀察
11:[illegible]	TF	[illegible]	8.8	6.86	[illegible]	1944	[illegible]	-[illegible]		黑色
11:[illegible]	目	[illegible]	[illegible]	6.85	[illegible]	1979	[illegible]	-[illegible]		黑色
11:[illegible]	數	[illegible]	[illegible]	6.86	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
11:[illegible]	營	[illegible]	[illegible]	6.86	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
(洗井)	洗									
(洗井)	井									
(洗井)	狀									
(採樣) 11:45	穩	[illegible]	[illegible]	6.86	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色

採樣資料【開始時間：11 時 45 分，結束時間：11 時 5[illegible] 分】
審核人員：[illegible] 09/10

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水採樣紀錄表

採樣日期：2020 年 09 月 10 日
採樣地點：台南市安南區安定段 2085-0000 地號　採樣人員：周一杰
井號/樣品編號：WJ-1 / [illegible]
洗井紀錄資料
洗井開始時間：12 時 [illegible] 分；洗井結束時間：12 時 54 分

時間	洗井速率 (L/min)	水位深度 (m)	洗出水體積 (L)	pH 值	溫度 (°C)	導電度	溶氧 (mg/L)	氧化還原電位 (mV)	濁度 (NTU)	洗井水觀察
12:[illegible]	TF	[illegible]	[illegible]	6.57	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
12:[illegible]	目	[illegible]	[illegible]	6.68	28.3	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
12:[illegible]	數	[illegible]	[illegible]	6.90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
12:54	營	[illegible]	[illegible]	6.9[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色
(洗井)	洗									
(洗井)	井									
(洗井)	狀									
(採樣) 12:55	穩	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-[illegible]		黑色

洗井結束時水位面至井口深度：5.36[illegible] (m)
採樣資料【開始時間：12 時 55 分，結束時間：13 時 [illegible] 分】
審核人員：[illegible] 09/10

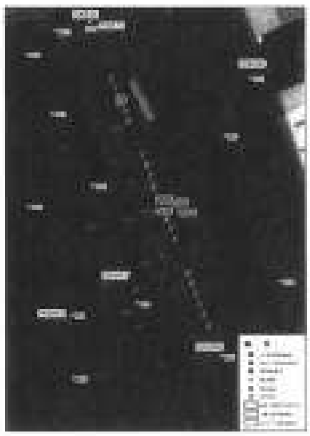
SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

監測井地下水背景調查表

一、井址：台南市安南區安定段 2085-0000 地號
二、井號：MW1、OW、WJ-1
三、附近可能之污染源概述：

1.	距離：
2.	距離：
3.	距離：

四、地下水井位置簡述：（請附道路或明顯標的物之簡圖說明）



FORM TESP-PW-103-03　審核人員：[illegible] 09/10

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

水質採樣各式儀器使用及校正記錄表

使用/校正日期：2020.09.10　　　使用人員：[illegible]

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溫度計/pH計	☑WTW pH 3210 ☐WTW pH	ESAS-pH-[illegible]	☑良好 ☐異常	NIEA W217 NIEA W424

儀器校正				校正後確認(pH=7.00)	斜率(mV/pH)	偏移(mV/pH)
pH	☑pH=7	☑pH=4	☑pH=10	實測值/溫度：[illegible]	-25mV~25mV	-61~-56 mV/pH
溫度(℃)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	標準值：[illegible]	-1.9	-57.6
編號	190723-6-006	900816-6-003	200211-6-034	編號：190729-6-002		
到期日期	2020.09.07	2020.09.07	2020.09.07	到期日期：2020.09.07		

[illegible]

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
導電度計	☐WTW Cond 3210 ☑WTW Cond 3710	ESAS-EC-[illegible]	☑良好 ☐異常	NIEA W203

0.01N KCl標準溶液校正	標準值 (μmho/cm)	溫度 (℃)	儀器讀值 (μmho/cm)	電極常數(cm⁻¹) 0.450~0.590
編號：190822-6-022				
到期日期：2020.09.07	1413	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	1412	[illegible]	[illegible]	—

導電度計使用注意事項

1.依據NIEA W203之規定，[illegible]

2.確認標準溶液編號：190618-6-002　　　/到期日期：2020.09.07

3.使用確認標準溶液之目標範圍(μmho/cm,25℃)：0.01N KCl 1287~1573；0.0115N KCl 1384~1440；0.001N KCl 140~154

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
氧化還原電位計	☐WTW pH 3210 ☑WTW pH 3710	ESAS-ORP-[illegible]	☑良好 ☐異常	—

校正標準液(mV)	實測值(mV)/溫度(℃)	標準值(mV)	誤差要求值±20 mV
220	[illegible]	[illegible]	

校正標準液編號：190618-6-002　　　/到期日期：2020.09.07

儀器名稱	儀器型號	儀器編號	使用狀況	檢驗方法
溶氧計	☐WTW Oxi 3210 ☑WTW Oxi 3510	ESAS-DO-[illegible]	☑良好 ☐異常	NIEA W455

飽和溶氧確認	實測值(mg/L)/溫度(℃)	理論值(mg/L)	溶氧差異值(%)	斜率
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

溶氧計使用注意事項：

1.[illegible]

2.[illegible]

斜率值	0.7~1.25	0.6~0.7	<0.6或>1.25
電極狀況	OK	[illegible]	[illegible]

不同溫度之飽和溶氧值(mg/L)

T(℃)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
DO	9.09	8.91	8.73	8.58	8.42	8.26	8.11	7.97	7.83	7.69	7.56

[illegible]

儀器名稱		儀器編號	儀器型號	檢驗方法
濁度計	TURBIDITY METER	ESAS-TUB-[illegible]	AQ3010	NIEA W219

儀器校正					查核標準	查核允收(±5%)
標準液	800 NTU	100 NTU	20 NTU	0.02 NTU	100 NTU	95~105 NTU
					實測值：[illegible]	☑合格 ☐異常
編號	ESAS-TUD-[illegible] 校正液					
有效期限	2020.09.07					

FORM:TESP-PW-401-02 版次：8.3 發行日期：2018.02.15　　　審核人員：[illegible]

台灣檢驗科技股份有限公司

說明：水刀江屬[illegible]生物整治[illegible]場試驗計畫

日期：2020.09.10

地點：MW3

台灣檢驗科技股份有限公司

說明：水刀江[illegible]生物整治[illegible]場試驗計畫

日期：2020.09.10

地點：GW

說明：水刀江[illegible]生物整治[illegible]場試驗計畫

日期：2020.09.10

地點：VJ-1

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 4

地下水微生物分析報告

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

測試報告

報告編號：SERC/2020/M0005　　日期：2020 年 05 月 04 日

為昌環境科技股份有限公司

高雄市燕巢區安林三街 18 號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認：

計劃名稱：水刀注氣技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治現場試驗計畫

樣品名稱：地下水樣本之微生物定量分析

申請廠商：為昌環境科技股份有限公司

取樣地點：台南市安定區安定段 2085-0000 地號

樣本名稱：MW1 (6m)

取樣日期：2020 年 04 月 08 日

送樣日期：2020 年 04 月 08 日

測試日期：2020 年 04 月 15 日 - 2020 年 05 月 04 日

委託分析項目：

污染場址中地下水樣本之總細菌群(包含總菌數(domain Bacteria)、活菌數和死菌數)、氯烯類降解菌群(包含 genus *Dehalococcoides*、genus *Desulfitomonile* 和 genus *Sulfurospirillum*)、同時具有氯烯類和氯烷類降解能力的菌群包含 genus *Desulfitobacterium* 和 genus *Dehalobacter*)、厭氧還原脫氯基因(包含 *tceA* gene、*vcrA* gene 和 *bvcA* gene)、以及氯烷類降解基因(*dcaA* gene)。

本報告僅就送檢樣品所作之試驗結果提供參考用，請本中心之名稱、地址、分析結果等資料勿擅自引用，亦不得用於廣告，未經本中心同意，本報告不得部分重印，未經書面授權，任何部分或全部不得以任何方式複製、散佈、傳播或用於商業目的。This test report is issued by Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University. Attention is drawn to the limitations of liability, liability and jurisdictional issues defined therein. The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested. This test report can not be reproduced, except in full, without prior written permission of the Centre. Any unauthorised alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this report is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

本所地址：台南市安定區安平路 500 號 電話：(06)2664200#506 傳真：(06)2664060
Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University, No.500, Sec. 3, Anping Rd., Anding District, Tainan City, Taiwan (R.O.C.)

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

測試方法：

一、樣本採取與送樣

本測試是由客戶自行在污染場址中採取約 2L 地下水樣本，親自至本所實驗室。

二、樣本濃縮與核酸萃取和定量

本實驗室首先將地下水樣本濃縮過濾至 0.3 μm 的玻璃纖維濾紙後，以商用套件(MOBIO PowerLyzer™ PowerSoil® DNA Isolation Kit)進行 DNA 萃取，並以酚氯仿抽提法純化後，以 MaestroNano Pro 微量定量儀定量其濃度和純度。

三、PMA 前處理

PMA 以二甲基甲醯胺配製成儲存溶液，將菌液與五種不同的工作濃度混合後，在室溫避光 10 分鐘後，置於冰上用曲素燈照射 1-15 分鐘等五種時間段，以確保 PMA 對不同菌種的處理效率達到穩定。

四、qPCR 分析

利用檢測目標微生物與基因的專一性探針組，配合 qPCR 定量技術，其相關引子資訊與分析參數請參閱表 1，並以分子選殖法所篩選出的標準 DNA 建立檢量線，實驗過程中同時以 positive control 和 negative control 配合樣本三重複實驗進行定量分析。

本報告僅就送檢樣品所作之試驗結果提供參考用，請本中心之名稱、地址、分析結果等資料勿擅自引用，亦不得用於廣告，未經本中心同意，本報告不得部分重印，未經書面授權，任何部分或全部不得以任何方式複製、散佈、傳播或用於商業目的。This test report is issued by Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University. Attention is drawn to the limitations of liability, liability and jurisdictional issues defined therein. The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested. This test report can not be reproduced, except in full, without prior written permission of the Centre. Any unauthorised alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this report is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

本所地址：台南市安定區安平路 500 號 電話：(06)2664200#506 傳真：(06)2664060
Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University, No.500, Sec. 3, Anping Rd., Anding District, Tainan City, Taiwan (R.O.C.)

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

表 1 本次分析所使用之引子資訊與 qPCR 分析參數

Name	Targeted gene	Specificity	Annealing temperature (°C)	Efficiency (%)	R²	Detection limit (Copies/L groundwater)
BAC-F BAC-R	16S rRNA	domain *Bacteria*	56	98.36	0.9965	2.32×10^1
DHC-F DHC-R	16S rRNA	genus *Dehalococcoides*	60	99.36	0.9992	2.32×10^1
DSMON-F DSMON-R	16S rRNA	genus *Desulfomonile*	60	99.12	0.9963	2.32×10^1
SFR-F SFR-R	16S rRNA	genus *Sulfurospirillum*	60	99.46	0.9984	2.32×10^1
DCA-F DCA-R	16S rRNA	genus *Desulfitobacterium*	60	98.92	0.9990	2.32×10^1
DHB-F DHB-R	16S rRNA	genus *Dehalobacter*	60	99.22	0.9954	2.32×10^1
tceA-F tceA-R	*tceA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.48	0.9971	2.32×10^0
vcrA-F vcrA-R	*vcrA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.53	0.9994	2.32×10^0
bvcA-F bvcA-R	*bvcA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.72	0.9998	2.32×10^0
dcaA-F dcaA-R	*dcaA*	具有氯烷類降解基因菌種	62	99.18	0.9987	2.32×10^1

檢測分析報告

報告編號：SERC/2020/M0005　　日期：2020 年 05 月 04 日
森品環境科技股份有限公司
高雄市燕巢區安林三街 18 號

受氯烯類和氯烷類污染的場址之地下水中目標菌群與功能性基因之豐富度

Sample ID	domain *Bacteria* (Copies /L groundwater)		活菌總數 (Copies /L groundwater)		死菌總數 (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	3.33E+10	1.55E+08	2.03E+06	2.59E+04	4.56E+08	5.81E+06

Sample ID	genus *Dehalococcoides* (Copies /L groundwater)		genus *Desulfomonile* (Copies /L groundwater)		genus *Sulfurospirillum* (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	2.92E+04	1.94E+02	ND	-	3.77E+06	2.05E+06

Sample ID	genus *Desulfitobacterium* (Copies /L groundwater)		genus *Dehalobacter* (Copies /L groundwater)		*tceA* gene (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	5.74E+05	1.72E+04	8.86E+04	1.03E+03	2.41E+01	0.00E+00

Sample ID	*vcrA* gene (Copies /L groundwater)		*bvcA* gene (Copies /L groundwater)		*dcaA* gene (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	1.43E+02	4.73E+00	ND	-	4.69E+02	3.15E+01

註 1：N.D 為偵測極限以下，其分析定量極限可達 10^1 Copies/L groundwater。
註 2：分析結果為三次分析的平均值，若三次分析出現兩次以上 ND 值，以偵測極限的一半進行計算。

備註：1. 本報告不得分離使用，分離使用無效。
2. 採樣時間、採樣地點及檢測項目均由採樣單位提供。
3. 本試驗以 DNA-qPCR 法定量樣本中之目標微生物和功能性基因。

-END-

國立成功大學 檢驗報告專用章 永續環境實驗所

報告簽署人：

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

測試報告

報告編號：SERC/2020/M0008　　日期：2020 年 09 月 29 日

森品環境科技股份有限公司

高雄市燕巢區安林三街 18 號

以下測試之樣品係由申請廠商所提供及確認：

計劃名稱：水力注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫

產品名稱：地下水樣本之微生物定量分析

申請廠商：森品環境科技股份有限公司

取樣地點：台南市安定區安定段 2085-0000 地號

樣本名稱：MW1(6m)、WJ-1(6m)、OW(6m)

取樣日期：2020 年 09 月 10 日

送樣日期：2020 年 09 月 10 日

測試日期：2020 年 09 月 11 日~2020 年 09 月 29 日

委託分析項目：

污染場址中地下水樣本之地如菌群(包含總菌數(domain *Bacteria*)、活菌數和死菌數)、乳烯類降解菌群(包含 genus *Dehalococcoides*、genus *Desulfomonile* 和 genus *Sulfurospirillum*)、同時具有乳烯類和乙烷類降解能力的菌群包含 genus *Desulfitobacterium* 和 genus *Dehalobacter*)、厭氧還原脫鹵基因(包含 *tceA* gene、*vcrA* gene 和 *bvcA* gene)，以及乙烷類降解基因(*dcaA* gene)。

本報告之試驗結果僅限於送樣之樣品，除本中心之名義、之書、不得擅自重製轉載之部份，除事先有明示，此報告的智慧財產權為本報告所有，未經本中心書面同意，不可部份複製；如報告內容有錯誤或者侵犯本中心智慧財產權，請向本中心提出書面要求。This Test Report is issued by Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University. Attention is drawn to the limitations of indemnification, liability, and jurisdictional issues defined thereto. The results shown in this test report refer only to the samples tested. This test report can not be reproduced, except in full, without prior written permission of the Center. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this report is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

國立成功大學永續環境實驗所(台南市安定區安定段二段 300 號電話：(06)284-6750 傳真：(06)284-6968

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University, No.300, Sec. 2, Anding Rd., Anden District, Tainan City, Taiwan (R.O.C.) | Tel: 4

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

測試方法：

一、樣本採取與送樣

本測試是由客戶自行在污染場址中採取約 2L 地下水樣本，親自至本所實驗室。

二、樣本濃縮與核酸萃取和定量

本實驗室首先將地下水樣本濃縮過濾至 0.3 μm 的玻璃纖維濾紙後，以商用套件(MOBIO PowerLyzer™ PowerSoil® DNA Isolation Kit)進行 DNA 萃取，並以酚氯仿醇沈澱法進行 DNA 純化後，以 MaestroNano Pro 微量定量儀定量其濃度和純度。

三、PMA 前處理

PMA 以二甲基甲醯胺配製成儲存溶液，將菌液與五種不同的工作濃度混合後，在室溫曝光 10 分鐘後，置於冰上用鹵素燈照射 1-15 分鐘等五種時間段，以確保 PMA 對不同菌種的處理效率達到穩定。

四、qPCR 分析

利用檢測目標微生物與基因的專一性探針組，配合 qPCR 定量技術，其相關引子資訊與分析參數請參閱表 1，並以分子選殖法所篩選出的標準 DNA 建立檢量線，實驗過程中同時以 positive control 和 negative control 配合樣本三重複實驗進行定量分析。

本報告之試驗結果僅限於送樣之樣品，除本中心之名義、之書、不得擅自重製轉載之部份，除事先有明示，此報告的智慧財產權為本報告所有，未經本中心書面同意，不可部份複製；如報告內容有錯誤或者侵犯本中心智慧財產權，請向本中心提出書面要求。This Test Report is issued by Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University. Attention is drawn to the limitations of indemnification, liability, and jurisdictional issues defined thereto. The results shown in this test report refer only to the samples tested. This test report can not be reproduced, except in full, without prior written permission of the Center. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this report is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

國立成功大學永續環境實驗所(台南市安定區安定段二段 300 號電話：(06)284-6750 傳真：(06)284-6968

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University, No.300, Sec. 2, Anding Rd., Anden District, Tainan City, Taiwan (R.O.C.) | Tel: 4

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

表 1 本次分析所使用之引子資訊與 qPCR 分析參數

Name	Targeted gene	Specificity	Annealing temperature (°C)	Efficiency (%)	R^2	Detection limit (Copies/L groundwater)
BAC-F / BAC-R	16S rRNA	domain *Bacteria*	56	99.12	0.9936	2.32×10^1
DHC-F / DHC-R	16S rRNA	genus *Dehalococcoides*	60	99.63	0.9981	2.32×10^1
DSMON-F / DSMON-R	16S rRNA	genus *Desulfomonile*	60	99.24	0.9942	2.32×10^1
SFR-F / SFR-R	16S rRNA	genus *Sulfurospirillum*	60	99.18	0.9928	2.32×10^1
DCA-F / DCA-R	16S rRNA	genus *Desulfitobacterium*	60	99.37	0.9975	2.32×10^1
DHB-F / DHB-R	16S rRNA	genus *Dehalobacter*	60	99.22	0.9947	2.32×10^1
tceA-F / tceA-R	*tceA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.68	0.9983	2.32×10^0
vcrA-F / vcrA-R	*vcrA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.82	0.9991	2.32×10^0
bvcA-F / bvcA-R	*bvcA*	genus *Dehalococcoides*	62	99.35	0.9982	2.32×10^0
dcaA-F / dcaA-R	*dcaA*	具有氯烷類降解基因菌株	62	99.21	0.9971	2.32×10^1

[illegible]

國立成功大學永續環境實驗所

Sustainable Environment Research Laboratories, National Cheng Kung University

檢測分析報告

報告編號：SERC/2020/M0008　　　　日期：2020 年 09 月 29 日

森田環境科技股份有限公司

高雄市燕巢區安林三街 18 號

受氯烯類和氯烷類污染的場址之地下水中目標菌群與功能性基因之豐富度

Sample ID	domain *Bacteria* (Copies /L groundwater)		[illegible] (Copies /L groundwater)		[illegible] (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	9.41E+09	1.49E+08	5.56E+06	1.56E+05	3.35E+07	7.14E+06
WJ-1 (6m)	1.44E+10	5.62E+07	3.03E+07	2.11E+05	9.07E+08	4.78E+07
OW (6m)	5.12E+09	1.83E+08	6.61E+06	4.21E+05	2.99E+07	1.25E+06

Sample ID	genus *Dehalococcoides* (Copies /L groundwater)		genus *Desulfomonile* (Copies /L groundwater)		genus *Sulfurospirillum* (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	1.30E+05	6.61E+03	ND	-	6.45E+06	1.94E+05
WJ-1 (6m)	2.89E+07	8.94E+06	ND	-	5.10E+09	1.03E+07
OW (6m)	7.72E+06	1.22E+06	ND	-	2.26E+08	1.79E+06

Sample ID	genus *Desulfitobacterium* (Copies /L groundwater)		genus *Dehalobacter* (Copies /L groundwater)		*tceA* gene (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	1.32E+05	1.63E+04	1.88E+05	1.45E+04	4.22E+05	3.09E+04
WJ-1 (6m)	7.64E+07	4.00E+06	1.31E+07	2.36E+05	2.00E+07	2.19E+07
OW (6m)	4.39E+05	7.17E+04	2.43E+07	5.98E+05	4.82E+06	1.34E+06

Sample ID	*vcrA* gene (Copies /L groundwater)		*bvcA* gene (Copies /L groundwater)		*dcaA* gene (Copies /L groundwater)	
	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
MW1 (6m)	ND	-	ND	-	6.90E+02	6.25E+01
WJ-1 (6m)	8.37E+06	2.32E+05	7.62E+05	1.33E+04	ND	-
OW (6m)	3.96E+06	6.75E+04	1.24E+06	4.68E+05	ND	-

註 1：N.D 為偵測極限以下，其分析定量極限可達 10^1 Copies/L groundwater。

註 2：分析結果為三次分析的平均值，若三次分析出現兩次以上 ND 值，以偵測極限值進行計算。

備註：1. 本報告不得分離使用，分離使用無效。

2. 採樣時間、採樣地點及檢測項目均由採樣單位提供。

3. 本試驗以 DNA-qPCR 法定量樣本中之目標微生物和功能性基因。

-END-

報告簽署人：[signature]

國立成功大學永續環境實驗所 檢驗報告專用章

[illegible]

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 5

污染防治及場址衛生安全措施

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

污染防治及場址衛生安全措施暨執行紀錄

針對整治施作時危害的預防，本計畫在現場工作執行前，擬定安全衛生管理計畫，並週知計畫相關人員，以減少危害發生的機率；且針對可能發生的危害狀況，制訂緊急應變計畫，執行人員於危害發生時，可依循應變計畫進行相關處置，以維護人員安全並減少損失。相關措施分述如下：

一、安全衛生管理計畫

安全衛生管理計畫主要依據勞工安全衛生法令之相關規定，以達到預防危害之目的。包含下列事項：

(一) 確認場址安全基本事項

本計畫109年（第一年）模場試驗場址，臺南市安定區安定段2085-0000地號目前為空地，無任何地上建物或現場作業。故針對模場試驗現場作業內容擬定相關安全防護計畫及安全衛生工作守則。

作業人員及現場相關人員於執行工作時，於工作進行中可能面臨 之危害種類包括：(1)物理性傷害（如割傷觸電等能量傷害、爆炸、火災、噪音等）；(2)化學性傷害（如揮發性有機物氣體）；(3)人因工程傷害（因不安全的動作如提舉、搬運工作導致肌肉拉傷或挫傷）；及(4)其他非作業傷害（如中暑）等。故為確保人員作業安全，應選擇適當的防護設備，以達安全的目的。作業過程中所有人員須配戴安全帽、安全鞋、手套、安全眼鏡及工作服等個人防護器具方可進場。

揮發性氣體：場址污染物含氣揮發性有機溶劑具燃燒特性，且對人體健康有危害，須以攜帶式 PID 監測工作區內揮發性有機氣體濃度。現場配置適當滅火器，作業區內嚴禁吸煙。

噪音：鑿井或水刀注藥設備作業時會產生噪音，作業區重機具操作人員、助手、以及在重機具工作區內的工作人員必須配備聽力保護設備（如耳塞）。

中暑：日間工作時，現場負責人需隨時警覺中暑的症狀。在高溫的情況下可採用工作與休息間隔的方式，並適時補充水分。任何工作人員如出現多汗、膚色改變、心跳加快、呼吸急促或視覺不清等症狀時，須立即離開工作崗位，脫掉不透氣衣物，並於陰影下喝冷開水休息等待症狀消失。如果症狀仍舊持續甚或加重，則須立即送醫。

(二) 安全衛生管理架構

本計畫安全衛生管理各級人員的職掌如**表1**所述，由現場負責人推動各項工作之執行，依現場執行狀況隨時回報計畫主持人，隨時視需要修正工作內容。

表1、各級負責人權責表

人員	執掌
計畫主持人	● 模場試驗計畫組成運作與聯繫協調。 ● 研擬制定安全衛生計畫，監督其執行。
現場負責人	● 代理計畫主持人。 ● 安全衛生工作執行確認，包括檢視安全防護設備、劃定工地管制區、人員進出管制作業等。 ● 現場緊急應變之聯絡、協調與執行。 ● 現場各項安全衛生計畫執行紀錄之撰寫與保存。
現場工作人員	● 依規定執行所負責工作。 ● 注意自身與隊員之健康衛生與安全。 ● 遵守現場衛生與安全計畫規定，聽從糾正。 ● 若有安全疑慮應向現場負責人報告或討論。 ● 若遇意外發生，立即向現場負責人報告。

(三) 安全衛生工作守則

工作人員管理守則：

- 全體作業人員應聽從現場負責人員安全衛生工作相關指導，確實遵行各項安全衛生規定事項。
- 每日現場作業執行前先進行作業安全宣導與當日工作重點提醒。

圍籬架設及標示、作業區管制：

- 作業範圍應設置警示錐或黃色塑膠警示帶，並於看管出入口位置防止非作業相關人員誤闖而發生不安全事故。
- 裝卸貨物等危險機械操作時，須於危險區域內設置警告標示；車輛進出時應指派人員作安全警戒及調度。
- 作業進行時，非相關人員應退出作業管制區。如若非工作人員或本計畫業務單位須進入作業區時，應協調暫時停工並告知。

一般通則事項：

- 進入作業現場所有人員均應衣著整齊，穿著拖鞋、短褲、背心者不得進入，並配戴安全帽及其他必要之防護具。

- 工地內除指定區域，嚴禁吸菸飲食。
- 現場負責人應自行或指派專人負責巡視工地，查核有關安全事項執行情形，隨時糾正通告改善。
- 作業開始前應先執行工作場所以及設備安全點檢，防止支撐鬆動及漏電短路等意外狀況。。
- 作業結束後，將施工廢棄物及垃圾清運出場，確保場地整潔。
- 避免夜間作業。
- 注意機械所在位置是否安全可靠。機械操作人員須為具熟練操作經驗者。
- 依勞安法規不允許未滿18歲、懷孕及授乳期婦女進入工區。

消防安全守則：

- 自備滅火器等消防設備，並須留意定期檢查與維護，確保堪用。
- 滅火器不可任意移動，亦不得在其週圍堆置障礙物。
- 一切消防設備不得用於非消防目的之工作上。
- 火災發生時，應以現有消防設備展開救火，並迅速報警。

急救守則：

- 現場應有經專業急救訓練的急救人員。
- 勿任意移動傷者，並注意保護。
- 神志不清之傷者，不可給予任何飲料。
- 傷者如休克，應先使傷者仰臥適當位置，臉色蒼白者頭部放低，臉色潮紅者頭部墊高，並解除頸部一切緊著之衣服，急速請醫生到現場施救。

(四) 安全衛生教育訓練

於作業開始前，對現場工作人員施予教育訓練，使其瞭解正確之場址狀況、個人防護裝備使用方法、以及作業安全準則等。

(五) 實施與回報作業

每日作業前勘查工作環境狀況，如發現有危及安全之虞時，應立即採取防護措施或採取妥善完整之預防措施後，方可作業。每天作業開始前，由現場負責人員召開現場工作安全會議，討論當天工作項目與實施程序及注意事項等。每日自主檢查表如**表2**所示。

表 2、自主檢查表

填表日期：　　年　　月　　日					
項次	檢查內容	檢查結果			備註
		是	否	須加強	
一	人員及組織				
	作業前召開每日安全會議				
	作業單位現場負責人是否在現場督導				
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區				
	滅火設備是否設置足夠				
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業				
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員任意靠近交談				
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)				
	人員防護設備數量是否足夠				
	運轉機械人員是否熟悉				
	現場緊急使用藥品是否齊備				
填表人：					

二、緊急應變計畫

緊急應變計畫之目的在於建立一套因天然災害、施工過程、操作疏失或意外所引起的緊急事故之應變能力的適當程序，使緊急狀況發生時能採取適當措施，並藉由對事故發生原因與機率的瞭解，進一步積極預防緊急事故的發生，以降低災變對人員、設備和環境的危害。

(一) 緊急應變流程與通報處理

緊急應變組織有包括負責人、救援組、聯絡組、場址管制組。各組人員職掌說明如下。場發生緊急事故時，負責人員應即時判斷事故危害性，若無法自行處理時，應即刻聯絡警察、消防、或醫療單位協助救援，並於1小時內將事故發生之詳細狀況通報環保局。相關流程如**圖1**所示。

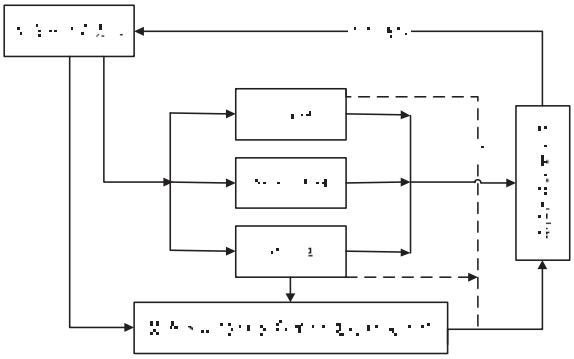


圖1、緊急應變與通報處理作業流程

(1) 負責人：負責緊急應變計畫執行、人員訓練及分配、現場緊急事故處理，並應於緊急事故發生後1小時內完成通報。

(2) 救援組：負責急救設備之準備、保管與定位，同時緊事故發生後需執行必要的急救措施，並於現場配置滅火器、醫護箱等。

(3) 聯絡組：負責彙整各地警察、消防與醫療等救護單位聯絡電話及地址，規劃行車路線，協調救護、運送傷患工作等。

(4) 場址管制組：負責在緊急事故發生後，集合管理現場工作人員。

(二) 緊急事故通報單位資訊

109年(第一年)模場試驗場址，臺南市安定區安定段2085-0000地號附近可協助處理緊急應變事故之相關警察、消防及醫療單位地址及電話列於下**表3**。

表3、緊急應變相關單位聯絡地址與電話

	機構名稱	支援類別	聯絡電話	地址
醫院	新樓醫院 麻豆分院	傷害急救	(06) 570-2228	臺南市麻豆區埤頭里苓子林 20 號
	臺南市立 安南醫院	傷害急救	(06) 355-3111	臺南市安南區長和路二段 66 號
	佳里奇美醫院	傷害急救	(06) 726-3333	臺南市佳里區佳里興 606 號
	成大醫院	傷害急救	(06) 235-3535	臺南市北區勝利路 138 號
消防局	臺南市政府 消防局第四 大隊安定分隊	火災搶救 傷害急救	(06) 592-2301	臺南市安定區南安里 33-11 號
政府機關	臺南市政府 環境保護局	環境污染	(06) 268-6751	臺南市東區中華東路二段 133 巷 72 號

三、二次污染防治計畫

污染復育工作進行時，若不當處理時，將可能造成二次污染之產生。本計畫提出之二次污染防治計畫，對於執行期間可能發生之污染問題有效防治，避免二次污染之發生。

(一) 空氣污染防治

本計畫模場試驗之空氣污染物主要來自現場進行鑽孔以及水刀切割、注藥作業時排出之受污染土壤地下水所含之揮發性有機物。排出之受污染土壤及地下水將經由密閉系統管線收集至密閉排泥收集槽，排泥收集槽產生之溢散氣體將經由活性碳槽吸附尾氣，避免造成空氣污染。現場將以攜帶式 PID 監測工作區內揮發性有機氣體濃度。

(二) 噪音與振動污染防治

109年(第一年)模場試驗場址，臺南市安定區安定段2085-0000地號目前為空地，周邊則為農地及道路，故機械設備日間作業產生對周邊地區並無噪音振動污染疑慮。惟應留意機具應正常維修保養，以避免產生不正常之異音；且機具作業區人員應配戴合適之聽力保護防護具，如耳塞。

(三) 水污染防治

本計畫模場試驗之水污染物主要來自現場進行鑽孔，及水刀切割/注藥作業之作業用水以及排出之地下水。作業用水與排出之地下水將經由密閉系統管線收集至密閉排泥收集槽，經尾氣收集以及排泥沉澱後，確認上層排出水濃度低於管制標準後，再行排放。

(四) 固體污染物清理

本計畫模場試驗之固體污染物主要來自現場進行鑽孔，以及水刀切割/注藥作業時排出之土壤。排出之土壤將經由密閉系統管線收集至密閉排泥收集槽，經尾氣收集、排泥沉澱後，確認濃度低於管制標準後再取出。

(五) 作業場地防污

- 用過的受污染設備集中放入固定容器，與廢棄物一併處理。
- 作業期間設置臨時污水槽，所有作業產生之污廢水需導入臨時槽貯存，不可任意排放。
- 場地內注意地勢之高低，定期查巡排水狀況。
- 不可用除污水來洗滌工作現場之器具或用於救火，避免擴大污染範圍。
- 定期檢查場區整潔，防止路面污染。

四、安全衛生管理執行紀錄

本模場計畫水刀注藥現場作業於109年6月1日至6月5日執行完成，期間未發生任何安全衛生意外事故，亦未出現任何需要緊急應變之狀況。

現場作業尚在規劃階段時，已確認即將進場作業工作人員在民國108年8月10日，經由合格講師進行了職業安全衛生管理人員安全衛生在職教育訓練，故皆已熟悉個人防護裝備使用方法、及作業安全準則等。

現場作業期間則依照規劃，根據場址衛生安全措施以及安全衛生工作守則，每日於作業開始前，依據自主檢查表檢查現場及作業人員相關安全防護事宜；並且召開每日安全會議，與現場作業人員確認當日作業內容，佈達注意事項。自主檢查表紀錄如後所附。

本計畫安全衛生管理各級人員的職掌如下**表4**所述，由現場負責人推動各項工作之執行，依現場執行狀況隨時回報計畫主持人。

表4、各級負責人權責表

人員	執掌
計畫主持人 張簡水紋	● 模場試驗計畫組成運作與聯繫協調。 ● 研擬制定安全衛生計畫，監督其執行。
現場負責人 梁宏明 吳婷婷	● 代理計畫主持人。 ● 安全衛生工作執行確認，包括檢視安全防護設備、劃定工地管制區、人員進出管制作業等。 ● 現場緊急應變之聯絡、協調與執行。 ● 現場各項安全衛生計畫執行紀錄之撰寫與保存。
現場工作人員	● 依規定執行所負責工作。 ● 注意自身與隊員之健康衛生與安全。 ● 遵守現場衛生與安全計畫規定，聽從糾正。 ● 若有安全疑慮應向現場負責人報告或討論。 ● 若遇意外發生，立即向現場負責人報告。

五、二次污染防治執行紀錄

本模場計畫水刀注藥試驗執行期間未發生二次污染。

水刀注藥現場作業期間依照規劃，排出之受污染土壤以及地下水經由密閉系統管線收集至密閉排泥收集槽，排泥收集槽產生之溢散氣體以活性碳槽吸附尾氣，並以攜帶式 PID 監測尾氣，確認無造成空氣污染。

109年度模場試驗場址臺南市安定區安定段2085-0000地號於現場作業期間為空地，周邊則為農地道路，機械設備日間作業時對周邊地區無噪音振動污染疑慮。作業前並對機具進行維修保養，故無產生不正常異音。

現場作業期間進行水刀切割/注藥作業時之作業用水、以及排出之土壤與地下水，皆以密閉系統管線收集至密閉排泥收集槽，經尾氣收集、排泥沉澱後，取樣經實驗室分析確認濃度皆低於管制標準，再進行排放。

現場作業場址衛生安全相關照片如**圖2**所示，取樣分析報告如後所附。

作業區域管制圍籬

作業區域管制圍籬

人員防護具穿著配戴/預防中暑遮陽

排泥土壤地下水收集曝氣槽

尾氣監測

現場復原

圖2、現場作業場址衛生安全相關照片

自主檢查表

填表日期：109 年 6 月 1 日

項次	檢查內容	檢查結果 是	否	須加強	備註
一	人員及組織				
	作業前召開每日安全會議	✓			
	作業單位現場負責人是否在現場管理	✓			
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區	✓			
	滅火設備是否設置足夠	✓			
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業		✓		
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員如意靠近交談		✓		
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)	✓			
	人員防護設備數量是否足夠	✓			
	運轉機械人員是否熟悉	✓			
	現場緊急使用藥品是否齊備	✓			

認識管線組織，水刀注漿作業

填表人：

現場作業人員：

自主檢查表

填表日期：109 年 6 月 2 日

項次	檢查內容	檢查結果 是	否	須加強	備註
一	人員及組織				
	作業前召開每日安全會議	✓			
	作業單位現場負責人是否在現場管理	✓			
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區	✓			
	滅火設備是否設置足夠	✓			
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業		✓		
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員如意靠近交談		✓		
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)	✓			
	人員防護設備數量是否足夠	✓			
	運轉機械人員是否熟悉	✓			
	現場緊急使用藥品是否齊備	✓			

認識管線組織，水刀注漿作業

填表人：

現場作業人員：

自主檢查表

填表日期：109 年 6 月 3 日

項次	檢查內容	檢查結果 是	否	須加強	備註
一	人員及組織				
	作業前召開每日安全會議	✓			
	作業單位現場負責人是否在現場管理	✓			
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區	✓			
	滅火設備是否設置足夠	✓			
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業		✓		
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員如意靠近交談		✓		
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)	✓			
	人員防護設備數量是否足夠	✓			
	運轉機械人員是否熟悉	✓			
	現場緊急使用藥品是否齊備	✓			

水刀注漿作業

填表人：

現場作業人員：

自主檢查表

填表日期：109 年 6 月 4 日

項次	檢查內容	檢查結果 是	否	須加強	備註
一	人員及組織				
	作業前日開每日安全會議	✓			
	作業單位現場負責人是否在現場管事	✓			
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區	✓			
	滅火設備是否設置足夠	✓			
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業		✓		
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員徒意逗留現場		✓		
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)	✓			
	人員防護設備數量是否足夠	✓			
	運轉機械人員是否熟悉	✓			
	現場緊急使用藥品是否齊備	✓			

水刀注漿安裝

現場作業人員：

填表人：

自主檢查表

填表日期：109 年 6 月 5 日

項次	檢查內容	檢查結果 是	否	須加強	備註
一	人員及組織				
	作業前日開每日安全會議	✓			
	作業單位現場負責人是否在現場管事	✓			
二	現場安全防護				
	是否適當劃設作業區、除污區	✓			
	滅火設備是否設置足夠	✓			
	施工機具、材料堆置是否影響施工作業		✓		
	機械作業運轉中或未完全停機時是否有非作業人員徒意逗留現場		✓		
三	人員安全防護				
	作業人員是否穿著適當(安全帽/安全鞋/工作衣)	✓			
	人員防護設備數量是否足夠	✓			
	運轉機械人員是否熟悉	✓			
	現場緊急使用藥品是否齊備	✓			

高壓噴射柱樁

現場作業人員：

填表人：

森品環境科技股份有限公司檢測報告

委託案件編號：20200619-01　樣品名稱：土　壤

場址名稱：台南市安定區安定段 2085 地號

計畫名稱：水刀注漿技術強化含鉻污染物遮斷牆結構-土壤污染現場試驗計畫

檢測目的：自行評估

採樣日期：109 年 06 月 19 日

報告日期：109 年 06 月 24 日

森品環境科技股份有限公司
J&L Environmental Technology CO., LTD.
824 高雄市燕巢區安林三街 18 號
TEL：886-7-6163000　FAX：886-7-6163000　Web：www.jlco.com.tw

委託案件編號：20200619-01

檢測報告書目錄

項次	資料名稱	內容	勾選 有	無
一	檢測報告		✓	
二	檢驗現場採樣記錄		✓	
	1.現場採樣記錄（現場手簿）		✓	
	2.採樣位置記錄表			✓
	3.樣品監管紀錄表		✓	
	4.照片說明表			✓
	5.採樣儀器之校正紀錄影本或校正結果記錄於現場紀錄表			✓
	6.標準氣體分析報告書影本			✓
	7.其他資料			✓
三	附件			

一、檢測報告

森呂環境科技股份有限公司

檢測報告

計畫名稱：水力法輸送設備化合物污染物排放申報公告檢測報告書　　委託案件編號：2200003-01

委託單位：環境科技大學　　檢 驗 人：[illegible]

受驗單位：台南市安定區安定段2065地號　　採樣日期：105年05月19日

採樣地點：台南市安定區安定段2065地號　　收樣日期：105年05月19日

採樣單位：森呂環境科技股份有限公司　　報告日期：109年05月24日

備　註：1.此檢測報告內文頁，分離使用無效。
2.本報告僅對送檢樣品負責，不保證樣品來源及代表性或其產製過程之品質。

審核者：1.本檢測報告經審核合格後方可作為官方文件參考用，未出具檢測報告書之試驗項目。
2.報告內容所提供的測定結果僅供內部參考用，未具法律效力。
3.此檢測報告內容有誤，且內容不清楚時。

公司名稱：森呂環境科技股份有限公司

負責人：[illegible]

報告專用章

森呂環境科技股份有限公司
Sen Lu Environmental Technology Co., Ltd.
高雄市鳳山區中和街二段1號

電話：07-7422297
傳真：07-7422298
Tel: 886-7-7422297
Fax: 886-7-7422298

(第1頁，共2頁)

森呂環境科技股份有限公司

檢測報告

委託案件編號：2200003-01

採樣日期：109年05月19日

樣品：土壤採樣樣

分析方法：土壤採樣方法

序號	樣品編號	樣品名稱	樣品數量	序號	樣品編號	樣品名稱	樣品數量	序號	樣品編號	樣品名稱	樣品數量
1	[illegible]	[illegible]	1	21				41			
2	[illegible]	[illegible]	1	22				42			
3		以下空白		23				43			
4				24				44			
5				25				45			
6				26				46			
7				27				47			
8				28				48			
9				29				49			
10				30				50			
11				31				51			
12				32				52			
13				33				53			
14				34				54			
15				35				55			
16				36				56			
17				37				57			
18				38				58			
19				39				59			
20				40				60			

備註：

報告專用章
森呂環境科技股份有限公司
Sen Lu Environmental Technology Co., Ltd.
高雄市鳳山區中和街二段1號

(第2頁，共2頁)

二、相關現場採樣記錄

土壤採樣記錄表

樣品監管紀錄表（☑土壤☑地下水☐底泥☐）

台灣檢驗科技股份有限公司

土壤樣品檢驗報告

台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗報告

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

台灣檢驗科技股份有限公司

吊掛品管報告

SGS

樣品監管紀錄表（□土壤□地下水□底泥□　　）

委託案件編號：

採樣日期：

採樣方式：

樣品編號	現場編號	分析項目	分析方法	保存方式	樣品狀況
501	排滯-上	VOC		HCl	07
0501	排滯-下	VOC		HCl	08

採樣人員/日期：　　送樣人員/日期：

樣品運送人員/日期時間：　　樣品接收人員/日期時間：

註：□郵寄　□實驗室　□代客送樣　□專送　□實驗室　□其他

送樣地：

當地下水樣品之檢測項目超過地下水法規標準20%以內時，應與行政主管機關協商。

保存方式說明：

分析項目說明：

台灣檢驗科技股份有限公司

樣品監管紀錄表

樣品編號：

樣品數量

PE瓶	玻璃瓶	其他瓶材
□1L	□1L	PETG 管
□0.5L	□0.5L	管樣瓶
□0.25L	☑0.25L 1	PE 袋
PP瓶	☑40mL 2	
□1L		其他
□0.5L		
□0.25L		

樣品運送方式	封條	樣品保存	LIMS系統登錄
□郵寄/快遞 □公務車 ☑業主專車自行送樣	☑已貼封條 □未貼封條 □未開封即發現瓶蓋（不須貼封條） 註：未開封之樣品瓶蓋	☑符合保存方法 不符合保存方法 □超過保存期限 □未冷藏 □容器不符 □pH不符合 □未加藉 □其他	人員： 日期/時間： 6/22 15:55

備註（未在上述方式內的運送方式請於下方說明）

人員：

日期/時間：

□郵寄/快遞 □公務車 □業主專車自行送樣
□已貼封條 □未貼封條 □未開封即發現瓶蓋
□室溫 □冷藏

收樣人員：　6/22

FORM-ONA-17-05

台灣檢驗科技股份有限公司

水質樣品檢驗報告

SGS

（第1頁，共1頁）

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

樣品檢驗單

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

品保品管報告

樣品監管紀錄表（☑土壤☑地下水☐底泥☐　　　）

委託案件編號：
採樣日期：
採樣行程編號：
運送方式：☐工務車☐快遞☐親送☐其他

樣品編號	現場編號	分析項目	容器材質	保存方式	樣品狀態
-01		VOC		01	☐ / ☐
-01		VOC		04	☐ / ☐

採樣人員/日期：
委託單位人員/日期：
樣品運送人員/日期時間：
收樣人員/日期時間：

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司

樣品監管紀錄表

樣品編號：

樣品數量

PE 瓶	玻璃瓶	其他
☐ 1L	☐ 1L	PETG 管
☐ 0.5L	☐ 0.5L	寶特瓶
☐ 0.25L	☑ 0.25L　1	PE 袋
PP 瓶	☑ 40mL　2	
☐ 1L		其他
☐ 0.5L		
☐ 0.25L		

樣品運送方式	封條	樣品保存	LIMS 系統登錄
☐郵寄/快遞 ☐公務車 ☑委託單位自行送樣	☑已貼封條 ☐未貼封條 ☐未貼封條專用品（不須黏貼封條）	☑符合保存方法 不符合保存方法 ☐超過保存期限 ☐未冷藏 ☐容器不符 ☐pH 不符合 ☐未加藥 ☐其他	人員： 日期/時間： 8/22 15:57

備註

人員：
日期/時間：
☐郵寄/快遞 ☐公務車 ☑委託單位自行送樣
☐已貼封條 ☐未貼封條 ☐未貼封條專用品
☐常溫 ☐冷藏

收樣人員：　8/22

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 6

水刀注藥作業試驗後
監測井 MW1
微水試驗與流速流向測定報告

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址
-生物整治模場試驗計畫

水刀注藥作業試驗後監測井 MW1
微水試驗與流速流向測定報告

中　華　民　國　109　年　10　月　16　日

—目錄—

頁次

一、監測井微水試驗紀錄表 ---------- 1-1

二、監測井流速流向測定紀錄表 ---------- 1-2

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

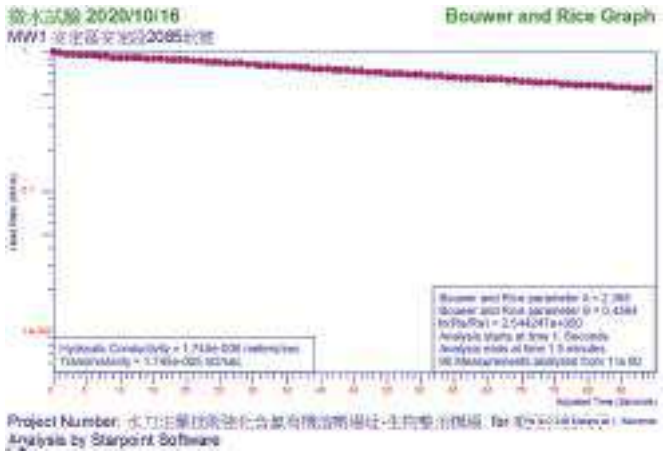
監測井微水試驗紀錄表

作業日期：109 年 10 月 16 日　　天　氣：■晴 □陰 □雨

場址名稱：安定區安定段 2085 地號　　紀錄人員：劉士榮、劉誌傑

監測井資料卡基本資料			現場作業紀錄	
井號		MW1	水力傳導係數 (meters/sec)	1.745×10^{-6}
井　深(m)		10.223		
井篩長度(m)		6.000	施工照片	
井篩區間	井篩頂(m)	4.143		
	井篩底(m)	10.143		
水位(m) (水面至井口深度)		0.790		
井篩區間地質		坋土、砂、黏土		

微水試驗



監測井流速流向測定紀錄表

作業日期：109 年 10 月 16 日　　天氣：■晴 □陰 □雨

場址名稱：安定區安定段 2085 地號　　紀錄人員：劉士榮、劉誌傑

監測井資料卡基本資料			監測記錄資料		
井號		MW1	儀器放置深度 (儀器至井口深度)(m)	9.0	
井　深(m)		10.223	執行時間	施作開始	10:59
井篩長度(m)		6.000		加熱開始	11:00
井篩區間	井篩頂(m)	4.143		施作結束	11:30
	井篩底(m)	10.143	井內流速(cm/min)	0.033	
水位 (水面至井口深度)(m)		0.790	井內流向(度)	245.4	
水力傳導係數 (meters/sec)		1.745×10^{-6}	現場照片		
井篩區間地質		坋土、砂、黏土			

現場作業紀錄

時間	井內流速 (cm/min)	井內流向(度)	時間	井內流速 (cm/min)	井內流向(度)
11:00:13	0.003	132.9	11:18:13	0.030	238.4
11:04:13	0.010	123.0	11:21:13	0.031	242.6
11:08:13	0.018	166.6	11:24:13	0.032	241.2
11:12:13	0.025	208.8	11:27:13	0.033	245.4
11:15:13	0.027	231.3	11:30:13	0.033	245.4

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 7

簡易井
（觀測井 OW 及施作井 WJ-1）
廢井報告

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址
-生物整治模場試驗計畫

簡易井（觀測井 OW）廢井報告

中　華　民　國　109　年　10　月　16　日

—目錄—

頁次

一、廢井會勘確認表----------1-1

二、廢井監工要事紀錄表----------2-1

三、廢井完工檢核表----------3-1

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附表 1　廢井會勘確認表

一、監測井基本資料			
1.監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/OW	井址	臺南市安定區安定段 2085 地號
2.管理單位	臺南市政府環境保護局	聯絡電話/傳真	06-2686751
3.監測井型式	□平台式 ■隱藏式 / □標準井 ■簡易井		
4.監測井類別	□區域性監測井 ■場置性監測井 □其他		
5.監測井材質	■PVC □不鏽鋼 □其他		
6.監測井口徑	■1 英吋 □2 英吋 □4 英吋 □其他		
7.監測井深度	11.062 公尺	是否穿透多個含水層	□是 ■否
8.井管長度	地表下 0.000 公尺~地表下 5.012 公尺		
9.井篩長度	地表下 5.012 公尺~地表下 11.012 公尺；開篩 6.000 公尺		
10.靜水位深度	地表下 1.212 公尺		

二、廢井原因(本項由廢井執行單位紀錄環保主管機關判定結果)

□井況不良情形無法排除或回復【請檢附相關維護、評估紀錄或照片】
說明：

□監測井設置不當致有錯接污染情形
說明：

□監測井址有工程進行而須廢井【請檢附替代井址方案】
說明：

□經環保機關評估無繼續使用必要而須廢井
說明：

■其他因素
說明：水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫，模場試驗完成即廢井

三、會勘確認事項

1.會勘結果摘要說明
模場試驗計畫完成即廢井

2.會勘單位及人員	3.會勘照片
□井址所在地管理單位代表 單位＿＿＿＿＿＿人員＿＿＿＿	
■廢井執行單位(施工單位) 單位 森品環境科技(股)公司 人員 劉誌傑	
□其他會同機關 單位＿＿＿＿＿＿人員＿＿＿＿	

填表單位(廢井執行單位)：森品環境科技(股)公司 填表人：劉士榮 職稱：組長
聯絡電話/傳真：(07)6162000/(07)6163000 填表日期： 109 年 10 月 16 日

森品環境科技股份有限公司 J&L Environmental Technology CO., LTD. | 生效日期: 101.09.01 | 版次:1.0

附表 2　廢井監工要事紀錄表

監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/OW	廢井前水位	■井口下 1.212 公尺□乾井
井址	臺南市安定區安定段 2085 地號	座標(TWD97)	X：171811.397 Y：2556881.400

一、廢井方式概要說明

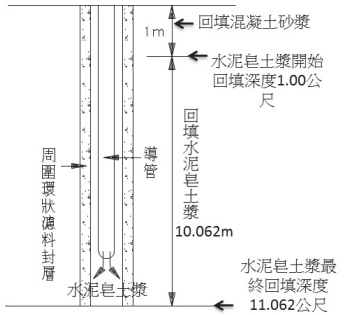
1.廢井類型
□一般井況不良情形廢井
□設置不當情形(貫穿不同含水層造成交錯污染)廢井
■模場試驗計畫執行完成，即廢井

2.廢井方法
□移除井(篩)管及環狀濾料後封填水泥皂土漿及混凝土砂漿
■直接於原井孔封填水泥皂土漿及混凝土砂漿
□其他＿＿＿＿

3.封井材料使用量統計
■水泥皂土漿；5.4 公斤
■混凝土砂漿；1.5 公斤
□其他＿＿＿＿；＿＿＿＿公斤

4.其他說明事項

廢井封填方式剖面示意圖
【本表應說明灌漿回填材料之起始與終止深度】



1.破壞地表隱藏式人孔
2.利用導管自井底緩慢回填水泥皂土漿至地表下方1m為止
3.再灌注混凝土砂漿至地表

二、監工要事紀錄【如有異常情形應予註明；並檢附相關資料及相片】

時間	要事摘要
10:25	確認點位及量測工作
10:27	井頂蓋切除
10:30	灌入皂土水泥漿至井頂下 1 公尺
10:38	灌入混凝土砂漿至平地面
10:46	清理現場

記錄填寫單位(廢井執行單位)：森品環境科技(股)公司　填表人員：劉士榮
會同單位：＿＿＿＿＿＿　會同人員：＿＿＿＿＿＿
填寫日期： 109 年 10 月 16 日

註：本表應由具廢井監工資格之人員填寫

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附表 3　廢井完工檢核表

監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/OW		
廢井地點	臺南市安定區安定段 2085 地號		
廢井施工日期	109 年 10 月 16 日	完工日期	109 年 10 月 16 日
原監測井址所在地管理單位	臺南市政府環境保護局		
廢井執行單位(施工單位)	森品環境科技(股)公司	施工人員	劉誌傑
		監工人員	

一、檢核事項

1. 廢井過程是否發生異常事項？

☐是(處理情形：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿)

■否

2. 廢井完工後是否確實清潔、復原環境？

■是

☐否

3. 廢井完工後是否進行地表處理，以避免發生積水？

■是

☐否

4. 是否確實依照廢井作業規範填具相關紀錄表單以備查驗？

■是(■廢井會勘確認表 ■廢井監工要事紀錄表 ■廢井完工檢核表)

☐否

二、廢井施工歷程照片

施工前	施工中	完工

註：本表應由具廢井監工資格之人員填寫

水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址
-生物整治模場試驗計畫

簡易井（施作井 WJ-1）廢井報告

中　華　民　國　109　年　10　月　16　日

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

—目錄—

頁次

一、廢井會勘確認表----------1-1

二、廢井監工要事紀錄表----------2-1

三、廢井完工檢核表----------3-1

附表 1　廢井會勘確認表

一、監測井基本資料				
1.監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/WJ-1	井址	臺南市安定區安定段 2085 地號	
2.管理單位	臺南市政府環境保護局		聯絡電話/傳真	06-2686751
3.監測井型式	□平台式 ■隱藏式 / □標準井 ■簡易井			
4.監測井類別	□區域性監測井 ■場置性監測井 □其他			
5.監測井材質	■PVC □不鏽鋼 □其他			
6.監測井口徑	■1 英吋 □2 英吋 □4 英吋 □其他			
7.監測井深度	11.331 公尺	是否穿透多個含水層	□是 ■否	
8.井管長度	地表下 0.000 公尺~地表下 5.281 公尺			
9.井篩長度	地表下 5.281 公尺~地表下 11.281 公尺；開篩 6.000 公尺			
10.靜水位深度	地表下 1.255 公尺			
二、廢井原因(本項由廢井執行單位紀錄環保主管機關判定結果)				
□井況不良情形無法排除或回復【請檢附相關維護、評估紀錄或照片】 說明：_____				
□監測井設置不當致有錯接污染情形 說明：_____				
□監測井址有工程進行而須廢井【請檢附替代井址方案】 說明：_____				
□經環保機關評估無繼續使用必要而須廢井 說明：_____				
■其他因素 說明：水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫，模場試驗完成即廢井				
三、會勘確認事項				
1.會勘結果摘要說明 模場試驗計畫完成即廢井				
2.會勘單位及人員			3.會勘照片	
□井址所在地管理單位代表 單位_____人員_____				
■廢井執行單位(施工單位) 單位 森品環境科技(股)公司 人員 劉誌傑				
□其他會同機關 單位_____ 人員_____				
填表單位(廢井執行單位)：森品環境科技(股)公司 填表人： 劉士榮 職稱： 組長 聯絡電話/傳真：(07)6162000/(07)6163000 填表日期： 109 年 10 月 16 日				

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附表 2　廢井監工要事紀錄表

監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/WJ-1	廢井前水位	■井口下 1.255 公尺□乾井
井址	臺南市安定區安定段 2085 地號	座標(TWD97)	X：171810.626 Y：2556882.888

一、廢井方式概要說明

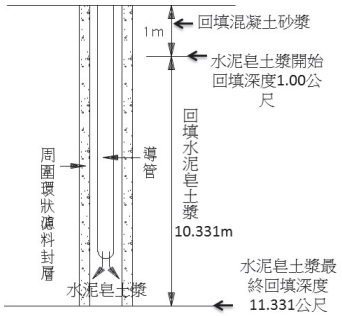
1.廢井類型
□一般井況不良情形廢井
□設置不當情形(貫穿不同含水層造成交錯污染)廢井
■模場試驗計畫執行完成，即廢井

2.廢井方法
□移除井(篩)管及環狀濾料後封填水泥皂土漿及混凝土砂漿
■直接於原井孔封填水泥皂土漿及混凝土砂漿
□其他 _____

3.封井材料使用量統計
■水泥皂土漿；5.5 公斤
■混凝土砂漿；1.5 公斤
□其他_____；_____公斤

4.其他說明事項

廢井封填方式剖面示意圖
【本表應說明灌漿回填材料之起始與終止深度】



1.破壞地表隱藏式人孔
2.利用導管自井底緩慢回填水泥皂土漿至地表下方1m為止
3.再灌注混凝土砂漿至地表

二、監工要事紀錄【如有異常情形應予註明；並檢附相關資料及相片】

時間	要事摘要
09:50	確認點位及量測工作
09:53	井頂蓋切除
09:57	灌入皂土水泥漿至井頂下 1 公尺
10:06	灌入混凝土砂漿至平地面
10:15	清理現場

記錄填寫單位(廢井執行單位)：森品環境科技(股)公司　填表人員：劉士榮
會同單位：_____　會同人員：_____
填寫日期： 109 年 10 月 16 日

註：本表應由具廢井監工資格之人員填寫

附表 3　廢井完工檢核表

監測井名稱/井號	安定區安定段 2085 地號/WJ-1		
廢井地點	臺南市安定區安定段 2085 地號		
廢井施工日期	109 年 10 月 16 日	完工日期	109 年 10 月 16 日
原監測井址所在地管理單位	臺南市政府環境保護局		
廢井執行單位(施工單位)	森品環境科技(股)公司	施工人員	劉誌傑
		監工人員	

一、檢核事項

1. 廢井過程是否發生異常事項？
□是(處理情形：_____)
■否

2. 廢井完工後是否確實清潔、復原環境？
■是
□否

3. 廢井完工後是否進行地表處理，以避免發生積水？
■是
□否

4. 是否確實依照廢井作業規範填具相關紀錄表單以備查驗？
■是(■廢井會勘確認表 ■廢井監工要事紀錄表 ■廢井完工檢核表)
□否

二、廢井施工歷程照片

施工前	施工中	完工

註：本表應由具廢井監工資格之人員填寫

上傳時間：2020年12月23日下午 03:19

附件 8

審查意見回覆對照表

行政院環境保護署
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

□申請計畫書 ■期中報告
□修正計畫書 □期末報告

審查意見回覆對照表

計畫年度	109年度	計畫類型	□研究型 ■模場型
計畫類別	■整治 □調查 □其它	主持人：張簡水紋 教授	NO: B9
計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		

委員審查意見	計畫單位回覆
委員一： 1. 資料收集完整詳實，報告中所有工作紀錄詳實。 2. 計畫預定於期中查核點執行之工作項目，皆已完成 1) 地質鑽探資料之取得，2) 監測井設置及微水試驗/單井流速流向測定，3) 監測井地下水採樣及分析，4)水刀注藥施作規劃，及 5) 設備機具調適整備。 3. 對後續工作規劃明確。	委員一： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員確認。 3. 感謝委員肯定。
委員二： 1. 本計畫報告內容及已完成之研究工作項目符合進度。 2. 本計畫整體研究成果符合預期、後續執行工作項目及內容說明具體詳盡。 3. 本研究以「水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址」為主要目標，目前之研究成果為 (1) 取得場址地質鑽探資料、(2) 場址監測井設置及微水試驗/單井流速流向測定、(3) 場址監測井地下水採樣分析、(4) 水刀注藥施作規劃及設備機具調適整備。等其中場址監測井地下水採樣分析結果顯示：測得 *Dehalococcoides*、*Sulfurospirillum*、*Desulfitobacterium*、*Dehalobacter* 等脫氯菌種，族群數量約在10^4~10^6，但活菌總數與死菌總數比例接近，且功能性基因 *tceA*、*vcrA*、*bvcA*、*dcaA* 檢出的族群數量僅有10^1~10^2甚或低於偵測極限之未檢出（Not Detected, ND），顯示脫氯菌種應已存在，但其數量尚未能有效進行厭氧還原脫氯生物整治。本計畫後續研究應可在此穩定基礎上持續獲得良好成果。	委員二： 1. 感謝委員確認。 2. 感謝委員肯定。 3. 感謝委員肯定。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員三： 1. 模場實驗項目，實驗操作參數應具體說明，目前報告內容為過去整治報告內容，請說明實際進度與初步結果討論。特別是含氯有機溶劑的特性在過去的研究結果與本次水刀注藥的操作參數應用的規劃。	委員三： 1. 感謝委員意見。實驗操作參數已說明於期中報告（初稿）**5.1節**，於新設監測井上游（北側）進行2個水刀注藥改良體施作，規劃影響半徑1 m（直徑2 m），切割深度範圍為地下2 m至11 m、切割長度為9 m，每30 cm 切割一片2 cm~3 cm厚之圓盤薄片（即每口改良體切割31片圓盤薄片），進行藥劑灌注。 計畫實際進度水刀注藥現場作業已於109年6月1日至6月5日順利完成，期間並配合協助土基會影片拍攝工作；後續則根據既定監測規劃進行監測作業。6月19日之地下水現場水質參數量測結果發現，ORP 從注藥前的>0降到-150以下，pH 值維持在中性範圍（6.9±0.1）。此變化與過去研究結果之含氯有機溶劑加強式現地厭氧還原脫氯生物整治時之變化趨勢一致，顯見水刀注藥應已出現初步成效；而 pH 能夠維持中性而沒有變酸，應是注藥同時加入了長效型 pH 緩衝調節藥劑的效果。
2. 後續監測內容應具體說明。	2. 感謝委員意見。後續監測內容已說明於期中報告（初稿）之**表4.4.3-1、監測項目與監測頻率彙整表**，於水刀注藥現場作業完成後之第2,4,7,10及第14周進行現場水質參數量測，確認包括 pH、DO、EC、ORP 等數值變化情形；並於水刀注藥現場作業完成後之第7周進行地下水採樣分析 VOC 監控濃度變化；於第14周進行地下水採樣分析 VOC、乙烯甲烷、一般項目、以及微生物等各項目，評估水刀注藥作業成效。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員四： 1. 水刀注藥之實場試驗場址已變更，其與計畫目標有關，存在許多變化因素，如何克服目前對整個現場實際操作與因應沒有完整的規劃內容。 2. 建議提出預擬本年度可能發生之問題與因應做法，以提高計畫執行目標與效率。目前說明太簡單。 3. 本計畫編列兩年期經費，但第二年之研究規劃內容說明太簡單。	委員四： 1. 感謝委員意見。本年度最初欲進行試驗之地號（2087），因污染行為人將進行緊急應變而無法用於模場試驗，故改以鄰近地號（2085）進行試驗，其污染物種類/濃度/分布情形以及水文地質特性與原定之2085地號相似，無需變更原訂之試驗規劃。此變化因素已克服。 2. 感謝委員意見。本年度現場工作已執行完成，後續為監測作業，預估可能發生之問題機率偏低，故不會影響計畫執行目標與效率。針對下年度計畫，為避免與今年度遭遇之類似問題發生，擬根據本計畫試驗場址挑選原則挑選1個以上的地號作為下年度試驗場址進行規劃，俾便擇定試驗場址狀況改變時，可即時進行變更而不影響執行目標與效率。 3. 感謝委員意見。因第二年試驗場址尚未確定，故研究規劃內容說明較為簡略。待今年度根據本計畫試驗場址挑選原則確認第二年試驗場址之後，即會針對場址污染物種類/濃度/分布情形以及水文地質特性進行規劃說明。
委員五： 1. 本計畫利用水刀注藥技術強化含氯有機物污染場址生物整治模場試驗，已完成地質鑽探資料等工作，符合計畫要求。	委員五： 1. 感謝委員確認。
委員六： 1. 為了解水刀注藥工法對現地地質改變之影響及注意事項，建議分析已蒐集之國外案例運用情形。。	委員六： 1. 感謝委員意見。目前已蒐集之國外案例包括日本的兩個試驗。根據實場案例，水刀注藥工法不會造成地層軟化下陷；做為地下水長期污染源之整治方案，可有效處理透水層與難透水層交界處之吸附相污染；採用先切割再灌注的程序，能提高施工効率且不影響地質強度。

專案主持人：_____（簽名及蓋章）

委員審查意見	計畫單位回覆
委員四： 1. 水刀注藥之實場試驗場址已變更，其與計畫目標有關，存在許多變化因素，如何克服目前對整個現場實際操作與因應沒有完整的規劃內容。	委員四： 1. 感謝委員意見。本年度最初欲進行試驗之地號（2087），因污染行為人將進行緊急應變而無法用於模場試驗，故改以鄰近地號（2085）進行試驗，其污染物、種類/濃度/分布情形以及水文地質特性與原定之2085地號相似，無需變更原訂之試驗規劃。此變化因素已克服。
2. 建議提出預擬本年度可能發生之問題與因應做法，以提高計畫執行目標與效率。目前說明太簡單。	2. 感謝委員意見。本年度現場工作已執行完成，後續為監測作業，預估可能發生之問題機率偏低，故不會影響計畫執行目標與效率。針對下年度計畫，為避免與今年度遭遇之類似問題發生，擬根據本計畫試驗場址挑選原則挑選1個以上的地號作為下年度試驗場址進行規劃，俾便擇定試驗場址狀況改變時，可即時進行變更而不影響執行目標與效率。
3. 本計畫編列兩年期經費，但第二年之研究規劃內容說明太簡單。	3. 感謝委員意見。因第二年試驗場址尚未確定，故研究規劃內容說明較為簡略。待今年度根據本計畫試驗場址挑選原則確認第二年試驗場址之後，即會針對場址污染物種類/濃度/分布情形以及水文地質特性進行規劃說明。
委員五： 1. 本計畫利用水刀注藥技術強化含氯有機物污染場址生物整治模場試驗，已完成地質鑽探資料等工作，符合計畫要求。	委員五： 1. 感謝委員確認。
委員六： 1. 為了解水刀注藥工法對現地地質改變之影響及注意事項，建議分析已蒐集之國外案例運用情形。。	委員六： 1. 感謝委員意見。目前已蒐集之國外案例包括日本的兩個試驗。根據實場案例，水刀注藥工法不會造成地層軟化下陷；做為地下水長期污染源之整治方案，可有效處理透水層與難透水層交界處之吸附相污染；採用先切割再灌注的程序，能提高施工効率且不影響地質強度。

專案主持人：張簡水文 (簽名及蓋章)

行政院環境保護署
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

□申請計畫書 □期中報告
■修正計畫書 □期末報告

審查意見回覆對照表

計畫年度	109年度	計畫類型	□研究型 ■模場型
計畫類別	■整治 □調查 □其它		主持人：張簡水紋 教授
計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		

委員審查意見	計畫單位回覆
委員一： 1. 附件11-33、11-34現場工作住宿雜費總價為1600元，請修正。	委員一： 1. 已修正附件11-33、11-34現場工作住宿雜費總價為1,600元。

行政院環境保護署
土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

■申請計畫書 □期中報告
□修正計畫書 □期末報告

審查意見回覆對照表

計畫年度	109年度	計畫類型	□研究型 ■模場型
計畫類別	■整治 □調查 □其它		主持人：張簡水紋 教授
計畫名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫		

委員審查意見	計畫單位回覆
委員一： 1. 主持人與計畫執行團隊 (1) 主持人的學術研究能力與技術發展能力均佳，其專業能力足以勝任本專案計畫。 (2) 主持人近五年的研究成效與(或)土水污染技術發展績效佳。 (3) 主持人與計畫執行團隊的學術研究能力與(或)土水污染技術發展能力佳，其專業能力足以勝任本計畫。 2. 送審的專案計畫價值、意義與專案計畫的可行性 (1) 本專案對未來土壤及地下水污染調查及整治等相關工作之推動具有貢獻。 (2) 由計畫申請書內的成果績效自評表可推知，本專案所預估的成果與績效對土水污染整治具有貢獻，但確切的成果仍有待於未來的執行成果中加以詳細說明。	委員一： 1. 主持人與計畫執行團隊 (1) 感謝委員肯定。 (2) 感謝委員肯定。 (3) 感謝委員肯定。 2. 送審的專案計畫價值、意義與專案計畫的可行性 (1) 感謝委員肯定。 (2) 感謝委員意見。將在計畫期中報告與期末報告詳細說明本年度施用工法之執行成果以及成效評估。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員一： (3) 本專案計畫書撰寫具體，所研擬的研究方法(流程)可行。研究成果於未來實場的實際可能應用性則未具體說明 (確切的應用性有待執行成果中加以明確說明) (計畫書中說明："...用於強化含氯有機溶劑場址厭氧還原生物整治成效關鍵因素，基質藥劑之灌注傳輸方式，突破現行灌注技術容易產生優勢路徑/短流或生物膜，且無法有效處理低透水性或高/低透水性夾雜互層地質污染濃度回升等技術限制；以有效減少污染物濃度回升之現...") (國內已有相關經驗，且正執行中，宜將其成果與限制加以檢討) (可能涉及他人專利，宜評估) (既有執行中場址的改善成效應加以評估)。 (4) 本專案計畫書中對相關文獻蒐集與整理尚完整。主持人對國內外本研究領域的發展現況了解。 (5) 本專案計畫的執行期限合理，計畫書中對執行的預期成果也已說明。 (6) 本專案計畫屬延續性計畫的第一年度。	委員一： (3) 感謝委員意見。將在計畫期中與期末報告依工法之執行成果進行實場可應用性之成效評估，包括應用效果、應用限制、成本效益分析等。並將視執行狀況與國外技術比較差異性，評估專利問題。 (4) 感謝委員肯定。 (5) 感謝委員肯定。 (6) 感謝委員確認。
委員二： 1. 本計畫預定進行為期二年之含氯有機溶劑場址水刀注藥強化生物整治模場研究，計畫書已詳列相關技術及試驗所需軟硬體設備規劃與配置方式、操作程序…等相關資訊，內容完整可行。 2. 前期審查意見皆已回復並補充相關資料。 3. 本案模場試驗已取得並提出相關單位同意文件，亦已預為完整之施作規劃。	委員二： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員確認。 3. 感謝委員確認。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員三： 1. 兩年計畫之工作項目說明具體，惟對各項工作之執行程序、操控參數、潛在影響條件之說明不足。	委員三： 1. 感謝委員意見。根據申請計畫書四研究方法及步驟，第一年計畫執行程序為：場址補充調查→水刀注藥施作規劃設計→現地作業→後續監測→成效評估。施作參數及影響條件將進行施作結果探討及規劃，並詳細說明於計畫期中報告與期末報告。
2. 第一年及第二年皆採用水刀注藥工法，惟對此技術實務運作應配合條件，技術關鍵操作參數..等，皆欠具體說明執行變數多，達成目標存在不確定性。	2. 感謝委員意見。水刀注藥工法在國內尚無實場案例，將藉由此模場計畫建立此技術實際操作經驗，研析所需之實場操作條件、限制因素及操作參數等。期能詳細說明於計畫期中報告與期末報告。
3. 協同主持人(2位)分工，參與必要性/專業符合度(水刀技術)待釐清，專任助理參與待釐清。	3. 感謝委員意見。協同主持人謝季吟教授主要參與水刀注藥工法對於含氯污染厭氧生物整治之成效評估；另一位協同主持人梁宏明經理則主要參與現地污染防治以及場址衛生安全措施作業、以及採樣分析作業品保品管（不支薪，由自籌款支應）。專任助理主要負責現場各項作業聯繫協調與資料彙整（不支薪，由自籌款支應）。
4 耗材(編列樣品分析費近200萬/年)編列配置合理性待檢核，設備租賃費亦高。	4 感謝委員意見。為確認水刀注藥工法各項操作參數及效益，原編列3口之水刀注藥施作點，並排定監測作業至施作後6個月。今考量計畫預算及執行期限，調整為2口施作點，並降低監測作業次數，監測至施作後4個月。因水刀注藥作業需使用大型機具，包括超高壓泵以及高壓軟管、水刀注藥設備、藥劑攪拌機、排泥收集槽、曝氣槽、沉水泵、砂泵、高壓空氣壓縮機以及空氣軟管、大型發電機等，故設備租賃費用較高；其中大型發電機租賃費用將由自籌款支應（八、研究經費 (三) 消耗性器材及主要費用）。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員四： 1. 水刀注藥屬破壞性工法，須嚴控可能產生之副作用。 2. 此工法是否涉及專利使用，注意智財權問題。 3. 廠商之配合款(自籌款)是否撥至學校。	委員四： 1. 感謝委員意見。本計畫規劃於水刀注藥之施作影響範圍外緣設置簡易觀測井，監測污染物是否有污染物擴散現象；並於試驗結束後於監測井進行微水試驗，評估施作區域地下水層流速是否受到影響。 2. 感謝委員意見。將視技術細節、執行狀況與國外技術比較差異性，評估專利問題。 3. 感謝委員意見。根據執行單位，朝陽科技大學之經費運用方式，以及前期其他模場試驗專案執行方式，廠商配合款（自籌款）無須撥至學校。
委員五： 1. 已就委員意見提出說明回復，無進一步意見。	委員五： 1. 感謝委員肯定。
委員六： 1. 人事費請以11個月編列。 2. 人事費-計畫主持人月支酬金建議編列以15,000元為限、協同主持人以10,000元為限。另臨時工資合計有誤，請確認。 3. 建議酌減差旅費會議人次。 4 (五)雜項費用-建議編列以12,000元為限及酌減寄送費用，辦公室用品建議編列以5000為上限。	委員六： 1. 感謝委員意見。已修正（八、研究經費(一) 人事費用）。 2. 感謝委員意見。已調整109年度之計畫主持人以及協同主持人之月支酬金，並修正臨時工資小計金額（八、研究經費(一) 人事費用）。 3. 感謝委員意見。已調整減少會議差旅次數（八、研究經費 (四) 其它研究相關費用）。 4 感謝委員意見。已調整減少雜項費用包括報告印刷費用、郵資及辦公室用品費用（八、研究經費 (五) 雜項費用）。

行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會
109年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案
構想書審查意見 回覆對照表

專案類型	□研究型 ■模場型	申請經費	4,400,000	NO：D9
專案主持人	張簡水紋 教授	專案主題	■整治 □調查 □其它	
服務單位	朝陽科技大學 環境工程與管理系			
專案名稱	水刀注藥技術強化含氯有機溶劑場址-生物整治模場試驗計畫			

委員審查意見	計畫單位回覆
委員一： 1. 引進地工技術將注漿改良地質改為注藥以改善受含氯有機溶劑污染地下水。 2. 主題為物理性工法提升注藥效益。 3. 注藥為採用國內已研發配方。	委員一： 1. 感謝委員確認。 2. 感謝委員確認。 3. 感謝委員意見。為減少模場試驗之變因、將研究聚焦於注藥工法，基質藥劑將採用國內已有實場使用之商售成熟配方。
委員二： 1. 本研究所提出之技術，國外已達 TRL7 (即已於真實環境試驗成功，並取得專利，爰於本研究提出模場型計畫，尚屬可行)。 2. 惟建議應有現地操作場址優選之篩選原則，謹慎選擇場址。 3. 本研究雖技術可行，仍宜評估經濟是否可行。 4. 國外已取得專利，本研究宜注意專利之問題。	委員二： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員意見。場址篩選將針對土壤質地坋土、黏土、或細砂/坋土/黏土互層出現之區域，土壤/地下水存有相對高濃度四氯/三氯污染物（地下水濃度 >1 mg/L，超過第二類管制標準值20倍）、且同時驗得低氯污染物，顯示自然衰減作用已出現的場址，以評估此技術針對位於低透水性以及高/低透水性夾雜互層之高濃度含氯有機溶劑污染場址之適用性。 3. 感謝委員意見。待模場試驗完成後，將視具體成果評估不同類型場址之經濟可行性。 4. 感謝委員意見。將視執行狀況與國外技術比較差異性，評估專利問題。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員二： 5. 請評估本技術可解決之場址占目前污染場址之比例。	委員二： 5. 感謝委員意見。目前公告含氯有機溶劑污染尚未解除列管之約140處場址中，位於苗栗、台南、嘉義、高雄等地的場址多數處於沉積/沖積地層，其土壤質地以坋土/黏土為主，或為細砂/坋土/黏土互層。這些縣市的場址約佔目前污染場址之35%左右，此技術經試驗計畫評估其適用性及可行性後，應可作為這些場址擬定改善作業時之工法技術選擇參考。
委員三： 1. 此計畫擬引進水刀注藥工法。 2. 此工法可能改變地質特性，改變後的地質對地下水層的影響不明確，有風險。 3. 初期測試應有完整成本分析。	委員三： 1. 感謝委員確認。 2. 感謝委員意見。此工法主要針對低透水性以及高/低透水性夾雜互層之地質條件，即原本之地下水層流動性較低，此工法以定深度方式將藥劑注入，相較於現行設置注入井加壓或重力流注入藥劑之方式，無造成短流之疑慮，影響應相對較低。模場試驗過程中將加入如何盡量不改變地質特性之考量與評估。 3. 感謝委員意見。待模場試驗完成後，將視具體成果進行完整之成本分析，作為同類型污染場址評估整治工法之參考。
委員四： 1. 本研究所引進之水刀注藥技術有助於提升含氯有機物污染場址整治成效。	委員四： 1. 感謝委員肯定。

委員審查意見	計畫單位回覆
委員五： 1. 本計畫屬於模場型與部分研究導向，國內已有相關經驗，但應用案例不多。 2. 本計畫屬於模場型與部分研究導向，對現行國內土水污染技術的突破與應用仍待說明。 3. 本計畫是否有專利之價值目前不易評估，待有具體的研究成果後，再加以完整的說明。 4. 本計畫的研究成果具有技術轉移、實場應用性的可能性。 5. 本計畫書中對研究工作的構想與規劃的說明完整。 6. 本計畫對研究方法的說明具體，研究工作與執行流程具可執行性。	委員五： 1. 感謝委員確認。此灌注技術國內目前用於地質改良工程，尚未應用於土壤地下水污染整治作業。故擬以此模場試驗評估適用性。 2. 感謝委員意見。此模場試驗針對位於低透水性以及高/低透水性夾雜互層之高濃度含氯有機溶劑污染場址，希望能突破現行注藥技術在現地生物厭氧整治技術常出現之短流或濃度回升問題。 3. 感謝委員意見。待模場試驗完成後，將視具體成果加以評估專利問題。 4. 感謝委員肯定。 5. 感謝委員肯定。 6. 感謝委員肯定。
委員六： 1. 核心技術掌握具體。 2. 關鍵參數管控待釐清(水刀注藥之關鍵參數)。 3. 模場環境限制條件掌握度待釐清。 4. 預期成果待釐清。	委員六： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員意見。將參考水刀灌注技術目前應用於地質改良工程之操作參數進行試驗規劃，待模場試驗完成後，視具體成果加以評估施作參數規劃。 3. 感謝委員意見。此試驗擬選擇低透水性或高/低透水性夾雜互層之高濃度含氯有機溶劑污染場址進行水刀注藥試驗，將根據模場試驗結果，針對場址污染狀況、水文地質條件等場址環境特性加以探討場址適用性及限制性。 4. 感謝委員意見。此試驗希望能突破現行注藥技術在現地生物厭氧整治技術常出現之短流或濃度回升問題。將根據模場試驗結果，探討水刀注藥技術之成本效益與適用場址類型。