

惠光股份有限公司
地下水污染整治計畫－第二次變更
(公開陳列版)

計畫提出者：惠光股份有限公司

計畫撰寫者：富立業工程顧問股份有限公司

計畫執行者：富立業工程顧問股份有限公司

技師簽證：周奮興(技執字第 006328 號)

中 華 民 國 1 1 2 年 0 3 月

惠光股份有限公司地下水污染整治計畫第二次變更項目對照表

章節	第一次變更計畫核定內容	第二次變更後內容	變更說明
第一章	計畫執行者：惠光股份有限公司 計畫撰寫者：台境企業股份有限公司	計畫執行者與撰寫者： <u>富立業工程顧問股份有限公司</u>	變更計畫執行者與撰寫者資料
第一章 第三章	公司、負責人及場址地址：臺南市麻豆區小埤里苓子林 17 之 10 號	公司、負責人及場址地址：臺南市麻豆區小埤里 <u>麻佳路一段 259 號</u>	因門牌重新整編，自 111 年 2 月 25 日起公司地址變更為臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段 259 號。
第三章	場址地號：麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號	場址地號：麻豆區新樓段 671、672、668、667、855、857、840、839、693、837、835、696、698、838、836、845、843 等 17 筆地號	臺南市政府於 107 年進行地籍圖重測，場址地段、地號及面積皆有變更
第四章	整治前場址現況及曾實施之調查與措施	增加自 102 年 4 月至 111 年 6 月已執行之污染整治成果，包括雙相抽取法現地試驗及操作、生物與化學法試驗、生物現地試驗及操作、土壤及地下水定期監測。	增加整治執行成果說明
第五章	整治前(102 年)污染範圍及污染程度	整治後(111 年)污染範圍及不同深度污染程度	為提升整治處理成效，本公司協調廠內生產作業，於民國 111 年拆除特化廠區部分設備與基礎，進行一系列補充調查，包含薄膜介面調查 17 點、土壤及地下水補充調查，並重新確認本場址土壤及地下水分層(地表下 1~4 公尺、5~8 公尺及 9~12 公尺)污染範圍。

章節	第一次變更計畫核定內容	第二次變更後內容	變更說明
第六章	地下水整治目標：苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、 <u>總酚</u> 及砷符合第二類地下水管制標準。	地下水整治目標：苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、砷符合第二類地下水管制標準。	環保署於 102 年 12 月 18 日修正地下水污染管制標準條文中，已刪除總酚污染管制項目。且本場址自 106 年 6 月開始至 111 年 6 月，已連續 17 次監測總酚測值均低於未修正前地下水污染監測標準 0.7mg/L。
第七章	污染整治方法： - 污染源區：雙相抽取法(當氯苯濃度小於 20 mg/L 評估改生物或化學整治)。 - 污染帶區：生物或化學整治。 - 替代工法：開挖法、電阻加熱法及電動力法。	污染整治方法： - 高污染區：<u>土壤開挖搭配現場土壤復育處理、純相抽除、化學氧化法抽注系統</u>。 - 中低污染區：現地生物整治(好氧)。 - 替代工法：<u>界面活性劑沖排法</u>。	為加強污染整治成效，依目前污染現況及前期整治試驗與結果，重新調整評估整治流程與整治工法。高污染區尚有高濃度土壤污染殘留，將先進行土壤開挖作業，先移除地下水位變化區間污染土壤，無法開挖深度採取現地整治，將先抽除(純相)高濃度之污染後，再搭配化學氧化法，以抽注整治方式加速藥劑傳輸與改善成效。 中低污染區位於高污染區下游區域，污染程度較低、污染物種類較單純（主要以氯苯為主），僅地下水有污染情形，將以好氧生物整治能加速污染改善成效。 若地下水未達年度整治目標，優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；若土壤未達年度整治目標，將搭配界面活性劑沖排，加速將殘留於土壤中污染物移除。

章節	第一次變更計畫核定內容	第二次變更後內容	變更說明
第九章	1. 地下水定期監測：每季監測 10 口(污染區 6 口、周界 4 口)，監測項目為 VOCs，特化廠、造粒廠及特化倉庫監測井加測總酚，MW10 加測重金屬砷。 2. 環境監測項目：DPE 系統尾氣、污水廠放流水、承受水體之底泥、勞工作業與周界環境空氣及噪音。 3. 解列後監測：執行 2 年，土壤監測每半年 3 點，地下水監測每季 5 口，分析項目均於定期監測相同。	1. <u>地下水定期監測</u>：污染區每季 5 口(<u>高污染區改為 2 口 12m 監測井</u>)，分析項目為 VOCs、總酚、MW10-1 加測重金屬砷；污染周界每半年 5 口，分析項目為 VOCs。 2. <u>污染成效監測</u>：每半年依據當下污染範圍挑選周界監測井與不同深度井叢進行 VOCs 法規管制項目或採用攜帶式氣相層析儀分析地下水中氯苯污染濃度。 3. 環境監測項目：<u>開挖區與復育區周界空氣</u>、抽注系統與<u>土壤復育區尾氣</u>、污水廠放流水、承受水體之底泥、勞工作業與周界環境空氣及噪音。 4. 解列後監測：執行 2 年，土壤監測每半年 3 點，<u>地下水監測每半年豐枯水期 5 口(高污染區改為 2 口 12 公尺深監測井)</u>，分析項目均與定期監測相同。	1. 原定期監測與解列後監測之地下水監測井均為 8 公尺深，但本場址高污染區污染深度至 12 公尺，且近期 MW10 與 MW11 監測污染濃度均在低於管制標準和接近管制標準附近起伏，為能確實掌握該區污染改善情形，將改以上述 2 口監測井附近新增井深 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺監測井 (MW10-1 與 MW11-1)。 2. 整治計畫核定污染團周界 5 口定期監測井 (MW2、MW7、MW8、MW9 及 MW12) 歷次每季監測濃度均符合管制標準，且本場址執行整治作業後污染團有逐漸縮小趨勢，為能更確實掌握污染團周界地下水有無污染回升情形，本計畫將改於整治過程中依據污染團變化挑選污染團周界監測井。 3. 本場址工法增加土壤開挖法搭配現場土壤復育處理，故增加土壤復育區尾氣、開挖區與復育區周界空氣環境監測項目。 4. 為助整治系統細部操作調整與掌握本計畫執行進度與品質，依據實際整治情形進行污染成效監測，以即時掌握全場污染分布與整治成效。
第十二章	地下水驗證規劃：污染區域有 6 口 (MW4、MW5、MW6、	地下水驗證規劃：污染區域有 6 口 (MW4、MW5、MW6、MW8、	自行驗證之地下水監測井均為 8 公尺深，但本場址污染源區污染深度至 12 公尺，為能確實達整治目

章節	第一次變更計畫核定內容	第二次變更後內容	變更說明
	MW8、MW10 及 MW11) 及上、下游 3 口 (MW7、MW2 及 MW9) 分析項目為地下水 VOCs 法規管制項目及總酚，另於砷污染區域監測井 MW10 加測重金屬砷。	MW10-1 及 MW11-1) 及上、下游 3 口 (MW7、MW2 及 MW9)，其中 <u>MW10-1 與 MW11-1 井深為 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺</u> ，其餘井深均為 8 公尺，開篩於地表下 2~8 公尺，共 9 口。分析項目為地下水 VOCs 法規管制項目、 <u>五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚</u> ，另 MW10-1 加測重金屬砷。	標，於高污染區改為 2 口井深 12 公尺監測井驗證。
第十三章	整治經費：現地試驗與補充調查費用約 3,600,000 元與全場整治費用約 101,200,000 元。	整治經費： <u>計畫變更後全場整治費用約 49,400,000 元</u> 。	預估本計畫第二次變更之後，後續執行之整治費用。
第十四章	1. 整治期程至民國 112 年 3 月。 2. 年度達成目標評估：推估目標查核點每年處理成效，並訂定各標的查核目標污染濃度。	1. <u>整治期程至民國 117 年 3 月</u> 。 2. 年度達成目標評估：以目標查核點各標的 <u>污染物之濃度削減率為查核目標</u> 。	1. 本公司協調特化廠內生產作業，並拆除該區部分設備後，於污染洩漏源區進行土壤及地下水補充調查，調查結果顯示該區土壤及地下水污染較前期以雙相抽取法整治區域嚴重，且土壤尚有高濃度污染殘留，整治期程至 112 年 3 月，評估無法如期完成整治作業，需進行整治計畫期程展延。 2. 前期查核目標點均已接近管制標準，因此針對本場址高污染區（特化廠及造粒廠西側道路）之土壤定期監測點位(S02、S03)與地下水定期監測井(MW10-1、MW11-1)，及中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標。

「惠光股份有限公司地下水污染整治計畫」

第二次變更計畫(修正二版)審查意見回覆

臺南市政府環境保護局

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 依修正二版內容，5.2.1 節內文說明已由執行 18 點 MIP 修正為 17 點，但對照表內並無此修正項，建議補上。	感謝委員意見，遵照辦理。	第二次變更 項目對照表 /P.I
(二) 依修正一版委員意見回覆內容所述，5.2.2 節土壤氯苯分析結果與 MIP-XSD 測值將不建立線性關係，然由圖 5.2-1 及圖 5.2-5 顯示點位並未重疊，如何確認具代表性？	感謝委員意見，先前欲建立土壤氯苯分析結果與 MIP-XSD 測值線性關係，係有加入 109 年特化廠土壤調查與本次 MIP 探測相近點位之結果。然土壤採樣會有回收率不同問題，較無法確認與 MIP 探測深度是否一致，在建立相關性上會有主觀判斷問題，因此本計畫以本次調查土壤氯苯分析結果與 MIP-XSD 測值於高污染區(M12 與 S02、M05 與 S06)與污染邊界(M07 與 S07、M08 與 S11)重疊點位評估污染範圍。污染邊界土壤採樣檢測之氯苯濃度均小於 60mg/kg(計畫管控目標為 150mg/kg)，而污染邊界 MIP-XSD 訊號值均低於 200000uV，因此推估 MIP-XSD 訊號值大於 200000uV 為土壤污染範圍，推估各層土壤污染範圍如圖 5.2-6~5.2-8 所示。	5.2.2 節/ P.5-19~21
(三) 表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果中，部分井叢無之檢測數值；比對圖 4.5-2~3 全場整治分區示意圖、圖 5.2-9 地下水監測井叢位置圖及表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果顯示，部分鄰近劃設邊界之地下水井(如：AW11 等)檢測數值偏高且已超過地下水污染監測標準，污染改善區域之框定範圍是否合理，建議謹慎評估。	感謝委員意見，(1)111 年 4 月僅針對超過地下水管制標準井叢進行監測，其餘井叢監測結果補充如表 5.2-4。 (2)本計畫已於 AW11 東側廠房內設置整治井，後續會針對該區進行化學氧化法抽注系統操作(如圖 7.2-7)，並於邊界超過監測標準點位將會持續進行監測，評估污染團變化，若濃度無下降情形，將會針對該區進行整治作業，擴大污染整治範圍。	5.2.3 節 P.5-24~27 7.2.3 節 /P.7-46

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(四) 7.2.3 節中，建議將 SVE 設備之活性碳後續處理方式補述於內文。	感謝委員意見，遵照辦理。	7.2.3 節/ P.7-40
(五) 7.2.4 節中規劃再設置整治井，建議將整治井設置後之作業方式補述於內文，敘明後續之純相抽除作業係僅操作新設整治井，抑或為全數整治井輪流操作？	感謝委員意見，本計畫化學氧化法抽注系統操作區域規劃如圖 7.2-7，其中特化廠區僅開挖區有新設整治井，後續將先確認新設井污染狀況，並先針對此區進行純相抽除作業，待污染濃度降低後(無純相污染物時)再搭配灌注過硫酸鈉，增加污染物移除與氧化效率，其他區域將搭配化學氧化法進行抽注作業。	7.2.4 節/ P.7-42~46
(六) 建議於整治完成之自行驗證依現行管制項目以五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚檢測做為無超過管制標準之依據。	感謝委員意見，遵照辦理。	12.2 節/ P.12-1
(七) 依修正一版委員意見回覆內容所述，「惠光公司已於 2105 年設置 294.26KWp 容量之太陽能光電系統。」，年份是否有誤？	感謝委員意見，惠光公司之太陽能光電系統設置時間為 2015 年，修正一版委員意見回覆內容之年份為誤植，已修正。	第二次變更計畫(修正一版)審查意見回覆 /P.VI、XI
(八) 依修正一版委員意見回覆內容所述，針對高中污染區之濃度數據係以查核點最近一年監測最高濃度做為削減率初始濃度計算基準，然 14.2 節 P.14-9 表 14.2-1 內所列為 111 年監測結果，非回覆內容所述之 110 年結果，請釐清。	感謝委員意見，高中污染區之濃度數據係依 111 年監測結果，修正一版委員意見回覆內容之年份為誤植，已修正。	第二次變更計畫(修正一版)審查意見回覆 /P.II、XI
(九) 本場址整治井數量多且長期進行地下水抽取作業，應注意地層下陷問題，另土壤開挖區位於特化廠中，作業空間小，應加強注意工安問題。	感謝委員意見，本計畫後續高污染區整治主要以抽注系統進行整治作業，預計會降低抽水對地層影響，但為能確保抽水區域廠房建物安全，於土壤開挖復原後，將每半年針對特化廠抽水區域進行廠房梁柱地表高程量測，觀察有無地層下陷問題，另於廠房內開挖時均會指派專人於旁指揮避免發生工安問題。	7.2.4 節/ P.7-42

「惠光股份有限公司地下水污染整治計畫」

第二次變更計畫(修正一版)審查意見回覆

會議日期：111 年 12 月 15 日

一、 吳委員庭年

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 總酚目前已非管制項目，然以五氯酚、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚替代，變更計畫刪除總酚為改善標的，建議宜配合法規項目調整或持續定期監測總酚。	感謝委員意見，本場址曾於 103 年辦理定期監測 2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚及五氯酚，連續三季監測值均低於偵測極限，而場內由過去至現今均無使用這類原物料，後續將持續定期監測總酚。	—
(二) 特化廠水洗塔拆除範圍下方發現有氯苯純相存在，改善工法仍宜以純相抽除優先，淺層污染物宜以開挖移除。	感謝委員意見，本次整治方法變更即係先辦理此區域之淺層土壤開挖，先移除地下水位變化區間(約地表下 1~2 公尺)污染土壤，並於開挖範圍底部埋設水平注藥井，無法開挖深度採取現地整治，將先抽除(純相)高濃度之污染後，再搭配化學氧化法，以抽注整治方式加速藥劑傳輸與改善成效。	7.2.1 節/ P.7-31~33
(三) 特化廠土壤污染物除氯苯外，仍包括 BTEX，土壤 FID/PID 篩測高值為 BTEX 訊號，仍須留意 FID/PID 篩測可能發現不到氯苯。	感謝委員意見，本場址辦理 MIP 篩測時，除搭配 FID 與 PID 偵測器外，亦搭配 XSD 偵測器。於判斷篩測值時亦會綜合考量上述 3 種偵測器之訊號值，以了解篩測值可能偵測到之污染物。	—
(四) 場址屬粉黏土質地，勢必影響灌注藥劑之傳輸，仍宜加密注藥井的佈設。	感謝委員意見，前期於滲透性較差污染區域針對不同質地特性設置不同開篩範圍整治井(淺層井開篩 2~8 公尺；深層井開篩 9~12 公尺)，並增加整治井密度(井間距由 3 公尺縮為 1.5 公尺)，避免藥劑集中特定地質、深度。後續將針對廠房下新設置不同開篩深度(8 公尺與 12 公尺)整治井，整治井間距為 2 公尺。	7.2.4 節/ P.7-42
(五) 造粒廠內西北角落污染情形是否已確認？	感謝委員意見，本計畫於 111 年 7 月 4 日~12 日執行 MIP 調查，調查結果顯示造粒廠內西北角落確有污染情形，已於 111 年 11 月完成該區整治井設置作業，後續進行整治前會先確認地下水污染情形。	5.2.1 節/ P.5-6~11

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(六) 查核目標以 2 個土壤點位和 2 口監測井為基準，且土壤氯苯初始濃度 1200 mg/kg，查核濃度似乎過於寬鬆。	感謝委員意見，特化廠土壤削減率初始濃度計算基準修正為近期該區域氯苯測得最高值；造粒廠土壤氯苯濃度於 111 年 3 月與 9 月濃度變化太大，分別為 1,400mg/kg 與 137mg/k，為能較嚴謹確認該區污染狀況，將於 112 年 3 月進行土壤採樣確認，因此，土壤削減率初始濃度將以 112 年 3 月該區域氯苯測得最高值為計算基準。	14.2 節/ P.14-9~10

二、 陳委員士賢

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 礙於廠房結構安全，特化廠洗滌塔區域無法全面開挖，對於無法進行淺開挖之深層土壤，是否有規劃現地工法及可能之替代整治工法以改善該區域，請補充說明。	感謝委員意見，針對不能開挖區域或深度進行現地整治作業，將優先抽除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。當現地化學氧化法處理成效不佳(土壤未達年度整治目標)，規劃搭配界面活性劑沖排來進行整治。	7.2.1 節/ P.7-31~33
(二) 地下水流向東南向西北，避免污染範圍擴大及污水廠西側及北側，需要有必要之攔阻規劃及處置方案。	感謝委員意見，本計畫注藥方式將以九宮格(單井抽水，周圍注藥)或排井(上游注藥，下游抽水)方式進行抽注整治作業，除了利用水力控制防止注藥過程將污染物往外推擠，並每半年進行周界地下水監測，周界監測井位置如圖 9.1-3。若場外下游周界地下水濃度有上升趨勢，且超過地下水監測標準，將於周界整治井放置化學氧化棒攔阻污染物，避免污染範圍擴大，如圖 7.2-12 所示。	7.2.6 節/ P.7-53
(三) 造粒廠西北側污染深度由 5 至 12 公尺，針對深層污染是否需搭配不同工法方能較有成效請說明。	感謝委員意見，深層污染整治將針對不同質地特性設置不同開篩範圍整治井(淺層井開篩 2~8 公尺；深層井開篩 9~12 公尺)，並以沖排抽注方式進行化學氧化整治作業，當現地化學氧化法處理成效不佳(土壤未達年度整治目標)，規劃搭配界面活性劑沖排來進行整治。	7.2.4 節/ P.7-42
(四) 特化廠西側污染除氯苯外，亦有 LNAPL(苯)，苯有可能與氯苯互溶而形成在深層含水層，在整治規劃上(AW2 及 AW1)可能需特別注意。	感謝委員意見，後續每半年將會針對高污染區(含 AW2 及 AW1)進行成效監測，確認改善情形，並即時調整整治系統操作。	9.1.2 節/ P.9-3
(五) AW22、AW23、AW24 及 AW25 區域顯示為污染熱區應優先處理及進行工法必要之調整(視成效)。	感謝委員意見，本區域已規劃先辦理土壤開挖，針對不能開挖區域或深度進行現地整治作業，將優先抽除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。當現地化學氧化法處理成效不佳(土壤未達年度整治目標)，規劃搭配界面活性劑沖排來進行整	7.2.1 節/ P.7-31~33

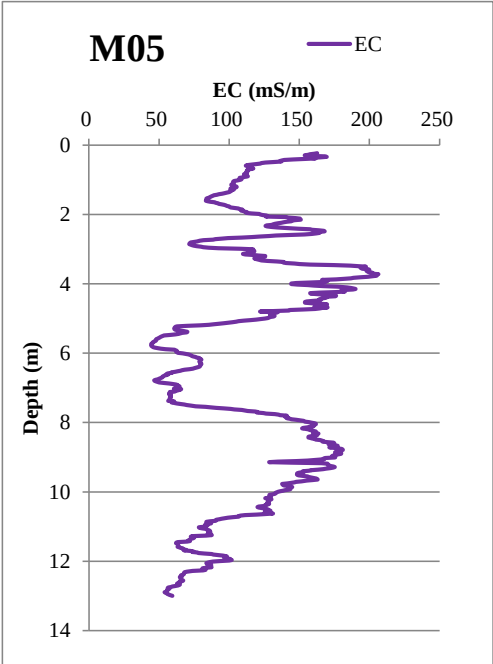
委員意見	意見回覆	章節/頁次
	治。後續每半年將會針對該區進行成效監測，確認改善情形，並即時調整整治系統操作。	

三、 吳委員銘志

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 由表 4.2-3 P.4-17 微水試驗結果顯示本場址之地下水參數屬透水性地質，因此地下水之流向受抽水影響。為此 PW1、PW2 為場址內之既設抽水井(P.4-17)，為此其設置規劃與設置時間為何，宜請說明。	感謝委員意見，PW1、PW2 為場址早期廠房運作用水所設置，但本場址於 100 年公告為地下水污染管制區後，已停止該 2 口井抽水操作。	—
(二)另 PW1 與 PW2 之抽水是否影響場址之地下水流向，應該說明。		
(三)P.4-21 圖 4.2-11 地下水位長期監測結果，其僅監測 7 天並不足以反映長期結果，且其陳述時間點與監測歷時不合，請重新檢視。	感謝委員意見，圖 4.2-11 地下水位長期監測係由 101 年 9 月 10 日至 101 年 9 月 25 連續監測 15 天，所測得水位變化紀錄。	4.2.7 節/ P.4-21
(四)地下水污染主要深度在地表下 6~8 公尺，而地表下 5~10 公尺間有 1~3 層的細砂質地層，其對地下水污染質團之流佈範圍與狀況宜詳加說明。	感謝委員意見，本場址地表下 5~7 公尺有一層厚約 50~100 公分夾砂層(砂粒含量 61~68%)為本場址優勢流徑，地表下 8~10 公尺雖也有夾砂層但砂粒含量僅 10~25%，且較不連續，因此整治前本場址污染最嚴重深度在地表下 6~8 公尺，經 DPE 整治後該層污染濃度已降為最低，現今主要污染位於污染源區地表下 9~12 公尺夾砂層與黏土層交界處。	—
(五)地下水污染與土壤污染皆僅陳述至 12 公尺(地表下)其是否為真實之污染深度，如何確認有待進一步說明。	感謝委員意見，由 MIP 調查結果顯示至地表下 11 公尺訊號值已有收斂現象，持續往下至地表下 12~13 公尺已無明顯訊號。	5.2.1 節/ P.5-6~9
(六)如果按 P.4-17 所言，因地質條件之故周圍有抽水行為不易察覺，如此用注入抽取的方式作灌注藥物的行為是否有效，請再考慮。	感謝委員意見，本場址地表下 15 公尺以下質地為中粗砂為主，場外周圍農地抽水井均設置於此深度以下，因此場外農地抽水對於場內 12m 內監測井水位無明顯影響。	—

四、 行政院環境保護署

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一)配合國家再生能源發展政策及 2050 淨零排放政策，建議本案納入太陽光電設置可行性評估及規劃。	感謝委員意見，惠光公司已於 2015 年設置 294.26KWp 容量之太陽光電系統。	—

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 表 2-1 中，計畫執行者與第一章不符。	感謝委員意見，已修改成計畫提出者為惠光股份有限公司；計畫執行者與撰寫者為富立業工程顧問股份有限公司。	第 2 章/ P2-1
(二) 5.2.1 節內文說明執行 18 點 MIP，然由圖 5.2-1 及圖 5.2-2 均缺少 M09 資料，請確認後修正。	感謝委員意見，本次 MIP 調查點位共 17 點，內文所述 18 點為誤植，已修正。	5.2.1 節/ P5-6
(三) MIP 調查時，是否進行 EC 偵測？若有，其偵測之地質分布結果是否與先前調查結果相似？	感謝委員意見，本計畫進行 MIP 探測有進行導電度偵測，雖可藉由不同之土壤性質反映之導電度，研判各貫入深度間之土壤性質及變化，但亦會受污染物濃度與現場整治作為而影響，本場址與高污染區進行化學氧化抽注整治會直接影響導電度的變化，但於廠房下未整治區域(如 M05)其偵測結果與本場址先前地質調查結果相似。一般而言，黏土之導電度大於 100mS/m，砂質土壤之導電度則多低於 50mS/m。以特化廠房下 M05 為例，地表下 0~5m 多為粉土質黏土，地表下 5~7m 為本場址較厚的粉土夾砂層導電度約在 50mS/m 左右，地表下 8~11m 為粉土質黏土。 	

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(四)圖 5.2-5 中，土壤採樣點編號並非依序編列，用意為何？	感謝委員意見，S01~S03 為本計畫每半年定期監測點位，因規劃採樣點有些點位地底下有結構物現場無法採樣，故有跳號情形。	—
(五)5.2.2 節中說明將土壤氯苯分析結果與 MIP-XSD 測值建立線性關係，然由圖 5.2-1 及圖 5.5-5 顯示點位並未重疊，如何確認具代表性。	感謝委員意見，土壤採樣會有回收率不同問題，較無法確認與 MIP 探測位置是否一致，在建立相關性上會有主觀判斷問題，因此本計畫將不建立土壤氯苯分析結果與 MIP-XSD 測值線性關係，而以土壤採樣確認的污染邊界與 MIP 測得訊號值去推估土壤污染範圍，如圖 5.2-6~圖 5.2-8 所示。污染邊界 MIP-XSD 訊號值均低於 200000uV 以下，污染邊界檢測氯苯濃度均小於 60mg/kg(計畫管控目標為 150mg/kg)，因此推估 MIP-XSD 訊號值大於 200000uV 為土壤污染範圍。	5.2.2 節/ P5-19~21
(六)圖 5.2-6 並非上述之線性關係圖，請確認後修正。		
(七)MIP-XSD 主要偵測物質以多鹵代化合物為主，如農藥；由圖 5.2-2 顯示 FID 及 XSD 之訊號值單位一致情況下，XSD 訊號多低於 1.0E+06 nV；若以 M05 點位進行探討，與其鄰近之土壤採樣點位為 S06，其土壤篩測異常位置為 9.0~9.5 公尺區間，然對照 XSD 訊號值，9.0~10 公尺區段恰為低點，但氯苯卻為最高不甚合理，若以此線性關係進行污染濃度值預估，於淺層是否低估而深層有高估之情形？		
(八)承上題，建議檢視數據後再行確認圖 5.2-7~9 之污染範圍是否恰當。		
(九)圖 5.2-7 與圖 5.2-8 中，特化廠 1~4 公尺與 5~8 公尺之濃度範圍相同？	感謝委員意見，圖 5.2-7 中特化廠 5~8 公尺污染範圍，誤植為特化廠 1~4 公尺污染範圍。	5.2.1 節/ P5-20
(十)圖 5.2-15 及圖 5.2-17 應為污染團最大範圍，然與圖 5.2-7~9、圖 5.2-11~13 之污染範圍並不一致，建議各圖面之縮放比例與呈現方式應一致，以利委員檢視。	感謝委員意見，遵照辦理。	5.2.1 節/ P5-30~33
(十一)由表 5.2-4 顯示，部分地下水監測結果已超過地下水污染監測標準，然污染濃度分布圖僅涵	感謝委員意見，後續於超過監測標準點位會持續監測，若濃度無下降情形，將會針對該區進行整治作業。	—

委員意見	意見回覆	章節/頁次
蓋管制標準，後續污染改善區域亦僅以此框定，其污染範圍是否合理，建議審慎評估。		
(十二)第六章將地下水整治目標訂為低於管制標準，後續本局將於場址改善完成後進行驗證作業，若驗證結果超過地下水監測標準，則將持續進行地下水定期監測作業直至污染物濃度低於地下水監測標準；若本局監測期間發現有超過地下水污染管制標準之情形，將重新列管為場址，合先敘明。	感謝委員提醒。	—
(十三)7.2.2 節中，污染地下水污染範圍是包含造粒廠及特化廠嗎？是否同土壤分開估算污染量？	感謝委員意見，地下水污染量係以本場址全部污染範圍估算，並未分開估算。	—
(十四)7.2.3 節污染土壤開挖作業第一次變更計畫之替代工法，本局於111/08核定土壤開挖污染防治計畫書，建議應補充現階段執行狀況。	感謝委員意見，本計畫於111年10月進行特化廠區開挖作業，開挖面積為105平方公尺，為確保建物安全，開挖深度約至地表下1.5~3公尺，目前已完成淺層開挖作業，無法開挖區域(深度)已設置水平與垂直整治井。另開挖與設井時帶出地表之污染土壤，於現場設置土壤復育區進行生物堆搭配SVE抽氣處理，目前均已符合防治計畫書管控標準，詳細操作情形將彙整於111年下半年進度報告中說明。	—
(十五)7.2.3 節中，SVE設備之活性碳後續處理方式請補充說明。	感謝委員意見，復育區抽氣設備係利用現場既有DPE系統進行抽氣作業，更換後活性碳，將先用太空包裝暫存於場內，後續將以廢棄物代碼D-2403，請合格處理廠商處理。	—
(十六)生物復育完成土壤後續若需進行離場處理，請提送土壤處置計畫進行審查。	感謝委員意見，遵照辦理。	—
(十七)7.2.4 節中規劃再設置整治井，後續純相抽除作業是只操作新	感謝委員意見，整治井設置完成後，會先確認有無純相污染物，若有將會	—

委員意見	意見回覆	章節/頁次
設整治井，或為全數整治井輪流操作？	進行該區域純相抽除作業，若無則進行化學氧化抽注循環系統操作。	
(十八) 場址地質特性均含有粉土及黏土，長期灌注緩釋氧化劑需留意是否影響水質參數；後續本局於場址改善完成後進行驗證作業，若水質參數較背景水質(以監測井 R00540 為例，102 年整治前所量測之水質參數分別 pH 6.4、DO 0.4 mg/L)為高，則不進行驗證作業，直至回復背景水質後再行驗證，合先敘明。	感謝委員意見，建議以本場址 100 年調查評估計畫監測水質結果(如表 4.4-5 與表 4.4-6)做為背景水質參考依據。該次監測 pH 值介於 6.6~8.07 之間，建議以 pH 值 6~9 做為本場址背景水質；溶氧介於 0.85~4.62 之間，平均約 2.9 mg/L 左右，建議溶氧以低於 3mg/L 做為本場址背景水質。	4.1.1 節/ P4-51~52
(十九) 圖 7.2-7 中，後續將於開挖範圍底部埋設水平注藥井，然依據先前地質調查，0~4 公尺為粉土質黏土，灌注之藥劑向下滲透之可能性低或需較長時間，抑或直接流入注入井或抽水井中？	感謝委員意見，本計畫水平井設置於開挖面以下，主要加強處理開挖面至水位變化區間(1.5~2 公尺)污染土壤。然該區域設置之整治井(含注入井及抽水井)，其開篩位置分別為地表下 2~8 公尺及 9~12 公尺，且地表至開篩段皆有用皂土封層，因此，藥劑亦難以直接流入整治井中。	—
(二十) 7.2.6 節中，生物整治作業之相關描述應為前期規畫及操作模式，於前期操作是否有需調整之處，請更新。	感謝委員意見，自 110 年 7 月開始辦理好氧生物整治至今，氯苯濃度有明顯整治成效，顯示此操作模式可行，因此後續將依循此操作模式辦理。	—
(二十一) 7.2.7 節之替代工法，實際操作係使用原整治井，或需另外設置？	感謝委員意見，本場址目前規劃替代工法係用現有整治井操作，然若未來有需要啟用替代工法時，將視當時污染狀況再考量是否需另外設置整治井。	—
(二十二) 12.2 節中，土壤驗證規劃區域應為土壤污染管制區及”整治場址”地號，請修正。	感謝委員意見，誤植處已修正。	12.2 節/ P.12-1
(二十三) 12.2 節中，地下水驗證時機建議訂於定期監測連續 2 季低於管制標準後，再啟動自行驗證作業。	感謝委員意見，遵照辦理。	12.2 節/ P.12-1
(二十四) 總酚項目已非地下水污染管制項目，然環保署鑑於原管制	感謝委員意見，本場址曾於 103 年辦理定期監測 2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯	—

委員意見	意見回覆	章節/頁次
項目「總酚」無法區分自然物質或危害性人為化學品，爰予刪除，並以五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚為地下水污染管制項目；故建議於整治完成之自行驗證增加五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚檢測作為無超過管制標準之依據。	酚及五氯酚，連續三季監測值均低於偵測極限，而場內由過去至現今均無使用這類原物料，後續將持續定期監測總酚。	
(二十五) 依據環保署 111/09/23 發布修正「土壤及地下水污染場址改善審查及監督作業要點」，請評估本場址設置太陽光電設施之可行性，納入整治計畫中。	感謝委員意見，惠光公司已於 2015 年設置 294.26KWp 容量之太陽光電系統。	—
(二十六) 7.2 節中，特化廠開挖區內設置整治井深度 2~12 公尺不等，然特化廠為高污染區，當整治井設置時會將地表下污染土壤帶出地表，請說明整治井設置時帶出地表之污染土壤後續處置方式？	感謝委員意見，高污染區整治井設置時產生之土壤皆集中堆放於土壤復育場，與特化廠開挖區挖除之污染土壤，一同以生物堆搭配 SVE 抽氣處理。	—
(二十七) 整治計畫請納入太陽能光電設置。	感謝委員意見，惠光公司已於 2015 年設置 294.26KWp 容量之太陽光電系統。	—
(二十八) 原有總酚之污染項目雖因法規修正不再列管總酚，但總酚不會消除建議定期監測五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚，並於整治完成增加檢測該三項符合管制標準為宜。	感謝委員意見，本場址曾於 103 年辦理定期監測 2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚及五氯酚，連續三季監測值均低於偵測極限，而場內由過去至現今均無使用這類原物料，後續將持續定期監測總酚。	—
(二十九) 簡報 P.54 高中污染區之目前濃度視何時檢測數據？因氯苯在特化廠及造粒廠數據是否為歷年最高值？由 P.5-12 似為地表下 8 公尺氯苯 1289mg/kg，其他 1-4 公尺均低於 150 mg/kg，是要評估純相抽除及化學氧化法之成效？還是會不會因設定高值太高讓削減率更易達標宜在檢視。	感謝委員意見，本計畫後續將以查核點最近一年監測最高濃度(如表 14.2.1)做為削減率初始濃度計算基準，惟造粒廠土壤氯苯濃度於 111 年 3 月與 9 月濃度變化太大，分別為 1,400mg/kg 與 137mg/k，為能較嚴謹確認該區污染狀況，將於 112 年 3 月進行土壤採樣確認。因此，造粒廠土壤削減率初始濃度將以 112 年 3 月該區域氯苯測得最高值為計算基準。	14.2 節/ P.14-9~10

「惠光股份有限公司地下水污染整治計畫」

第二次變更計畫審查意見回覆

會議日期：111 年 3 月 17 日

一、 吳委員庭年

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一)目前特化廠下方仍有氯苯純相，應補充調查特化廠土壤污染，釐清污染範圍，淺層土壤採開挖移除，深層純相污染物採 DPE 抽出移除，宜規劃各階段整治期間。	感謝委員意見，111 年分別針對特化廠建物下方進行 MIP 探測、土壤補充調查，並將土壤氯苯分析的結果與 MIP-XSD 的測值建立線性關係 (R 值 0.9486)，並藉由此關係式將 MIP-XSD 測得各分層最高值換算氯苯濃度值，並繪製出本場址目前土壤於地表下 1~4 公尺、5~8 公尺及 9~12 公尺污染分布圖(如圖 5.2-7~圖 5.2-9)。	5.2.2 節/ P.5-12~22 14.1 節/ P.14-4
(二)造粒廠 MW11 地下水氯苯濃度仍高，宜補充調查造粒廠土壤污染，確認污染範圍。	本計畫針對上述調查高污染濃度殘留區域，將會先進行開挖作業，不能開挖區域或深度進行現地整治作業，將優先抽除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率，各階段整治期間如表 14.1-2。	
(三)周界污染帶採生物整治，應訂定查核目標。	感謝委員意見，本計畫針對中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標，評估項目為各點位之主要污染物，如表 14.2-1。	14.2 節/ P.14-9
(四)整治工法若未符合目標，應提出替代工法。	感謝委員意見，整治過程中若地下水未達年度整治目標，優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；若土壤未達年度整治目標，將搭配界面活性劑沖排，加速將殘留於土壤中污染物移除。	7.2.1 節/ P.7-31~32
(五)查核目標應包含土壤、地下水，並逐年訂定。	感謝委員意見，本計畫針對本場址高污染區(特化廠及造粒廠西側道路)之土壤定期監測點位(S02、S03)與地下水定期監測井(MW10-1、MW11-1)，及中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標，評估項目為各點位之主要污染物(氯苯、甲苯、1,2-二氯乙烷或苯)，如表 14.2-1。	14.2 節/ P.14-9

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 污染源深度及範圍之再確認有其必要，因本場址自發現污染及推動整治已十年以上，在長期抽水及使用化學氧化法及現地生物對污染物降解/分解下，殘餘污染源及影響範圍因流場改變應重新掌握。	感謝委員意見，111 年分別針對特化廠建物下方進行 MIP 探測、土壤補充調查，並將土壤氯苯分析的結果與 MIP-XSD 的測值建立線性關係(R 值 0.9486)，並藉由此關係式將 MIP-XSD 測得各分層最高值換算氯苯濃度值，並繪製出本場址目前土壤於地表下 1~4 公尺、5~8 公尺及 9~12 公尺污染分布圖(如圖 5.2-7~圖 5.2-9)。	5.2.2 節/ P.5-12~22
(二) 淺層污染土壤歷經多年整治是否有開挖之必要?請說明為何沒有現地工法可達到復育成效。	感謝委員意見，本計畫開挖區域位於特化廠房內，該區為污染洩漏區且前期僅能在廠房周邊進行整治。本公司協調特化廠生產作業，可暫時拆除設備，若以開挖法將能快速移除污染源，但礙於廠房高度限制，無法進行深開挖，僅能先移除地下水位變化區間污染土壤，避免於整治過程中水位上升導致土壤殘留污染物持續滲出。	7.2.3 節/ P.7-35
(三) 本場址結合砷及 LNAPL 及 DNAPL 混合型污染物，整治工法之規劃是同時整治或依序處理?	感謝委員意見，本計畫針對尚有高污染濃度殘留區域，將會先進行定深抽水，優先移除純相污染物，無純相污染物區域採取加強式化學氧化抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。氧化劑將使用過硫酸鹽，可視污染物種類不活化直接使用，在污染物僅有苯、甲苯或氯苯的區域，可直接使用過硫酸鹽溶液不活化，在污染物含有 1,2-二氯乙烷或二氯甲烷區域則需活化加強處理成效。並可視情況搭配界面活性劑增加 DNAPL 移動性及溶解性，加速氧化劑與污染物反應。	7.1.2 節/ P.7-11 7.1.3.3 節/ P.7-19
(四) 特化廠廠房下是目前界定的高污染區，如果審視苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷的物化性質，DPE 對於純相(殘留 DNAPL)移除有其成效，但以本場址歷經多年，殘留吸附相污染物如何處理?特別是氯苯將會是非常困難(8 公尺下、12 公尺下...)如何具體規劃深層氯苯移除，可能是未來工作重點。		
(五) 現地好氧生物法或對氯苯分解有效，但並不利 1,2-二氯乙烷及二氯甲烷的厭氧降解，當這三種化合物存在於同一孔隙介質會造成污染物嚴重拖尾(檢測時)，如何切換工法其時機點請再思考。	感謝委員意見，現地好氧生物法使用於本場址中低污染區，該區目前僅有氯苯污染。	—

二、 吳委員銘志

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一)客土來源及處理過之污染土的去處如何宜請說明。	感謝委員意見，本計畫客土購買合法來源之乾淨客土(能提供來源證明)，並於客土回填前每 100 立方公尺執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目、TPH 與八項重金屬，確保客土品質。 本場址復育完成土壤經南市環保局驗證過後，優先回填於本公司空地，若需外運至合格土資場，以台南市土石方資源堆置處理場為主，如表 7.7-2。	7.2.3 節/ P.7-35、 P.7-40~41
(二)按 P.4-3 圖 4.1-3 本場址位於地下水補注敏感區，表示其垂直入滲的滲透度佳，因此，污染下滲之程度應加強監測。	感謝委員意見，本計畫每半年將依地下水整治情況針對不同深度井叢進行監測作業，確認本場址不同深度地下水污染變化。	9.1.2 節/ P.9.3
(三)依 P.4-11、P.4-12 圖 4.2-6(7)地下水流向有集中現象(100、101 年)，其原因值得探討，目前之地下水流向如何應重新評估。	感謝委員意見，本計畫於 110 年 12 月及 111 年 9 月進行地下水位量測，地下水流向為東南往西北流(如圖 4.2-9)，並無集中現象，後續將持續監測地下水流向。	4.2.7 節/ P.4-19
(四)按 P.4-50 圖 4.5-3 地質剖面圖無法與表 4.5-2 相互對應。	感謝委員意見，本場址地質分布剖面圖(圖 4.2-8)係依據 110 年補充調查地質鑽探紀錄(表 4.2-1)所繪製出。	4.2.6 節/ P.4-12~16
(五)除了加上開挖部分，仍維持原先的整治工法，為有效變更原計畫，理應對前期計畫工法之成效進行評估。	感謝委員意見，整治初期場內及污染源區採取雙相抽取法為主，針對土壤及地下水污染進行整治，可大範圍縮減淺層(8 公尺內)污染範圍與降低污染程度，惟對較深層(8~12 公尺)整治成效不佳(深度較深不易抽除、滲透性較差)，且後期整治效率逐漸衰退。故於 110 年 9 月將原本 DPE 整治區域調整為高污染區以抽水搭配化學氧化法、中低污染區以好氧生物整治，整治 1 年後，各深度污染物範圍與濃度均有持續縮小與下降。氯苯、1,2-二氯乙烷、苯及甲苯污染量平均削減率分別達 44.4、66.6、47.5 及 88.6%，顯示本計畫調整整治工法為化學氧化法及現地好氧生物法後可有效移除污染。	4.5.5 節/ P.4-109~112

四、 程委員淑芬

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 本場址公告至今已超過 10 年之久，展延改善期程，建議應採用更積極工法，加速改善進度。	感謝委員意見，本公司協調廠內生產作業，可暫時拆除部分設備、結構物後，可於高污染區設置整治井，進行積極整治作業(土壤開挖、純相抽除及化學氧化抽注系統)，整治井設置規劃如圖 7.2-6 所示。	7.2.4 節/ P.7-44~45
(二) 本場址質地夾雜黏土壤，DPE、ISCO 或現地好氧生物法如何施作才可達功效，請再檢討。	感謝委員意見，感謝委員意見，整治初期場內及污染源區採取雙相抽取法為主，針對土壤及地下水污染進行整治，可大範圍縮減淺層(8 公尺內)污染範圍與降低污染程度，惟對較深層(8~12 公尺)整治成效不佳(深度較深不易抽除、滲透性較差)，且後期整治效率逐漸衰退。故於 110 年 9 月將原本 DPE 整治區域調整為高污染區以抽水搭配化學氧化法、中低污染區以好氧生物整治，整治 1 年後，各深度污染物範圍與濃度均有持續縮小與下降。氯苯、1,2-二氯乙烷、苯及甲苯污染量平均削減率分別達 44.4、66.6、47.5 及 88.6%，顯示本計畫調整整治工法為化學氧化法及現地好氧生物法後可有效移除污染。另本公司協調廠內生產作業，可暫時拆除部分設備、結構物後，可於高污染區直接設置整治井，進行較積極整治作業(土壤開挖、純相抽除及化學氧化抽注系統)。	4.5.5 節/ P.4-109~112

五、 行政院環境保護署

委員意見	意見回覆	章節/頁次
() 變更項目對照表第 2 頁，污染源整治工法除了原有雙相抽取法外，再納入原訂替代工法(開挖法)，請說明變更後是否仍有規劃新的替代工法。	感謝委員意見，整治過程中若地下水未達年度整治目標，優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；若土壤未達年度整治目標，將搭配界面活性劑沖排，加速將殘留於土壤中污染物移除。	7.2.1 節/ P.7-31~32
(二) 變更項目對照表第 2 頁，計畫變更後之地下水定期監測口數由 10 口變為 7 口，能否涵蓋原有污染監測範圍？	感謝委員意見，原地下水 10 口定期監測井，5 口位於污染範圍內，另 5 口位於污染團周界，變更計畫亦持續每季監測污染範圍內 5 口監測井，但污染團周界 5 口定期監測井 (MW2、MW7、MW8、MW9 及 MW12) 歷次每季監測濃度均符合管制標準，且本場址執行整治作業後污染團有逐漸縮小趨勢，為能更確實掌握污染團周界地下水有無污染回升情形，本計畫將改於整治過程中依據污染團變化，每半年挑選至少 5 口污染團周界監測井監測。	9.1.2 節/ P.9-2
(三) 7-23 頁、土壤開挖與回填：污染土壤是否有外運？依目前規劃為現地改善完成經環保局驗證後之土壤全數回填或送土資場，請以原場地土方挖填平衡為主，若仍需外運土資場，應低於監測標準始可外運。另請說明：i. 運到哪家土資場？ii. 外運的土壤中氯苯標準 (未檢出?) 設定濃度為多少，如何確保各批次外運品質。	感謝委員意見，本場址土壤復育完成後將每 100 m ³ 執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目與氯苯，分析結果 VOCs 需低於土壤污染管制標準值二分之一，氯苯需小於 75mg/kg(氯苯目前尚無訂定土壤污染管制標準，但於 102 年 12 月 16 日行政院環保署預告「土壤污染管制標準」修正草案中，有增訂氯苯土壤污染管制標準為 150mg/L，因此以此做為土壤中氯苯管控標準)，並於進度成果報告期間提出土壤復育完成驗證申請，待台南市環保局驗證通過後將，優先回填於本公司空地，若需外運至合格土資場，以台南市土石方資源堆置處理場為主，如表 7.7-2。	7.2.3 節/ P.7-38~41
(四) 經查崑山科技大學環境工程系擬於貴廠進行模廠試驗，並已取得貴廠同意使用。請說明如何協調加速整治工作。	感謝委員意見，查崑山科技大學環境工程系於本場址高污染區進行土壤調查技術模廠試驗，期能評估污染物純相位置，加速純相污染移除。	—

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 新增二口監測井 MW10-D 及 MW11-D 作為查核目標，請問是否有了解此二口井目前濃度？若無如何確認具代表性？ (二) 監測井 MW10-D 及 MW11-D 預計何時進行設置及開始進行監測？且該 2 口監測井並未有初始濃度值，若經檢測後污染物濃度並非預期，表 14.2 之年度達成目標是否不具代表性？	感謝委員意見，本計畫於 111 年 8 月 24 日，於特化廠與造粒廠高污染區分別各設置 1 口井深 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺的 2 吋標準監測井(MW10-1 與 MW11-1)。並於 111 年 9 月 20 進行監測作業，測得特化廠 MW10-1 氯苯濃度 157mg/L、甲苯濃度 29 mg/L、苯濃度 10.2 mg/L、1,2-二氯乙烷濃度 9.55 mg/L；造粒廠 MW11-1 氯苯濃度 137mg/L、苯濃度 4.9 mg/L、1,2-二氯乙烷濃度 0.297 mg/L 超過地下水管制標準，檢測報告詳附件十一。	附件十一
(三) 若未達查核點有無備用工法？ (四) 7.2 節中之整體整治規劃係沿用既有整治工法，除增加淺層土壤開挖規劃外，並未見到如不符合查核點時之整治工法調整或備用工法規劃。	感謝委員意見，整治過程中若地下水未達年度整治目標，優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；若土壤未達年度整治目標，將搭配界面活性劑沖排，加速將殘留於土壤中污染物移除。	7.2.1 節/ P.7-31~32
(五) 目前整治目標均以地下水每年削減 20%，如何計算？另評估 5 年足夠否？ (六) 依照 7.2 節之整治規劃，再延長 5 年是否真能去除污染？或是改以中長程整治階段規劃進行具體評估？	感謝委員意見，本場址高污染區主要整治工法為化學氧化法抽注系統，中低污染區主要整治工法為好氧生物整治，依據前期此二工法整治結果計算氯苯一階反應速率來推估各區每年削減率。高污染區氯苯化學氧化法反應速率常數約 $0.007 \sim 0.013 \text{ day}^{-1}$，若以最慢反應速率常數 0.007 day^{-1} 計算目前高污染區氯苯最高污染濃度 157mg/L，約需 722 天能使地下水氯苯濃度低於管制標準 1 mg/L，考量高污染區存在之純相物質或土壤中殘留相污染物持續溶出，而現地整治會進行分區抽注作業，並非連續持續注藥，因此於達成目標另將安全係數納入約需多 2.5 倍時間(反應速率常數以 0.0028 day^{-1} 計算)，高污染區保守估計約需 5 年時間可達本計畫整治目標。	14.2 節/ P.14-5

委員意見	意見回覆	章節/頁次												
(七) 未見土壤查核目標，如何確認土壤改善狀況？	感謝委員意見，本計畫針對本場址高污染區（特化廠及造粒廠西側道路）之土壤定期監測點位(S02、S03)與地下水定期監測井(MW10-1、MW11-1)，及中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標，評估項目為各點位之主要污染物（氯苯、甲苯、1,2-二氯乙烷或苯），如表 14.2-1。	14.2 節/ P.14-9												
(八) 本場址淺層污染雖較深層不嚴重，然含氯污染物具 rebound 特性，故整治預計達成目標不應僅以深層污染改善為依據。														
(九) 因整治井很多，長期抽水又是運作中場址，宜注意地表沉陷監測，避免工安問題。	感謝委員意見，下圖為本場址階段式抽水試驗結果，結果顯示單口井每分鐘抽2.2L為安全出水量，前期全場DPE 操作每分鐘單口井約抽出0.6L，設計抽水量尚未大於安全出水量，因此對地層穩定較不會造成影響，但為能確保本計畫之抽水量不會影響地層，於DPE全廠整治期間，每半年針對抽水區域進行場內高污染區地下水監測井高程量測，高程測量並無太大變化。後續高污染區整治主要以化學氧化法抽注系統進行整治作業，預計會降低抽水對地層影響。	—												
(十) 本場址場內外設置之整治井多達百口以上，經年累月進行地下水抽汲作業，是否造成地表沉陷?建議應增加地表沉陷監測，以避免衍生工安問題。														
	階段式抽水試驗 <table><caption>Data points estimated from the graph</caption><thead><tr><th>抽水量 (L/min)</th><th>水位洩降 (m)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.2</td><td>1.2</td></tr><tr><td>1.8</td><td>1.8</td></tr><tr><td>2.2</td><td>2.5</td></tr><tr><td>3.0</td><td>3.5</td></tr><tr><td>3.8</td><td>7.5</td></tr></tbody></table>	抽水量 (L/min)	水位洩降 (m)	1.2	1.2	1.8	1.8	2.2	2.5	3.0	3.5	3.8	7.5	
抽水量 (L/min)	水位洩降 (m)													
1.2	1.2													
1.8	1.8													
2.2	2.5													
3.0	3.5													
3.8	7.5													
(十一) 4.2.7 節之地下水流向，建議加入近期監測結果進行比對。	感謝委員意見，本計畫於 110 年 12 月及 111 年 9 月進行地下水位量測，地下水流向為東南往西北流(如圖 4.2-9)，後續將持續監測地下水流向。	4.2.7 節/ P.4-19												

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(十二) 7.2.3 節之淺層土壤開挖係直接以挖除地表下 1~3 公尺土壤為目標，或是輔以篩測工具進行開挖成效確認？	感謝委員意見，開挖過程會以 FID 進行篩測，除確認現場開挖成效，並依篩測結果分區堆置污染土，FID 篩測值大於 300ppmV 堆置於高污染區，FID 篩測值小於 300ppmV 堆置於低污染區。	7.2.3 節/ P.7-32
(十三) 表 9.2-1 中，土壤復育區尾氣監測設備與 P.7-24 中不符。	感謝委員意見，SVE 裝置將揮發之氣體抽出收集，經過活性碳吸附槽後再排放至大氣中，每 2 週以 FID 量測排放氣體濃度，若測值大於 100 ppmV 將進行活性碳更換。	7.2.3 節/ P.7-38
(十四) 另表 9.2-1 之污水廠放流水除應低於地下水污染管制標準外，並應同時符合放流水管制標準，相同之管制項目有不同管制限值者，應符合較嚴之限值標準。	感謝委員意見，遵照辦理。	9.2 節/ P.9-8
(十五) 10.1 節及 10.2 節中，監測時機包含整治初期或整治系統試運轉初期，然本場址現階段應非上列階段，請修正。	感謝委員意見，遵照辦理。	10.1 節、 10.2 節/ P.10-2~3
(十六) 後續本局將於場址改善完成後進行驗證作業，若驗證結果超過地下水監測標準，則將持續進行地下水定期監測作業直至污染物濃度低於地下水監測標準；若本局監測期間發現有超過地下水污染管制標準之情形，將重新列管為場址。	感謝委員意見，遵照辦理。	—

「惠光股份有限公司地下水污染整治計畫」

整治進度促進研商會審查意見回覆

會議日期：111 年 8 月 12 日

一、 吳委員庭年

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 本場址採 DPE 操作，故能耗較高，建議宜採間歇性操作，視抽出尾氣 PID 測值再行啟動，以達節能操作。	感謝委員意見，目前 DPE 操作僅以抽水的方式來加強藥劑傳輸，已無大範圍操作，後續因較無淺層污染問題，會將 DPE 改為抽水操作來移除純相污染物與加強藥劑傳輸。	—
(二) 目前增加 ISCO 操作，建議灌注方式以少量多次，採最適位置與最適量灌注，以節約藥劑使用量。	感謝委員意見，本計畫化學氧化操作採低濃度多批次注藥作業，每口每批次注入 2m^3 0.05M(1.25%)過硫酸鈉，並搭配抽水來增加水力坡降、加強藥劑傳輸，提升污染整治成效。	7.2.4 節/ P.7-41~43
(三) 近期 MIP 調查結果，發現特化廠及造粒廠地下 8~12m 可能有氯苯純相，改善方式宜採定深抽除方式移除 DNAPL pool 污染源，必要時搭配土壤加熱粉粘土層，加強氯苯抽除效果。	感謝委員意見，本計畫針對尚有高污染濃度殘留區域，將會先進行定深抽水，優先移除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。氧化劑將使用過硫酸鹽 (Persulfate)，其在現地環境中持續性較一般常見之氧化劑 (如過氧化氫、臭氧) 佳，適用於含水層滲透性不佳之場址，並可獲得較大處理範圍。並可視情況搭配界面活性劑增加 DNAPL 移動性及溶解性，加速氧化劑與污染物反應。	7.1.2 節/ P.7-11
(四) 改善期程將屆，變更整治計畫建議重新建立污染基線，並訂定整治成效查核目標，以定期追蹤改善進度。	感謝委員意見，本計畫針對本場址高污染區 (特化廠及造粒廠西側道路) 之土壤定期監測點位(S02、S03)與地下水定期監測井(MW10-1、MW11-1)，及中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標，評估項目為各點位之主要污染物 (氯苯、甲苯、1,2-二氯乙烷或苯)，如表 14.2-1。	14.2 節/ P.14-9

二、 陳委員士賢

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 針對特化廠如何規劃移除溶於苯之氯苯是重點項目，特別是 7-12 公尺殘留 DNAPL 或純相 DNAPL。	感謝委員意見，本計畫針對尚有高污染濃度殘留區域，將會先進行定深抽水，優先移除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。氧化劑將使用過硫酸鹽 (Persulfate)，其在現地環境中持續性較一般常見之氧化劑 (如過氧化氫、臭氧) 佳，適用於含水層滲透性不佳之場址，並可獲得較大處理範圍。並可視情況搭配界面活性劑增加 DNAPL 移動性及溶解性，加速氧化劑與污染物反應。	7.1.2 節/ P.7-11
(二) 可施作空間有限，如何在特化廠及特化倉庫之間有限空間規劃抽注或加藥是整治計畫重點。	感謝委員意見，本公司協調特化廠與造粒廠生產作業，可暫時移除部分設備，進行高污染區整治井設置作業，整治井設置規劃如圖 7.2-6 所示。	7.2.4 節/ P.7-44
(三) 針對造粒廠亦有空間施作之限制，特別是 AW11 區域整治之規劃。		
(四) 如何避免造粒廠污染範圍延散至廠外空地，請規劃必要之攔阻措施。	感謝委員意見，本計畫注藥方式預計以九宮格(單井抽水，周圍注藥)或排井(上游注藥，下游抽水)方式進行抽注整治作業如圖 7.2-7 所示，防止於注藥過程將污染物往外擴散。並且每半年於造粒廠廠外空地進行地下水定期監測作業，監測廠外地下水污染濃度變化，若有超過地下水管制標準將針對該區進行整治作業。	7.2.4 節/ P.7-45
(五) 目標污染物 1,2-二氯乙烷及氯苯均因溶於苯而滲透至可能深處加深整治困難度，未來好氧環境及氧化工法如何逐漸變成厭氧，會是主要挑戰。	感謝委員意見，本計畫高污染區將以純相抽除、化學氧化法抽注系統整治，必要時搭配界面活性劑整治；中低污染區以好氧生物整治，預計不會採用厭氧生物整治。	7.2.1 節/ P.7-32
(六) 請留意砷可能出現於地下水，請維持定期監測。	感謝委員意見，本計畫將持續針對砷污染區域進行每季定期監測。	9.1.2 節/ P.9-2

三、 吳委員銘志

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 本場址之地質仍屬砂(玢細砂)為主,水文地質滲透性並非屬於不佳應是較差而已(如進度報告 P.1-17 表 1.2-1 及 P.1-43 表 1.2-3 所示),目前所發現污染質團有深至 12m,是否真如所言之 12m 或更深,有必要加以釐清,12m 之深度對水力整治或開挖都有相當難度宜慎重,(簡報第 9 頁)污染質團集中於下部,宜再思考其可能影響因素及必須之開挖深度(簡報第 10 頁)。	感謝委員意見,本計畫於 111 年 7~9 月針對高污染區進行 MIP 探測作業與土壤補充調查作業,高污染區污染深度由 1 公尺至 12 公尺深,最高污染深度為 9~9.5m。因高污染區位於特化廠房內,雖已將設備與結構拆除,但因有高度限制,評估執行深開挖對建物會有沉陷風險,因此僅規劃進行淺層開挖,將水位變化區間污染土壤移除,避免於整治過程中水位上升導致土壤殘留污染物持續滲出情形。並於開挖範圍底部埋設水平注藥井,無法開挖深度採取現地整治,將先抽除(純相)高濃度之污染後,再搭配化學氧化法,以抽注整治方式加速藥劑傳輸與改善成效。	5.2.2 節/ P.5-6~22 7.2.1 節/ P.7-31
(二) 土壤復育規劃中宜加強復育相關之工法設計及流程(簡報第 10、11 頁)之說明。	感謝委員意見,遵照辦理。	7.2.3 節/ P.7-35~41
(三) 開挖的深度及後續在開挖區要設置的生化注劑井的深度須針對場址的地質水文環境特性加以思考與規劃。	感謝委員意見,考量本場址目前主要污染深度位於 9~12 公尺,屬玢土質黏土質地,且於 5~7 公尺有一層厚度約 50~100 公分夾砂層,因此現地整治規劃將進行分層設置 8 公尺(開篩於地表下 2~8 公尺)與 12 公尺(開篩於地表下 9~12 公尺)抽注井,以確保藥劑傳輸成效。	7.2.4 節/ P.7-43
(四) 按報告所規劃,目前及未來之整治規劃重點位於特化廠與造粒廠之間,惟如進度報告 P.1-42 圖 1.2-23 中上圖西北角落之空地與農地間之區塊的地下水中 1,2-二氯乙烷之污染質團整治成果如何?請說明。	感謝委員意見,該區於 103 年 11 月開始進行厭氧生物整治,於注藥 600 天後地下水中 1,2-二氯乙烷已符合管制標準,後續持續每季監測至注藥後 2,250 天均未有再超過管制標準情形。	4.4-3 節/ P.4-91~94

四、 程委員淑芬

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 本場址接下來會針對高污染區進行土壤開挖離場處理，對目標污染物氯苯之離場濃度？如何篩測？	感謝委員意見，土壤復育完成後將每 100 立方公尺執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目與氯苯，分析結果 VOCs 需低於土壤污染管制標準值二分之一，氯苯需小於 75mg/kg。	12.2 節/ P.12-4
(二) 如何避免建物下方高濃度污染物持續擴散？建議思考隔離分區整治，將污染物侷限在建物下方。	感謝委員意見，本公司協調廠內生產作業，可暫時拆除部分設備、結構物後，可於高污染區設置整治井，進行積極整治作業(土壤開挖、純相抽除及化學氧化抽注系統)，整治井設置規劃如圖 7.2-6 所示。注藥方式預計以九宮格(單井抽水，周圍注藥)或排井(上游注藥，下游抽水)方式進行抽注整治作業如圖 7.2-7 所示，防止於注藥過程污染物往外擴散。	7.2.4 節/ P.7-44~45
(三) 後續擬採取熱活化 ISCO，請做好污染擴散防堵措施，避免污染擴散。		
(四) 氯苯 < 75 mg/kg 視為復育完成土方，75 mg/kg 如何估算？	感謝委員意見，本計畫參考 102 年 12 月 16 日行政院環保署預告「土壤污染管制標準」修正草案中，有增訂氯苯土壤污染管制標準為 150mg/kg，因此以此標準二分之一做為土壤中氯苯管控標準。	—
(五) 開挖範圍與深度明顯無法涵蓋整個高污染區。	感謝委員意見，高污染區位於特化廠房內，目前已將設備與結構拆除，但因有高度限制，評估執行深開挖對建物會有沉陷風險，因此僅規劃進行淺層開挖，將水位變化區間污染土壤移除，避免於整治過程中水位上升導致土壤殘留污染物持續滲出情形。並於開挖範圍底部埋設水平注藥井，無法開挖深度採取現地整治，將先抽除(純相)高濃度之污染後，再搭配化學氧化法，以抽注整治方式加速藥劑傳輸與改善成效。	7.2.1 節/ P.7-31

臺南市政府環境保護局

委員意見	意見回覆	章節/頁次
(一) 貴公司執行場址整治時，請依核定之整治計畫據以實施，倘執行之項目涉及變更時，應於執行前，提出整治計畫變更之申請，經本局核定後始得實施。	感謝委員意見，遵照辦理。	—
(二) 貴公司所提送之整治計畫改善期程將屆，請依本次會議委員意見重新評估未來改善工法、期程及查核點之目標。	感謝委員意見，遵照辦理。	—

目 錄

	頁次
第一章、計畫提出者、撰寫者及執行者資料	1-1
第二章、計畫大綱.....	2-1
第三章、場址基本資料.....	3-1
3.1 場址公告資料.....	3-1
3.2 場址名稱、地址、地號或位置及污染行為人與污染土地關係人資料...	3-7
3.3 場址營運狀況.....	3-11
3.3.1 營運狀況與沿革	3-11
3.3.2 廠區配置	3-15
3.3.3 場址內污染來源	3-19
第四章、場址現況及污染情形	4-1
4.1 場址現況.....	4-1
4.2 場址環境特性.....	4-4
4.2.1 氣候	4-4
4.2.2 地形地貌	4-4
4.2.3 地質	4-5
4.2.4 土壤及通氣帶	4-6
4.2.5 地表水文	4-8
4.2.6 場址水文地質	4-9
4.2.7 場址地下水流向	4-17
4.3 曾實施之調查與措施.....	4-25
4.3.1 環保署調查結果	4-25
4.3.2 臺南市環保局調查結果	4-37
4.3.3 場址之應變措施	4-37

	頁次
4.4 場址之污染情形.....	4-38
4.4.1 調查及評估計畫結果.....	4-38
4.4.2 整治前土壤及地下水污染補充調查結果.....	4-53
4.4.3 污染情形綜合評析.....	4-70
4.5 已執行整治成果(102 年 4 月~111 年 06 月).....	4-72
4.5.1 雙相抽取法操作成果.....	4-78
4.5.2 化學氧化法操作成果.....	4-87
4.5.3 現地生物法操作成果.....	4-91
4.5.4 土壤及地下水定期監測結果.....	4-101
4.5.5 已執行成果綜合評析.....	4-109
第五章、污染物、污染範圍及污染程度.....	5-1
5.1 標的污染物及其特性.....	5-1
5.1.1 污染物物理、化學及危害特性.....	5-1
5.1.2 污染物地下環境分布特性.....	5-2
5.2 污染範圍及污染程度.....	5-6
5.2.1 薄膜介面(MIP)調查結果.....	5-6
5.2.2 土壤污染調查評估與污染現況.....	5-12
5.2.3 地下水污染調查評估與污染現況.....	5-22
5.2.4 污染場址概念模型.....	5-31
第六章、整治目標.....	6-1
第七章、整治方法.....	7-1
7.1 整治篩選方法說明.....	7-1
7.1.1 整治方法概述.....	7-1
7.1.2 可行整治方法篩選.....	7-2
7.1.3 整治技術說明與案例介紹.....	7-13

	頁次
7.1.3.1 開挖法	7-13
7.1.3.2 抽出處理	7-15
7.1.3.3 現地化學氧化法	7-18
7.1.3.4 現地生物處理法	7-24
7.2 整治方法細部規劃	7-31
7.2.1 整治方法執行流程與處理區域劃分	7-31
7.2.2 處理土方量及污染地下水量估算	7-34
7.2.3 污染土壤開挖作業	7-35
7.2.4 化學氧化法抽注系統	7-42
7.2.5 抽出水與廢氣處理	7-48
7.2.6 生物整治法整治作業	7-51
7.2.7 界面活性劑沖排法(替代工法)	7-54
7.3 綠色及永續導向型整治(GSR)評估	7-58
7.3.1 綠色永續型整治	7-58
7.3.2 最佳管理措施(BMPs)	7-61
第八章、整治後之土地使用方式	8-1
8.1 目前污染場址土地使用情況	8-1
8.2 目前污染場址鄰近土地使用情況	8-1
8.3 場址土地未來使用情形之描述	8-2
第九章、污染監測計畫	9-1
9.1 場址污染監測計畫	9-1
9.1.1 土壤定期監測	9-1
9.1.2 地下水定期監測	9-2
9.2 場址環境監測計畫	9-8
9.3 解除列管後之持續定期監測計畫	9-9

	頁次
第十章、污染防治計畫.....	10-1
10.1 空氣污染防治	10-2
10.2 水污染防治	10-3
10.3 噪音污染防治	10-4
第十一章、場址安全衛生計畫	11-1
11.1 場址危害性評估	11-1
11.2 人員防護裝備	11-2
11.3 施工圍籬架設及標示	11-2
11.4 環境維護及綠美化設施	11-2
11.5 緊急應變計畫	11-2
第十二章、整治完成之自行驗證方式及採樣檢測規劃	12-1
12.1 自行驗證標的污染物及目標	12-1
12.2 自行驗證方式與土壤、地下水採樣檢測規劃	12-1
第十三章、整治經費預估	13-1
13.1 整治經費推估	13-1
13.2 整治經費來源	13-1
第十四章、整治期程.....	14-1
14.1 整治期程規劃	14-1
14.2 整治預計達成目標	14-5
第十五章、其他經主管機關指定之事項	15-1
15.1 簽證技師姓名及執業執照字號	15-1
15.2 主管機關指定事項	15-1
第十六章、參考資料.....	16-1

附件：

- 附件一、整治計畫執行與撰寫者基本資料
- 附件二、相關往來函文
- 附件三、本場址地籍資料
- 附件四、調查及評估計畫
- 附件五、東側倉庫鑽探資料
- 附件六、補充調查粒徑分析結果
- 附件七、整治前與定期監測補充調查土壤檢測報告
- 附件八、整治前與定期監測地下水檢測報告
- 附件九、惠光股份有限公司水污染防治許可證
- 附件十、土壤補充調查檢測報告
- 附件十一、地下水補充調查檢測報告
- 附件十二、物質安全資料表
- 附件十三、技師簽證工作底稿及簽證報告
- 附件十四、整治計畫書歷次審查意見回覆

圖目錄

頁次

圖 3.2-1 本場址地籍套繪圖(舊)	3-8
圖 3.2-2 本場址地籍套繪圖(107 年重測)	3-9
圖 3.3-1 殺蟲劑製程程序	3-12
圖 3.3-2 殺菌劑製程程序	3-13
圖 3.3-3 除草劑製程程序	3-14
圖 3.3-4 場址配置圖	3-16
圖 3.3-5 場址現場照片	3-17
圖 3.3-6 場址過去暫存坑與截流溝配置	3-20
圖 3.3-7 場址污染來源與整修情形	3-21
圖 4.1-1 本場址周遭都市計畫分區圖	4-1
圖 4.1-2 本場址周圍 1 公里居民分布圖	4-2
圖 4.1-3 環境敏感區分布	4-3
圖 4.2-1 麻豆區地形分布圖	4-5
圖 4.2-2 麻豆區域地質分布圖	4-6
圖 4.2-3 麻豆區土系分布圖	4-7
圖 4.2-4 麻豆區土壤分布圖	4-7
圖 4.2-5 麻豆區地表水文	4-8
圖 4.2-6 補充調查地質鑽探調查點位	4-11
圖 4.2-7 補充調查地質鑽探照片	4-14
圖 4.2-8 地質分布剖面圖	4-16
圖 4.2-9 100 年地下水流向示意圖	4-19
圖 4.2-10 地下水位長期監測點位	4-20
圖 4.2-11 地下水位長期監測結果	4-21

	頁次
圖 4.2-12 地下水位長期監測現場照片	4-22
圖 4.2-13 補充調查單井流速流向測量現場照片	4-24
圖 4.3-1 環保署調查點位圖	4-27
圖 4.3-2 造粒廠南側 (L-01) 地電阻法探測成果	4-29
圖 4.3-3 特化倉庫東側 (L-02) 地電阻法探測成果	4-29
圖 4.3-4 特化廠與儲槽區間 (L-03) 地電阻法探測成果	4-30
圖 4.3-5 農化廠與造粒廠間 (L-04) 地電阻法探測成果	4-30
圖 4.3-6 造粒廠及特化廠東側 (L-05) 地電阻法探測成果	4-31
圖 4.3-7 特化廠製程溝沿線 (L-06) 地電阻法探測成果	4-31
圖 4.3-8 環保局調查點位	4-36
圖 4.4-1 調查及評估計畫 MIP 探測點位	4-40
圖 4.4-2 調查及評估計畫 MIP 探測點 FID/XSD 訊號 (1/2)	4-41
圖 4.4-3 調查及評估計畫 MIP-XSD 各深度剖面訊號強度分布情形	4-43
圖 4.4-4 調查及評估計畫 MIP-FID 及 MIP-XSD 剖面訊號強度分布情形	4-44
圖 4.4-5 調查及評估計畫(100 年)土壤採樣點位	4-45
圖 4.4-6 調查及評估計畫(100 年)地下水採樣點位	4-48
圖 4.4-7 土壤及地下水補充調查點位圖(101 年 6 月、102 年 1 月)	4-57
圖 4.4-8 補充調查土壤重金屬調查點位圖 (102 年 9 月)	4-58
圖 4.4-9 補充調查土壤及地下水採樣照片	4-59
圖 4.4-10 歷次土壤調查結果彙整	4-61
圖 4.4-11 地下水補充調查點位 (102 年 8 月)	4-62
圖 4.4-12 地下水補充調查點位 (102 年 12 月)	4-63
圖 4.4-13 地下水污染物分布圖(102 年 12 月)	4-68
圖 4.4-14 地下水砷污染物分布圖(106 年 4、5 月)	4-69
圖 4.5-1 整治方法執行流程	4-73

	頁次
圖 4.5-2 全場整治分區示意圖(前期)	4-74
圖 4.5-3 全場整治分區示意圖(後期)	4-75
圖 4.5-4 DPE 整治井分布與設置深度(103 年).....	4-81
圖 4.5-5 DPE 整治井位及系統分組圖	4-82
圖 4.5-6 DPE 整治井與高污染區域分布圖	4-83
圖 4.5-7 造粒廠旁道路區加密抽除井配置圖	4-84
圖 4.5-8 特化廠旁道路區加密抽除井配置圖	4-84
圖 4.5-9 DPE 抽出污染物累計移除量評估.....	4-85
圖 4.5-10 DPE 操作區域地下水流場示意圖	4-86
圖 4.5-11 DPE 井操作區域分佈圖	4-88
圖 4.5-12 DPE 搭配化學注藥水質與污染濃度變化趨勢(特化廠).....	4-89
圖 4.5-13 DPE 搭配化學注藥水質與污染濃度變化趨勢(造粒廠).....	4-90
圖 4.5-14 場外生物整治井及監測井分布圖	4-93
圖 4.5-15 場外生物整治歷次成效監測變化圖(103~110 年)	4-94
圖 4.5-16 場內上游生物整治污染濃度變化圖	4-96
圖 4.5-17 生物整治井位分布圖	4-98
圖 4.5-18 好氧生物整治基本水質變化趨勢圖	4-99
圖 4.5-19 好氧生物整治氯苯濃度變化趨勢	4-100
圖 4.5-20 歷次土壤檢測結果	4-104
圖 4.5-21 土壤氣體現場篩測濃度變化	4-105
圖 4.5-22 地下水定期監測點位與整治分區圖	4-106
圖 4.5-23 本場址歷次標準監測井地下水定期監測曲線圖	4-107
圖 4.5-24 污染團周界地下水監測點位及歷次氯苯濃度變化圖	4-108
圖 4.5-25 地下水污染物不同深度污染面積與污染量削減百分比	4-111
圖 4.5-26 不同整治工法之地下水氯苯降解反應速率常數	4-112

頁次

圖 5.1-1 LNAPL 於地下環境移動路徑示意圖	5-2
圖 5.1-2 DNAPL 於地下環境移動路徑示意圖	5-4
圖 5.1-3 不同 Eh 及 pH 值時水中砷物種 (25°C、1atm)	5-5
圖 5.2-1 111 年 MIP 調查點位	5-7
圖 5.2-2 111 年 MIP 探測點 FID/XSD 訊號(1/2).....	5-8
圖 5.2-3 111 年 MIP-FID 污染範圍推估圖	5-10
圖 5.2-4 111 年 MIP-XSD 污染範圍推估圖	5-11
圖 5.2-5 土壤補充調查點位(111 年 9 月)	5-13
圖 5.2-6 土壤(1~4 公尺)污染範圍(111 年 9 月).....	5-19
圖 5.2-7 土壤(4~8 公尺)污染範圍(111 年 9 月).....	5-20
圖 5.2-8 土壤(8~12 公尺)污染範圍(111 年 9 月).....	5-21
圖 5.2-9 地下水監測井叢位置圖	5-23
圖 5.2-10 地下水(1~4 公尺)污染濃度分布圖	5-28
圖 5.2-11 地下水(5~8 公尺)污染濃度分布圖	5-29
圖 5.2-12 地下水(9~12 公尺)污染濃度分布圖	5-30
圖 5.2-13 地質概念模型圖(由東往西側視圖)	5-32
圖 5.2-14 土壤污染概念模型圖	5-33
圖 5.2-15 地下水污染概念模型	5-34
圖 7.1-1 本場址不同深度地下水之污染分布圖	7-4
圖 7.1-2 生物堆法處理示意圖	7-14
圖 7.1-3 抽出處理法捕捉區概念圖	7-15
圖 7.1-4 抽出處理法操作概念圖	7-16
圖 7.1-5 ISCO 過硫酸鹽活化方式評估流程	7-19
圖 7.1-6 ISCO 過硫酸鹽活化方式建議	7-20
圖 7.1-7 ISCO 搭配抽水處理操作示意圖	7-21

	頁次
圖 7.1-8 緩釋化學氧化棒攔阻污染物示意圖	7-21
圖 7.1-9 國外某場址化學氧化整治之注藥及抽水井位	7-22
圖 7.1-10 國外某場址化學氧化整治之污染分布及監測井井位	7-23
圖 7.1-11 國外某場址緩釋化學氧化棒設置分布圖	7-23
圖 7.1-12 六氯苯厭氧還原脫氯途徑	7-25
圖 7.1-13 氯苯好氧降解途徑	7-27
圖 7.1-14 國外某場址之三氯乙烯及氯苯污染分布及監測井井位	7-30
圖 7.2-1 整治方法執行流程	7-32
圖 7.2-2 本場址污染處理區域劃分	7-33
圖 7.2-3 土壤污染開挖範圍	7-36
圖 7.2-4 污染土壤開挖區與復育區位置圖	7-37
圖 7.2-5 土壤復育場預計配置圖	7-39
圖 7.2-6 高污染區整治井分佈圖	7-44
圖 7.2-7 化學氧化法抽注系統操作規劃	7-45
圖 7.2-8 抽水搭配 ISCO 處理操作示意圖	7-47
圖 7.2-9 化學氧化注藥系統現場照片	7-47
圖 7.2-10 污水廠處理單元	7-49
圖 7.2-11 抽出水與廢氣處理流程	7-50
圖 7.2-12 生物整治井系統現場照片	7-52
圖 7.2-13 生物整治井配置圖	7-53
圖 7.2-14 界面活性劑微胞基本結構特性圖	7-55
圖 7.2-15 界面活性劑沖排操作概念圖	7-55
圖 7.3-1 土壤及地下水整治方案 GSR 評比結果	7-59
圖 7.3-2 土壤及地下水整治方案環境足跡比較	7-59
圖 7.3-3 整治方案一環境足跡排放量比較	7-60

頁次

圖 7.3-4 整治方案二環境足跡排放量比較	7-61
圖 8.2-1 本場址周圍 1 公里都市計畫分區圖	8-1
圖 8.2-2 本場址周圍 1 公里居民分布圖	8-2
圖 9.1-1 土壤定期監測點	9-4
圖 9.1-2 地下水定期監測點	9-5
圖 9.1-3 周界地下水監測點	9-6
圖 9.1-4 地下水井叢監測點	9-7
圖 11-1 意外及緊急事件通報流程	11-3
圖 12.2-1 土壤驗證點位	12-2
圖 12.2-2 地下水驗證點位	12-3
圖 14.2-1 土壤整治達成目標查核點位	14-7
圖 14.2-2 地下水整治達成目標查核點位	14-8
圖 14.2-3 化學氧化法一階反應速率	14-11
圖 14.2-4 生物整治(好氧)一階反應速率	14-11

表目錄

頁次

表 2-1 整治計畫大綱及內容概述	2-1
表 2-2 污染整治計畫摘要表	2-3
表 2-3 本場址大事紀摘要表	2-4
表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整	3-2
表 3.2-1 本場址地籍圖重測前後資料對照表	3-10
表 3.2-2 惠光股份有限公司負責人基本資料表	3-10
表 3.3-1 本場址各廠房之用途	3-15
表 3.3-2 本場址主要製程廠房之運作情形	3-15
表 4.2-1 補充調查地質鑽探記錄 (1/2)	4-12
表 4.2-2 補充調查土壤粒徑分析結果	4-15
表 4.2-3 微水試驗結果彙整	4-17
表 4.2-4 地下水位歷次監測結果彙整	4-18
表 4.2-5 補充調查單井流速流向測量結果彙整	4-23
表 4.3-1 環保署調查結果摘要表	4-28
表 4.3-2 環保署土壤分析數據彙整	4-32
表 4.3-3 環保署簡易井地下水分析數據彙整	4-33
表 4.3-4 環保署監測井地下水分析數據彙整	4-34
表 4.4-1 調查及評估計畫(100 年)土壤分析數據彙整 (第一階段)	4-46
表 4.4-2 調查及評估計畫(100 年)土壤分析數據彙整 (第二階段)	4-47
表 4.4-3 調查及評估計畫(100 年)地下水分析數據彙整 (第一階段)	4-49
表 4.4-4 調查及評估計畫(100 年)地下水分析數據彙整 (第二階段)	4-50
表 4.4-5 調查及評估計畫(100 年)監測井地下水分析數據彙整	4-51
表 4.4-6 調查及評估計畫(100 年)監測井分層採樣分析數據彙整	4-52

頁次

表 4.4-7 補充調查土壤鑽探與設井深度	4-56
表 4.4-8 補充調查土壤分析數據彙整 (101 年 6 月)	4-60
表 4.4-9 補充調查土壤八項重金屬分析數據彙整 (102 年 9 月)	4-60
表 4.4-10 補充調查地下水分析數據彙整 (102 年 1 月)	4-64
表 4.4-11 補充調查地下水分析數據彙整 (102 年 8、9 月)	4-65
表 4.4-12 補充調查地下水分析數據彙整 (102 年 12 月)	4-66
表 4.4-13 補充調查地下水砷分析結果彙整 (106 年 4、5 月)	4-67
表 4.5-1 已執行工作內容與執行成果彙整表	4-76
表 4.5-2 雙相抽取法工作大事記	4-78
表 4.5-3 生物整治法工作大事記	4-91
表 4.5-4 好氧生物整治水質與微生物基因分析結果	4-100
表 4.5-5 好氧生物整治氯苯濃度分析結果	4-100
表 4.5-6 地下水污染物不同深度污染面積與污染量削減率計算	4-110
表 5.1-1 本場址污染物物理化學性質表	5-1
表 5.2-1 土壤補充調查篩測數據彙整(111 年 9 月)	5-14
表 5.2-2 土壤補充調查檢測結果(111 年 9 月)	5-17
表 5.2-3 分層地下水補充調查比較結果	5-22
表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果	5-24
表 6-1 土壤及地下水整治目標	6-1
表 7.1-1 各類土壤污染物適用之整治技術	7-6
表 7.1-2 土壤整治技術初步評估	7-7
表 7.1-3 各類地下水污染物適用之整治技術	7-8
表 7.1-4 各類地下水整治技術初步評估	7-9
表 7.1-5 本場址污染物及環境特性與整治技術初步篩選對照表	7-10
表 7.1-6 本場址土壤整治技術篩選說明	7-12

	頁次
表 7.1-7 本場址地下水整治技術篩選說明	7-12
表 7.1-8 本場址開挖法應用執行方式	7-13
表 7.1-9 本場址抽出處理法應用執行方式	7-16
表 7.1-10 ISCO 法常用氧化劑之基本資料	7-19
表 7.1-11 常用氧化劑的反應速度與傳輸距離之比較	7-19
表 7.1-12 本場址現地化學氧化法應用執行方式	7-20
表 7.1-13 本場址現地生物處理應用執行方式	7-29
表 7.2-1 開挖區污染土方平衡表	7-37
表 7.2-2 台南市土石方資源堆置處理場廠商名單	7-41
表 7.2-3 常見界面活性劑之基本資料	7-56
表 7.2-4 本場址界面活性劑沖排應用執行方式	7-57
表 7.3-1 最佳管理措施與 GSR 評估核心原則執行狀況表(1/2)	7-62
表 9.2-1 整治期間環境監測規劃	9-8
表 10-1 污染防治規劃	10-1
表 11-1 場址鄰近環保及醫療、警察、消防資源	11-3
表 11-2 各級負責人安全衛生權責表	11-4
表 13.1-1 計畫變更後全場整治費用估算	13-2
表 14.1-1 計畫整治期程-變更前	14-2
表 14.1-2 計畫整治期程-變更後	14-4
表 14.1-3 本計畫查核點規劃	14-5
表 14.2-1 本計畫查核點最近監測結果	14-9
表 14.2-2 本計畫土壤及地下水整治年度污染消減預計達成目標	14-10
表 15-1 本計畫簽證技師資料	15-1

檢核表

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

污染整治計畫檢核表

項次	檢核項目	應撰寫資料內容	對應頁次	應檢附 附件
一.	計畫提出者、撰寫者及執行者資料	☒ (一) 計畫提出者 ☒ (二) 計畫撰寫者 ☒ (三) 計畫執行者		☒ 計畫提出者、撰寫者、執行者之撰寫委託書或合約書影本、公司登記證明(含營業項目)影本、經驗與實績、負責人資料、專案經理人履歷 ☐ 中央主管機關許可之檢驗測定機構及許可項目影本
二.	計畫大綱	摘要表列： ☒ (一) 場址名稱、地址、地號及現況 ☒ (二) 污染物、污染範圍及污染程度 ☒ (三) 污染整治目標及方法 ☒ (四) 計畫執行期程 ☒ (五) 自行驗證方式及採樣檢測規劃 ☒ (六) 預估經費		
三.	場址基本資料	☒ (一) 場址公告資料 ☒ (二) 場址名稱、地址、地號或位置及污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人資料 ☒ (三) 場址沿革、目前營運狀況及運作歷史		☒ 場址公告列管函文影本
四.	場址現況及污染情形	☒ (一) 場址現況 ☒ (二) 場址環境特性 ☒ (三) 場址曾實施之調查與措施 ☒ (四) 污染情形概述		☒ 場址曾實施之調查與措施相關之報告;或中央主管機關認證實驗室出具土壤、地下水檢驗數據影本 ☒ 依土壤及地下水污染整治法(下稱土污法)第十四條第一項所提土壤、地下水調查及評估計畫之主管機關核定函影本
五.	污染物、污染範圍及污染程度	☒ (一) 標的污染物及其特性 ☒ (二) 污染範圍及污染程度		

六.	整治目標	☒ (一) 整治目標 ☒ (二) 整治目標研擬說明		
七.	整治方法	☒ (一) 污染整治規劃流程 ☒ (二) 整治方法說明 ☐ (三) 採離場處理者，應說明土壤離場之處理方式與設施及管制措施 ☐ (四) 確認土壤離場處理相關內容，是否符合廢棄物清理法相關規定 ☒ (五) 採注入物質於土壤或地下水者，應說明注入物質及水文地質等相關資料		☐ 採離場處理者，應檢附離場處理單位同意收受進場同意書。 ☐ 中央主管機關核定整治目標相關文件，包括核定風險評估報告、核定公文等。
八.	整治後之土地使用方式	☒ (一) 目前污染場址土地使用情況。 ☒ (二) 目前污染場址鄰近或周遭土地使用狀況。 ☒ (三) 場址土地未來使用情形之描述。		
九.	污染監測方式	☒ (一) 場址污染物濃度監測計畫 ☒ (二) 環境監測計畫 ☒ (三) 解除列管後之持續定期監測計畫		
十.	清理或污染防治	☒ (一) 土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出之方式、預估數量及管制措施。 ☐ (二) 涉及土壤回填者，應包含回填土來源及品質管控方法。 ☒ (三) 污染防治對策：空氣、水、噪音與振動、廢棄物		☐ 如涉及廢棄物清理，另應依廢棄物清理法規定檢具清理計畫書 ☐ 依土污法第十九條第一項規定所檢具清理或污染防治計畫書，得另依本撰寫指引規定撰寫成冊，作為附件
十一.	場址安全衛生管理	☒ (一) 場址危害性評估 ☒ (二) 人員防護裝備 ☒ (三) 施工圍籬架設及標示 ☒ (四) 環境維護及綠美化設施 ☒ (五) 緊急應變計畫		
十二.	整治完成之自行驗證方式及採樣檢測規劃	☒ (一) 自行驗證標的污染物及目標 ☒ (二) 自行驗證方式 ☒ (三) 土壤、地下水採樣檢測規劃		
十三.	經費預估	☒ (一) 污染調查費用 ☒ (二) 污染整治費用		

		☒ (三) 污染監測費用 ☒ (四) 自行驗證之土壤、地下水採樣檢測費用 ☒ (五) 相關報告撰寫及技師簽證費用 ☒ (六) 其他費用		
十四.	整治期程	☒ (一) 整治計畫執行進度查核點 ☒ (二) 預估達整治目標之期程評估機制 ☒ (三) 設備實際操作與運作時間		
十五.	其他主管機關指定之事項	☒ (一) 簽證技師姓名及執業證照字號 ☒ (二) 確認是否有主管機關指定持續管制場址土地相關活動及利用行為 ☒ (三) 確認是否將風險管理方式及控制計畫納入整治計畫附件 ☒ (四) 依個案場址實際情形，須回應或說明本撰寫指引所列主管機關指定事項		☒ 簽證技師證書影本 ☒ 技師簽證報告 ☒ 技師簽證工作底稿 ☐ 風險管理方式及控制計畫(依本法第二十四條第七項經主管機關要求所提出者)
十六.	參考資料	☒ 參考文獻及相關重要資料說明		

計畫提出者、撰寫者及執行者資料 **1**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

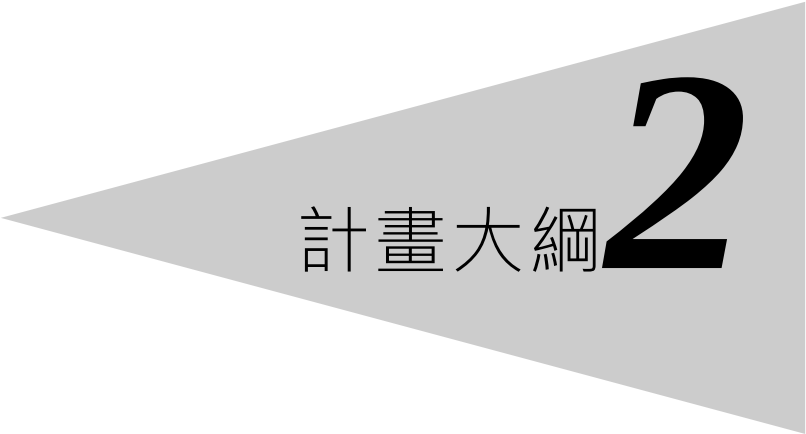
第一章 計畫提出者、撰寫者及執行者資料

計畫提出	名稱	惠光股份有限公司			
	地址	臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段 259 號			
	電話	(06)570-2181	傳真	(06)570-0065	
	負責人	姓名	陳冠華	性別	男
		現職	董事長		
		聯絡地址	臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段 259 號		
		聯絡電話	(06)570-2181	傳真	(06)570-0065

計畫執行者與撰寫者

名	稱	富立業工程顧問股份有限公司			
地	址	臺中市西屯區福中二街 16 巷 17 號			
電	話	(04)2358-5953		傳真	(04)2350-2618
營利事業統一編號		89504546			
負 責 人	姓 名	周奮興	性 別	男	
	現 職	總經理			
	聯絡地址	臺中市西屯區福中二街 16 巷 17 號			
	聯絡電話	(04)2358-5953	傳 真	(04)2350-2618	
專案經理人	姓 名	黃國典	性 別	男	
	現 職	副理			
	聯絡地址	臺南市仁德區文心路 11 巷 28 號			
	聯絡電話	(06)249-6770	傳 真	(06)249-8911	

備註：計畫執行者與撰寫者基本資料詳附件一



計畫大綱2

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第二章 計畫大綱

本計畫大綱表列說明於表2-1，詳細內容請參閱各章節說明，污染整治計畫摘要如表2-2所示，場址大事紀彙整如表2-3。

表2-1整治計畫大綱及內容概述

項目	內容	對應 章節
計畫提出者、撰寫者及執行者資料	◎ 計畫提出：惠光股份有限公司 ◎ 計畫執行者與撰寫者：富立業工程顧問股份有限公司	第一章
場址名稱、地址及地號	◎ 場址名稱：惠光股份有限公司 ◎ 場址地址：臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段 259 號 ◎ 場址地號：麻豆區新樓段 671、672、668、667、855、857、840、839、693、837、835、696、698、838、836、845、843 等 17 筆地號。 ◎ 地下水污染管制區：共 18 筆地號，包括上述場址 17 筆地號，以及西側農地之 814 地號。 ◎ 場址現況：營運中。	第三章
污染物、污染範圍及污染程度	◎ 土壤污染物：苯、1,2-二氯乙烷濃度偏高，氯苯雖未被列為土壤管制污染物，但氯苯濃度最高為 627 mg/kg。 ◎ 土壤污染區域：特化廠及造粒廠房內與周邊道路上 ◎ 地下水污染物：苯、甲苯、氯乙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烷、氯苯及重金屬砷。 ◎ 地下水污染區域：氯苯污染範圍最大，造粒廠、特化廠及其下游區域至場外邊界均有污染之情形，其餘污染物污染範圍主要位於造粒廠、特化廠及其西側道路。 ◎ 土壤及地下水污染深度：地表下 1~12 公尺。	第四章 第五章
污染整治目標及方法	◎ 土壤污染管制標準及地下水第二類污染管制標準為整治目標，主要標的污染物土壤為苯及 1,2-二氯乙烷，地下水為苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烷、氯乙烷、砷及可能之相關副產物（如二氯乙烷）。 ◎ 土壤及地下水污染整治方法： • 高污染區：土壤開挖、純相抽除、化學氧化抽注系統。 • 中低污染區：現地生物處理	第六章 第七章

項目	內容	對應 章節
整治後之土地 使用方式	◎ 整治完成後土地仍為既有工廠使用	第八章
污 染 監 測 方 式	◎ 土壤定期監測：每半年 3 點，採樣深度 12 公尺，分析項目 VOCs 及氯苯。 ◎ 地下水定期監測：污染區每季 5 口(污染源區新增 2 口 12 公尺監測井)，分析項目為 VOCs、總酚、MW10-1 加測重金屬砷；污染周界每半年至少 5 口，分析項目為 VOCs。 ◎ 污染成效監測：每半年依據當下污染範圍挑選周界監測井與不同深度井叢進行 VOCs 法規管制項目或採用攜帶式氣相層析儀分析地下水中氯苯污染濃度。 ◎ 環境品質監測：抽注系統尾氣、土壤復育區尾氣、開挖區與復育區周界空氣、污水廠放流水、勞工作業與周界環境空氣及噪音 ◎ 解列後監測：執行 2 年，土壤監測每半年 3 點，地下水監測每半年 5 口(同污染區定期監測)，分析項目均與定期監測相同。	第九章
自 行 驗 證 規 劃	委託環檢所認可之檢測分析機構，依環檢所公告方法執行土壤及地下水自行驗證。 ◎ 土壤自行驗證：10 點，採樣深度 12 公尺，分析項目 VOCs。 ◎ 地下水自行驗證：9 口，分析項目為 VOCs、五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚，另 MW10-1 加測重金屬砷。	第十二 章
整 治 經 費 預 估	◎ 土壤及地下水污染整治經費，費用為 49,400,000 元。	第十三 章
計 畫 執 行 期 程	◎ 計畫執行期程展延 5 年至 117 年 3 月，111 年 12 月至 116 年 12 月為整治作業操作，整治期間執行定期成效與環境監測，每半年提交執行進度報告至地方主管機關。	第十四 章

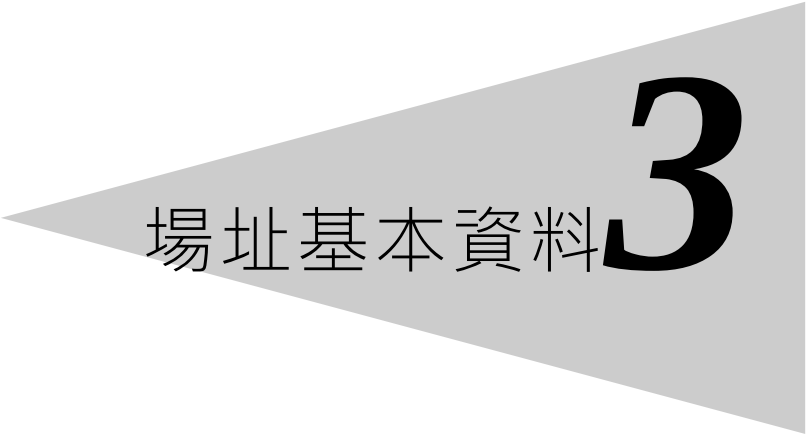
表 2-2 污染整治計畫摘要表

污染整治計畫摘要表				
場址基本資料				
污染場址類型	☐ 農地 ☐ 加油站 ☐ 儲槽 ☐ 非法棄置 ☐ 其他 ☒ 工廠		填寫日期	111.11.8
場址名稱	惠光化學股份有限公司（已更改名稱為惠光股份有限公司）			
主管機關	臺南市環保局	場址代碼	R10188	
污染類型	☒ 土壤 ☒ 地下水	經費來源	☐ 土污基金 ☒ 污染行為人自行辦理 ☐ 其他	
場址公告日期	100 年 9 月 13 日，公告字號：環署土字第 1000079051 號			
計畫執行期程	核定日期（112 年 4 月 1 日）至 117 年 3 月 31 日，共計 5 年	整治計畫執行經費（元）	49,400,000 元	
場址污染情形				
污染範圍 （可依不同污染物污染情況分述，自行調整）	污染場址面積：42,762 (m ²)			
	土壤污染範圍面積：489 (m ²)			
	土壤污染平均深度：8 (m)；可概估			
	土壤污染體積：4,039 (m ³)；可概估			
	地下水污染範圍面積：2,257 (m ²)			
	地下水污染平均深度：3 (m)；可概估			
地下水污染體積：6,987 (m ³)；可概估				
污染類型	土壤（土壤污染情形）		地下水（地下水污染情形）	
超過管制值之 污染物	污染物種類	最高濃度 (mg/kg，戴奧辛 單位：奈克-毒性 當量/公斤)	污染物種類	最高濃度 (mg/L)
	-	-	1,2-二氯乙烷	2.2
	-	-	苯	36.8
	-	-	氯乙烯	0.2
	-	-	氯苯	197
	-	-	甲苯	26.8

◎ 註：氯苯雖未被列為土壤管制污染物，但土壤中氯苯濃度異常偏高，本計畫納入土壤污染範圍計算。

表 2-3 本場址大事紀摘要表

日期	主要事項
71年	成立惠光化學股份有限公司
72年	建廠
99年	環保署進場調查、查證
100.06.03	公告為土壤、地下水污染管制區及控制場址
100.06.22	核定應變必要措施計畫
100.09.13	公告為地下水污染整治場址
101.01.20	核定調查及評估計畫
102.04.01	核定本整治計畫
102.04	啟動雙相抽取法現地試驗、化學氧化與生物厭氧實驗室測試
102.09	啟動生物現地試驗
103.09	啟動全場雙相抽取法操作
103.11	完成邊界整治牆設置與啟動執行場外生物法操作
104.06	完成場外生物操作第二次注藥作業
105.02	發現高污染區有純相污染物存在並進行純相回收作業
105.12	完成場外生物操作第三次注藥作業
106.06	提送地下水砷污染調查成果暨污染改善計畫
106.09	提送第一次變更計畫（增加砷細部調查、成果及整治改善）
107.01	提送第一次變更計畫(定稿本)
107.01	啟動造粒廠加密井雙相抽取法操作
107.04	啟動特化廠加密井雙相抽取法操作
109.02	完成場內特化廠南側好氧生物操作過氧化氫注藥作業
109.04	啟動特化廠及造粒廠加密井雙相抽取法操作(縮減井距)
110.05	進行全場地下水分層補充調查作業
110.07	啟動場內污染帶區好氧生物操作過氧化氫注藥作業
110.08	啟動污染源區氧化劑注藥作業
111.02	提送第二次變更計畫（調整污染整治規劃及期程展延）
111.09	特化廠土壤開挖作業
111.10	現場土壤復育作業
111.11	提送第二次變更計畫(修正一版)
112.01	提送第二次變更計畫(修正二版)



場址基本資料3

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第三章 場址基本資料

3.1 場址公告資料

本場址因地下水中所含1,2-二氯乙烷、苯、甲苯、氯苯、三氯乙烯、氯乙烯及土壤中所含1,2-二氯乙烷、苯濃度均超過土壤及地下水污染管制標準，臺南市政府於100年6月3日依「土壤及地下水污染整治法」（以下簡稱土水法）施行細則第12條規定，公告本場址為地下水污染控制場址（府環水字第1000388841A號），於同日公告為土壤及地下水管制區（府環水字第1000388841B號及府環水字第1000388841C號），後於100年9月13日環保署公告為地下水污染整治場址（環署土字第1000079051號），然為保障居民健康及生活環境，特劃定毗鄰該場址之麻豆區埤頭段0645-0002地號之土地為地下水污染管制區，並對於管制區之地下水利用行為或人為活動進行管制。本場址污染公告資料詳列如表3.1-1所示，相關公告及函文彙整如附件二。

表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整（1/5）

一 百 年 十 二 月 二 十 三 日 公 告 內 容	場址名稱	惠光化學股份有限公司
	發文單位	臺南市政府
	發文日期/ 文號	中華民國 100 年 12 月 23 日/府環水字第 1000997588 號
	主旨	公告本市麻豆區埤頭段 0645-0002 地號之土地(土地管理人為國有財產局)為地下水污染管制區
	依據	依據土壤及地下水污染整治法第 16 條及第 17 條規定辦理
	公告事項	一、本市麻豆區埤頭段 637-41 地號等 17 筆地號(惠光化學股份有限公司廠區)經行政院環境保護署 100 年 9 月 13 日環署土字第 1000079051 號公告為土壤及地下水污染整治場址，為保障居民健康及生活環境，特劃定毗鄰該場址之本市麻豆區埤頭段 0645-0002 地號之土地為地下水污染管制區，並對於管制區之地下水利用行為或人為活動進行管制。 二、地下水污染管制區範圍：臺南市麻豆區埤頭段 0645-0002 地號之土地。 三、地下水污染物情形：1,2-二氯乙烷 0.372 mg/L、氯苯 11.1 mg/L 污染濃度均超過第二類地下水污染管制標準(1,2-二氯乙烷 0.05 mg/L、氯苯 1 mg/L)。 四、管制項目:禁止置放污染物於土壤、禁止注入廢(污)水於地下水體、禁止排放廢(污)水於土壤及其他經主管機關公告之管制行為。 五、自公告之日起，管制區內之土地利用行為或人為活動依土壤及地下水整治法第 17 條予以管制或限制。但依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行事項，不在此限。

表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整（2/5）

一 百 年 九 月 十 三 日 公 告 內 容	場址名稱	惠光化學股份有限公司
	發文單位	行政院環境保護署
	發文日期/ 文號	中華民國 100 年 9 月 13 日/環署土字第 1000079051 號
	主旨	公告臺南市麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號(惠光化學股份有限公司廠區)為地下水污染整治場址
	場址面積	46,762 平方公尺
	依據	「土壤及地下水污染整治法」第 12 條第 3 項
	公告事項	一、污染行為人姓名或名稱：惠光化學股份有限公司(代表人陳榮東君)。 二、場址名稱：惠光化學股份有限公司。 三、場址地址：臺南市麻豆區小埤里苓子林 17 之 10 號。 四、場址地號：麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號。 五、場址面積：46,762 平方公尺。 六、場址坐標：場址入口處（293038, 2762196）（TWD97）。 七、場址現況描述：場址目前為惠光化學股份有限公司現址，現正營運中，為經營化學材料製造業，北隔 176 縣道，西側毗鄰工業區，南側與東側為農地使用。 八、場址列管狀態：臺南市政府依土壤及地下水第 12 條第 2 項規定於 100 年 6 月 3 日公告為地下水污染控制場址。 九、污染物及污染範圍： (一)污染物：1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、氯苯、苯及甲苯。 (二)污染情形：地下水中 1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、氯苯、苯及甲苯污染濃度超過地下水污染物管制標準。 (三)污染範圍：場址土地範圍內。 (四)初步評估結果： 1.場址地下水污染物 1,2-二氯乙烷最高濃度為 806 mg/L，為管制標準(0.050 mg/L)之 16,120 倍，氯乙烯最高濃度為 65.5 mg/L，超過管制標準(0.020 mg/L) 3,275 倍及氯苯最高濃度為 147 mg/L，超過管制標準(1.0 mg/L) 147 倍。 2.上述已達「土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法」第 2 條第 1 項第 1 款規定，應公告為整治場址之情形。 十、其他重要事項： (一)本場址相關管制事項，仍依臺南市政府 100 年 6 月 3 日府環水字第 1000388841C 號公告地下水污染管制區之管制事項辦理。 (二)場址航照套繪圖及控制場址初步評估表如附件。

表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整 (3/5)

一 百 年 六 月 三 日 公 告 內 容	場址名稱	惠光化學股份有限公司
	發文單位	臺南市政府
	發文日期/ 文號	中華民國 100 年 6 月 3 日/府環水字第 1000388841C 號
	主旨	公告本市麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號(惠光化學股份有限公司所有)為地下水管制區
	場址面積	42,762 平方公尺
	依據	土壤及地下水污染整治法 16 條、第 17 條、及第 19 條暨同法施行細則第 10 條
	公告事項	一、污染行為人姓名或名稱：惠光化學股份有限公司(代表人陳榮東君) 二、場址地號及管制區範圍：臺南市麻豆區埤頭段 650、674、676-6、676-5、676-2、676-1、681-6、676-9、676-7、676、649、648-2、637-41、675-2、676-10、676-13、676-8 等 17 筆地號。管制區面積為 42,762 平方公尺。 三、場址地址：臺南市麻豆區小埤里苓子林 17 之 10 號。 四、管制區現況概述：場址目前為惠光化學股份有限公司現址，經營化學材料製造業，北隔 176 縣道，西側毗鄰工業區，南側與東側為農地使用 五、地下水污染物及污染情形：1,2-二氯乙烷 806 mg/L、三氯乙烯 0.462 mg/L、氯乙烯 65.5 mg/L、苯 0.667 mg/L、甲苯 25.3 mg/L、氯苯 147 mg/L，共 6 項超過地下水管制標準。(地下水第二類管制標準：1,2-二氯乙烷 0.05 mg/L、三氯乙烯 0.05 mg/L、氯乙烯 0.02 mg/L、苯 0.05 mg/L、甲苯 10 mg/L、氯苯 1 mg/L。) 六、管制項目： (一)於地下水污染管制區內禁止下列行為，但依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行，不在此限。 1. 禁止置放污染物於土壤、禁止注入廢(污)水於地下水體、禁止排放廢(污)水於土壤。 2. 禁止其他經中央主管機關指定影響居民健康及生活環境之地下水利用行為。 (二)於地下水污染管制區內從事土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出等工作，應檢具清理或污染防治計畫書，報請本府核定後，使得實施。 七、其他重要事項：無

表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整（4/5）

一 百 年 六 月 三 日 公 告 內 容	場址名稱	惠光化學股份有限公司
	發文單位	臺南市政府
	發文日期/ 文號	中華民國 100 年 6 月 3 日/府環水字第 1000388841B 號
	主旨	公告本市麻豆區埤頭段 676、676-1 地號(惠光化學股份有限公司所有)為土壤管制區
	場址面積	11,855 平方公尺
	依據	土壤及地下水污染整治法 16 條、第 17 條、及第 19 條暨同法施行細則第 10 條
	公告事項	一、污染行為人姓名或名稱：惠光化學股份有限公司(代表人陳榮東君)。 二、場址地號及管制區範圍：臺南市麻豆區埤頭段 676、676-1 地號等 2 筆地號，管制區面積為 11,855 平方公尺。 三、場址地址：臺南市麻豆區小埤里苓子林 17 之 10 號。 四、管制區現況概述：場址目前為惠光化學股份有限公司現址，經營化學材料製造業，北隔 176 縣道，西側毗鄰工業區，南側與東側為農地使用 五、土壤污染物及污染情形：1,2-二氯乙烷 33.1mg/kg，苯 5.83 mg/kg（土壤管制標準:1,2-二氯乙烷 8mg/kg，苯 5mg/kg）。 六、管制事項： (一)於土壤污染管制區內禁止下列行為，但依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行，不在此限。 1. 禁止置放污染物於土壤 2. 禁止注入廢(污)水於地下水體 3. 禁止排放廢(污)水於土壤 4. 禁止新建、增建、改建、修建或拆除非因污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫需要之建築物或設施。 5. 禁止其他經中央主管機關指定影響居民健康及生活環境之土地利用行為。 (二)於土壤污染管制區內從事土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出等工作，應檢具清理或污染防治計畫書，報請本府核定後，使得實施。 七、其他重要事項：無

表 3.1-1 惠光化學股份有限公司場址公告內容彙整 (5/5)

一 百 年 六 月 三 日 公 告 內 容	場址名稱	惠光化學股份有限公司
	發文單位	臺南市政府
	發文日期/ 文號	中華民國 100 年 6 月 3 日/府環水字第 1000388841A 號
	主旨	公告本市麻豆區埤頭段 676、676-1 地號(惠光化學股份有限公司所有)為土壤污染控制場址,麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號(惠光化學股份有限公司所有)為地下水污染控制場址。
	場址面積	地下水:42,762 平方公尺 土壤:11,855 平方公尺
	依據	土壤及地下水污染整治法 12 條第 2 項及同法施行細則第 10 條
	公告事項	一、污染行為人姓名或名稱：惠光化學股份有限公司(代表人陳榮東君) 二、場址名稱：惠光化學股份有限公司控制場址 三、場址地號及面積： (一)土壤控制場址：676、676-1 地號等 2 筆地號，土壤控制場址面積為 11,855 平方公尺 (二)地下水控制場址：臺南市麻豆區埤頭段 637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等 17 筆地號，地下水控制場址面積為 42,762 平方公尺 四、場址地址：臺南市麻豆區小埤里苓子林 17 之 10 號 五、場址現況概述：目前為惠光化學股份有限公司現址，經營化學材料製造業，北隔 176 縣道，西側毗鄰工業區，南側與東側為農地使用 六、污染物及污染情形： (一)土壤污染物及污染情形：1,2-二氯乙烷 33.1mg/kg，苯 5.83 mg/kg(土壤管制標準:1,2-二氯乙烷 8mg/kg，苯 5mg/kg)。 (二)地下水污染物及污染情形：1,2-二氯乙烷 806mg/L、三氯乙烯 0.462mg/L、氯乙烯 65.5mg/L、苯 0.667mg/L、甲苯 25.3mg/L、氯苯 147mg/L，共 6 項超過地下水管制標準。(地下水第二類管制標準:1,2-二氯乙烷 0.05mg/L、三氯乙烯 0.05mg/L、氯乙烯 0.02mg/L、苯 0.05mg/L、甲苯 10mg/L、氯苯 1mg/L。) 七、其他重要事項:無

3.2 場址名稱、地址、地號或位置及污染行為人與污染土地關係人資料

- 一、場址名稱：惠光股份有限公司(以下簡稱本場址或本公司)。
- 二、場址地址與位置：本場址之地址原為臺南市麻豆區小埤里苓子林17之10號，因門牌重新整編於111年2月25日起改為臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段259號，本場址北鄰176縣道，位於中山高速公路麻豆交流道附近。
- 三、場址地號：麻豆區埤頭段637-41、648-2、649、650、674、675-2、676、676-1、676-2、676-5、676-6、676-7、676-8、676-9、676-10、676-13、681-6 等17筆地號。而臺南市政府於107年進行地籍圖重測，上述地段、地號及面積皆有變更，地號變更為麻豆區新樓段671、672、668、667、855、857、840、839、693、837、835、696、698、838、836、845、843等17筆地號，本場址原地籍套繪如圖3.2-1所示，重測後地籍套繪如圖3.2-2所示，地籍資料詳附件三。
- 四、污染行為人與污染土地關係人資料：本場址污染行為人為「惠光股份有限公司」，本場址地籍重測前後之地段、地號及面積對照表彙整如表3.2-1，負責人基本資料如表3.2-2。



資料來源：地籍圖資網路便民服務系統

圖 3.2-1 本場址地籍套繪圖(舊)



資料來源：地籍圖資網路便民服務系統

圖 3.2-2 本場址地籍套繪圖(107 年重測)

表 3.2-1 本場址地籍圖重測前後資料對照表

縣市鄉鎮	地籍圖重測前			地籍圖重測後		
	地段	地號	面積(m ²)	地段	地號	面積(m ²)
臺南市麻豆區	埤頭段	637-41	645	新樓段	671-0	643.27
		648-2	3,596		672-0	3579.81
		649-0	11,006		668-0	11015.31
		650-0	2,371		667-0	2344.33
		674-0	9,067		855-0	9035.48
		675-2	1,693		857-0	1714.79
		676-0	10,791		840-0	10759.37
		676-1	1,064		839-0	1119.51
		676-2	137		693-0	152.84
		676-5	103		837-0	108.52
		676-6	34		835-0	35.69
		676-7	36		696-0	36.62
		676-8	7		698-0	6.84
		676-9	824		838-0	799.51
		676-10	239		836-0	250.41
		676-13	589		845-0	436.95
		681-6	560		843-0	599.18

表 3.2-2 惠光股份有限公司負責人基本資料表

公司名稱	惠光化學股份有限公司	統一編號	69546202
地址	臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段259號		
負責人	陳冠華（原陳榮東）		
住址	臺南市麻豆區小埤里麻佳路一段259號	性別	男

3.3 場址營運狀況

3.3.1 營運狀況與沿革

本公司於民國 71 年成立，72 年建廠，以生產除草劑、殺蟲劑、肥料及環境衛生藥劑為主，目前正常營運中，說明製程、原物料及地下水使用如下。

一、製程概述：

- 農藥製造：以農藥為原體，經乳化後加入增量劑調配比例。
- 接著劑化學製造：以三甲基苯、甲苯、液氯、異丙醇等原料混和調配為成品。

二、產品及使用原料：

- 原料：農藥原體、三甲基苯、氫氧化鈉、液氯、磷酸、異丙醇、增量劑、溶劑等。
- 曾使用但已停用之原料、溶劑：1,2-二氯乙烷（88～100年）、氯苯（89～95年）、甲基砷酸鈉（75～78年）、丙酮。
- 產品：農藥原體、除草劑、殺蟲劑、肥料、環境衛生藥劑等，農藥原體包含惠速靈原體、雙特松原體、美文松原體及福賜米松等主要原體，製程流程如圖3.3-1～圖3.3-3所示。

三、地下水使用情形：曾使用地下水作為製程冷卻水、消防用水及灌溉農田，目前場區內兩口地下水井均已停用，改用自來水。

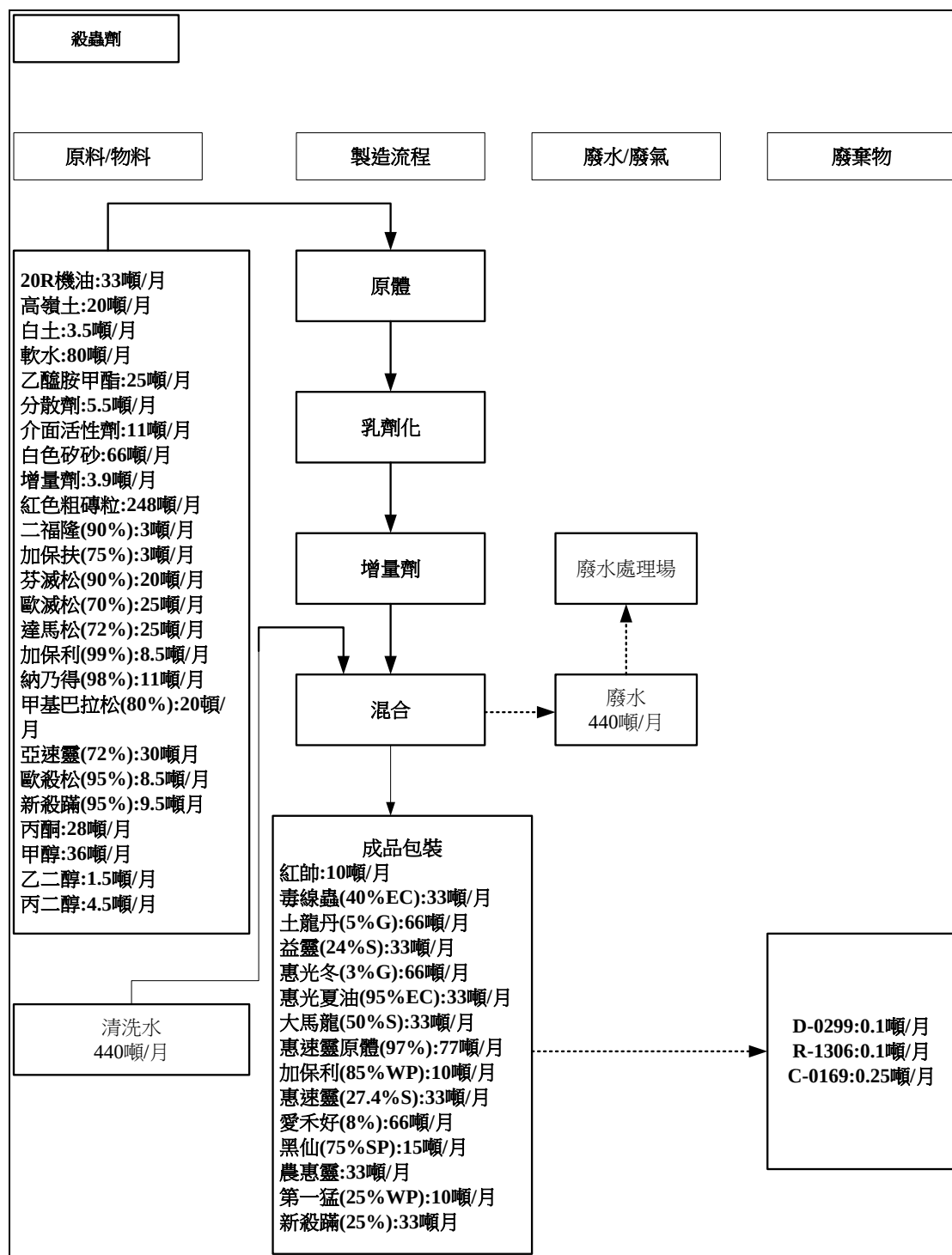


圖 3.3-1 殺蟲劑製程程序

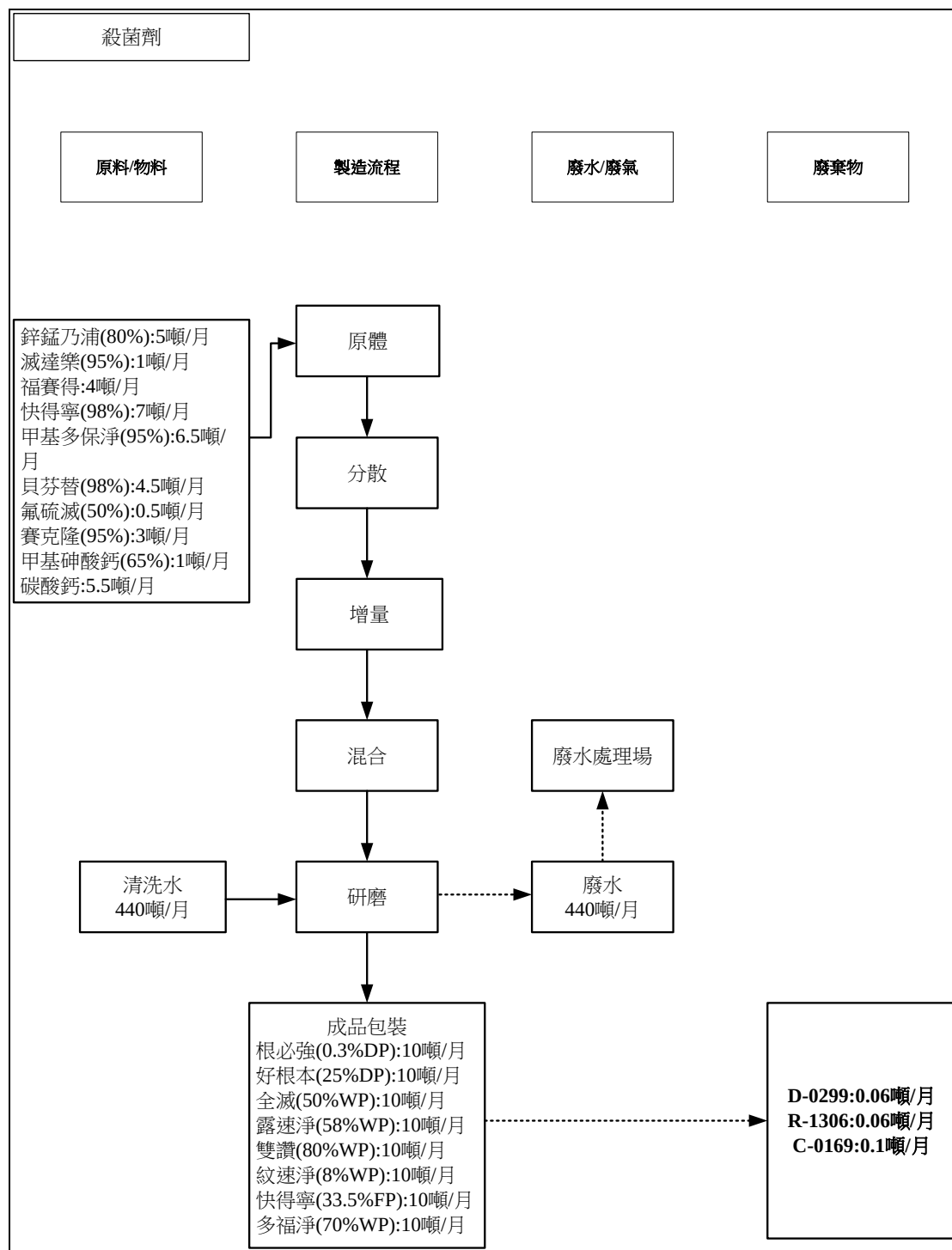


圖 3.3-2 殺菌劑製程程序

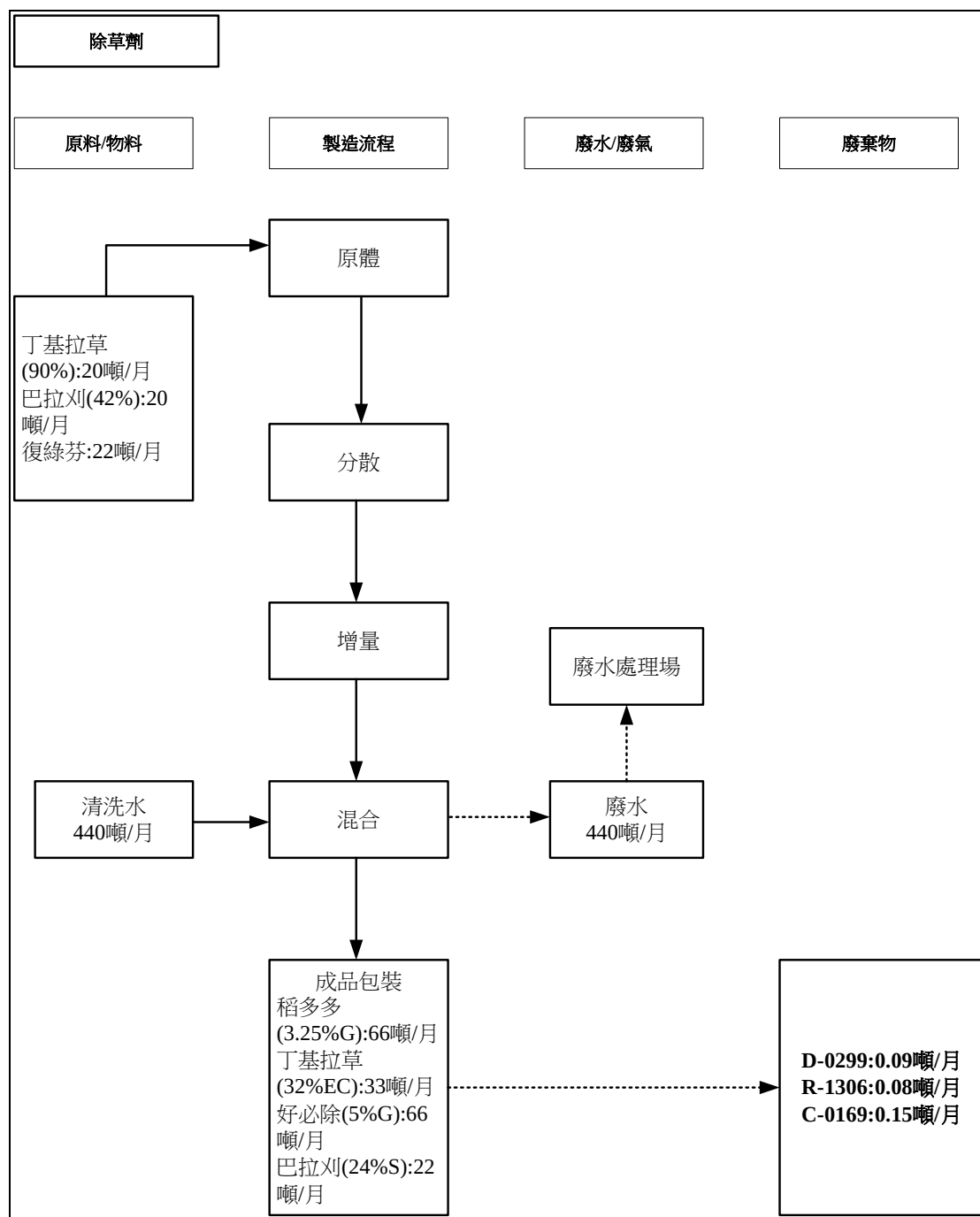


圖 3.3-3 除草劑製程程序

3.3.2 廠區配置

本場址面積約為46,762平方公尺，本場址地上建物非製程區有辦公大樓、員工宿舍、農場及景觀水池等；製程區包含造粒廠、農化廠、特化廠、特化倉庫、倉庫、儲槽區、污水廠、地材廠等，廠區配置自建廠後無重大變動，僅於民國106年於場址東側(新樓段857地號)新建污水廠，舊有污水廠則停止操作，廠區配置如圖3.3-4，現場照片如圖3.3-5。

公告場址範圍內之廠房有農化廠、造粒廠、特化廠、特化倉庫、儲槽區、污水廠、試驗農場及放置原料之各倉庫，各廠房之用途說明如表3.3-1。

主要有使用與本場址污染物有關之廠房為造粒廠與特化廠，其原物料、產品與沿革彙整如表3.3-2所示，其中1,2-二氯乙烷及氯苯均已停用，以甲苯替代（民國73年使用迄今），原料均存放於特化倉庫；儲槽區亦曾存放甲苯，目前為存放氫氧化鈉；污水廠旁及造粒廠西南角分別有重油儲槽及柴油儲槽，重油早期供鍋爐燃燒用，管線均為明管，於民國109年已拆除；柴油儲槽則供廠內堆高機使用，目前仍使用中。

表 3.3-1 本場址各廠房之用途

廠房	用途	廠房	用途
農化廠	經加工調配包裝為成品	特化倉庫	放置特化廠所需之原料
造粒廠	調配加工農藥成品	特化廠	農藥原體合成製造
污水廠	廠內製程及生活廢水處理	實驗農場	測試產品效用

表 3.3-2 本場址主要製程廠房之運作情形

廠房	原物料	產品	使用情形
造粒廠	白土、十二烷基苯磺酸鈉、培丹原體、軟水	禾頌（殺蟲劑）、低成份雙特松原體	88 年曾使用 1,2-二氯乙烷進行農業調配加工，100 年停用。
特化廠	N,N-二甲基乙醯基乙醯胺、液氯、亞磷酸三甲酯、甲苯、氫氧化鈉	雙特松原體	89 至 95 年間曾使用氯苯合成農藥原體；75~78 年曾使用甲基砷酸鈉調配農藥

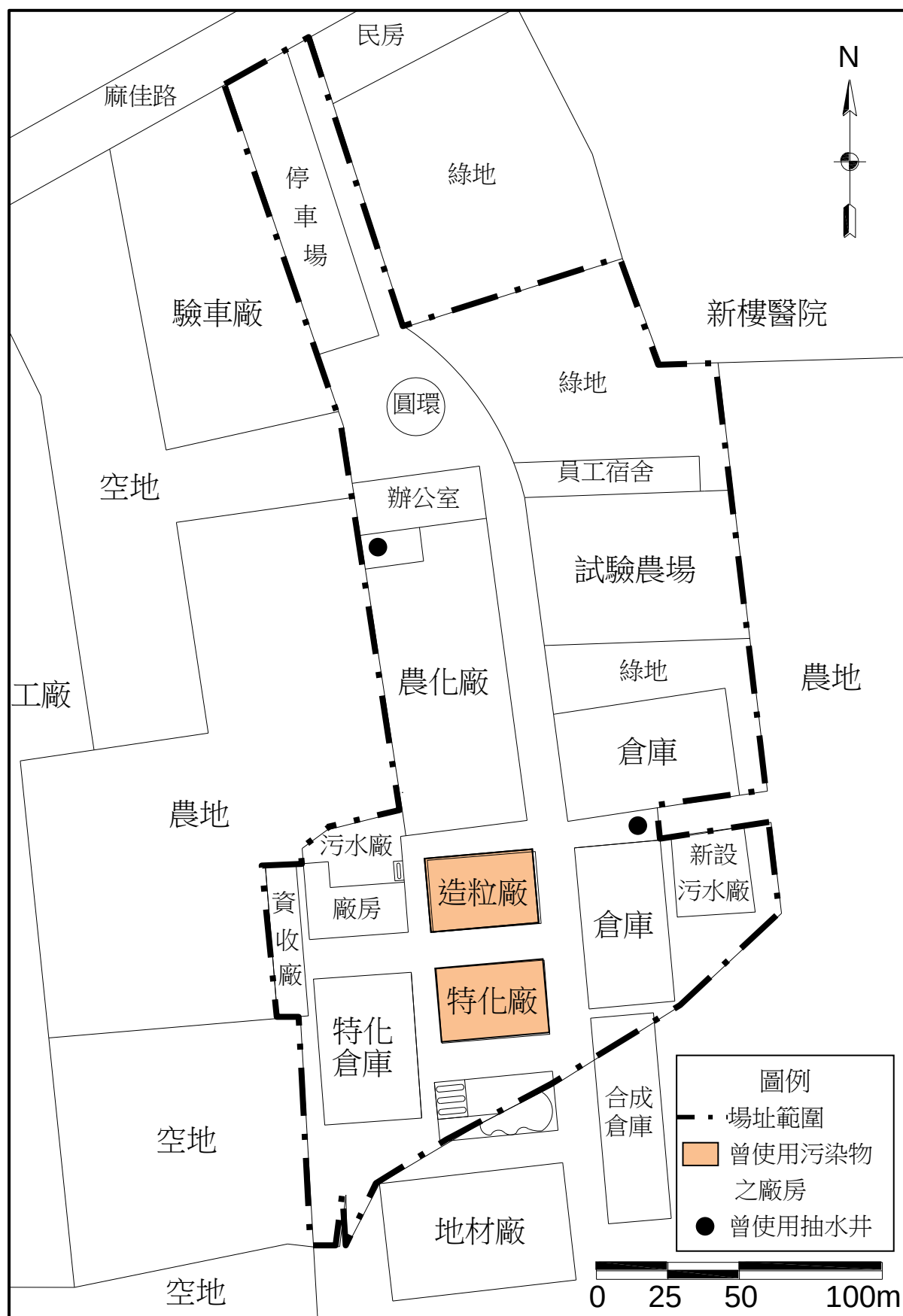




圖 3.3-5 場址現場照片 (1/2)



圖 3.3-5 場址現場照片 (2/2)

3.3.3 場址內污染來源

本場址主要污染物包括苯、甲苯、1,2-二氯乙烷、氯苯、三氯乙烯、氯乙烯及砷，而造粒廠及特化廠曾分別使用1,2-二氯乙烷(88年~100年)、氯苯(89年~95年)及甲基砷酸鈉(75年~78年)，目前均已停用，目前甲苯仍使用中，其中BTEX、三氯乙烯及氯乙烯非本場址原物料、中間產物及產品，應為原物料中不純物或污染物之降解副產物。

由場址製程設施與過去廢水收集系統（如圖3.3-6）推測，可能造成污染之原因如下：

1. 污染物及清洗廢水經由洗滌塔、地坪、暫存坑或截流溝縫隙滲入地下環境。

本場址過去截流溝以磚塊、水泥製成，較易有破裂、裂縫之情形，目前截流溝及暫存坑均改以玻璃纖維或不透水布為內襯（如圖3.3-7），洗滌塔底部儲槽亦已重新整修。

2. 廢水經由地下管線或與暫存坑間破裂處滲入地下環境。

目前場址之廢水均由暫存坑以明管方式（如圖3.3-7）輸送至污水廠，明溝已改為雨水溝，造粒廠及特化廠西側道路下之地下管線已停用、盲封，沿線之造粒廠西南角及特化廠西側之暫存坑亦停止使用、廢除。

3. 廢水經由污水廠排出，經由放流口及溝渠滲入地下環境。

由於過去污水廠較小或廠區管理等方面之問題，造成進入污水廠及排放之廢水污染情形較嚴重，而排放之溝渠過去未設有水泥溝槽，造成污染物較易下滲，於90年已改為水泥溝槽，並重新整修、加強管理，於100年檢測放流水結果亦符合地下水第二類管制標準，並於106年後啟用新建污水廠，許可文件如附件九。

由歷次土壤及地下水調查結果顯示，本場址高污染區主要位於造粒廠與特化廠西側道路及原污水廠放流口，污染深度由地表下1公尺向下分布，污染物亦與原物料相關，污染物應主要自上述洗滌塔、暫存坑及截流溝入滲所致。

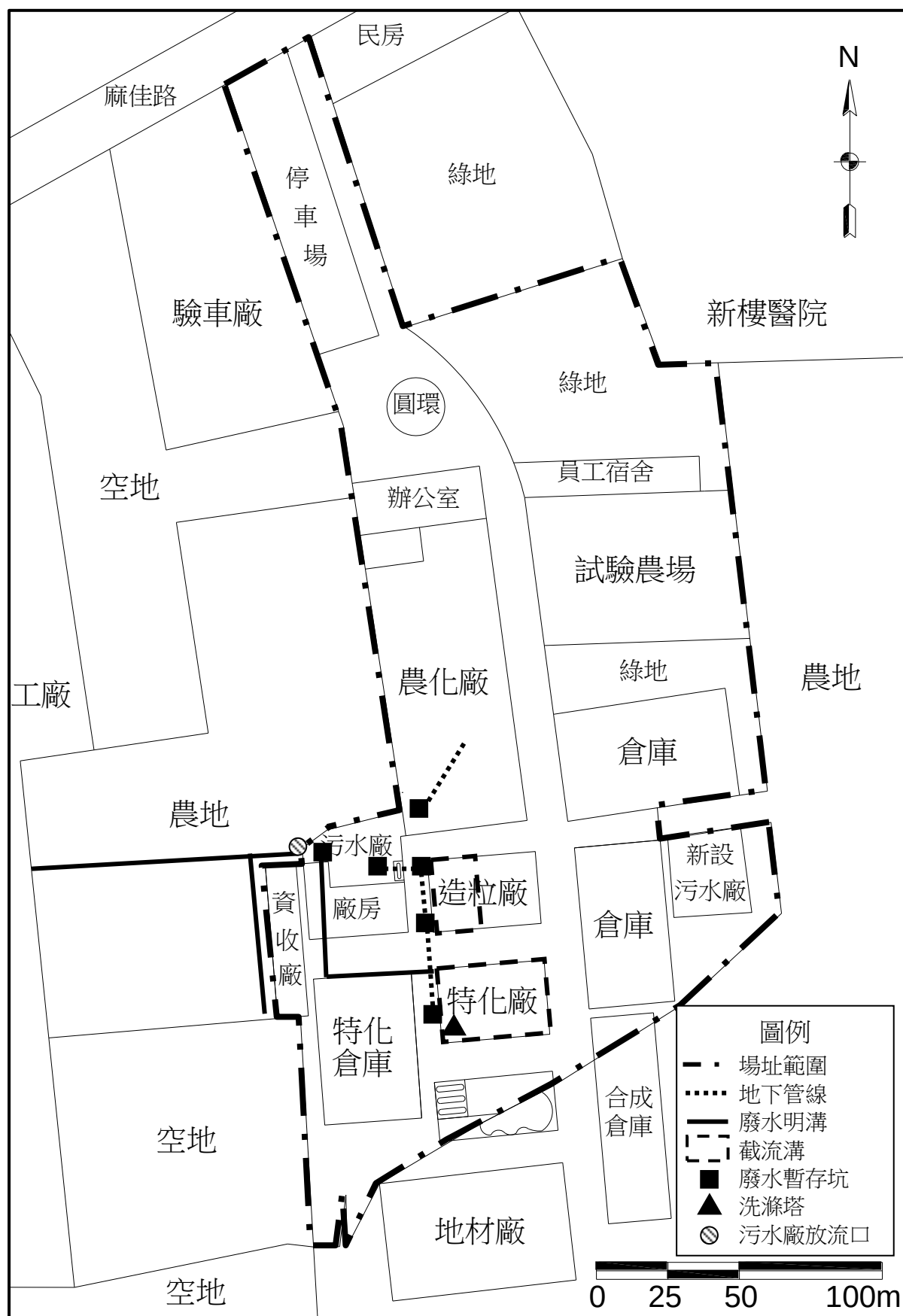


圖 3.3-6 場址過去暫存坑與截流溝配置



圖 3.3-7 場址污染來源與整修情形

場址現況及污染情形 **4**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第四章 場址現況及污染情形

4.1 場址現況

本場址位於中山高速公路麻豆交流道旁為營運中工廠，未來在土地使用上無開發之規劃，場址面積為 42,762 平方公尺，屬於工業區用地（如圖 4.1-1），西側工廠林立，如崇銘汽車修護廠、山本電氣公司、燦昌機械股份有限公司等；東側及南側多為農地，管制區外農地有使用地下水之情形，鄰近場址之東北角為新樓醫院以及商家等；東、西邊距離約 1 公里處分別為麻豆及佳里市區，本場址周圍 1 公里範圍空照圖及地理位置如圖 4.1-2 所示。

經查詢「行政院環保署地方環境資料查詢系統」，本場址所在地屬非生態敏感及非地質災害敏感地區，屬於洪水平原敏感。資源生產敏感地部分屬於地表水敏感地區，為水質水量敏感地（有限度開發），同時亦屬於地下水補注區敏感地，潛在入滲率一～二級，麻豆區已由經濟部劃入了地下水管制範圍，在所訂定的「臺灣地區地下水管制法」中，則規範加強管制地下水的利用，以防地層下陷、水質惡化等現象，本場址環境敏感區位分佈圖如圖 4.1-3 所示。



資料來源：臺南市都市計畫查詢系統

圖 4.1-1 本場址周遭都市計畫分區圖

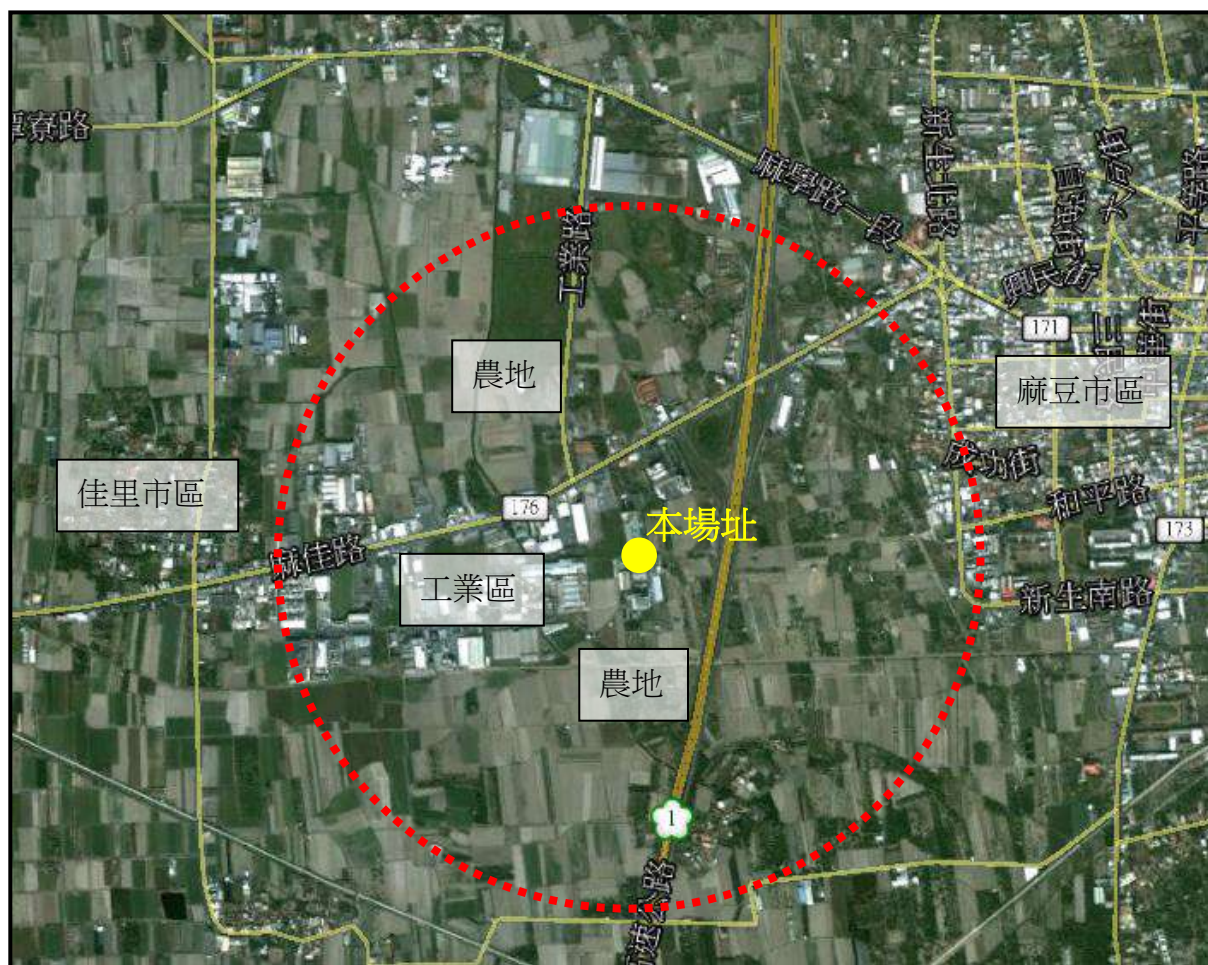
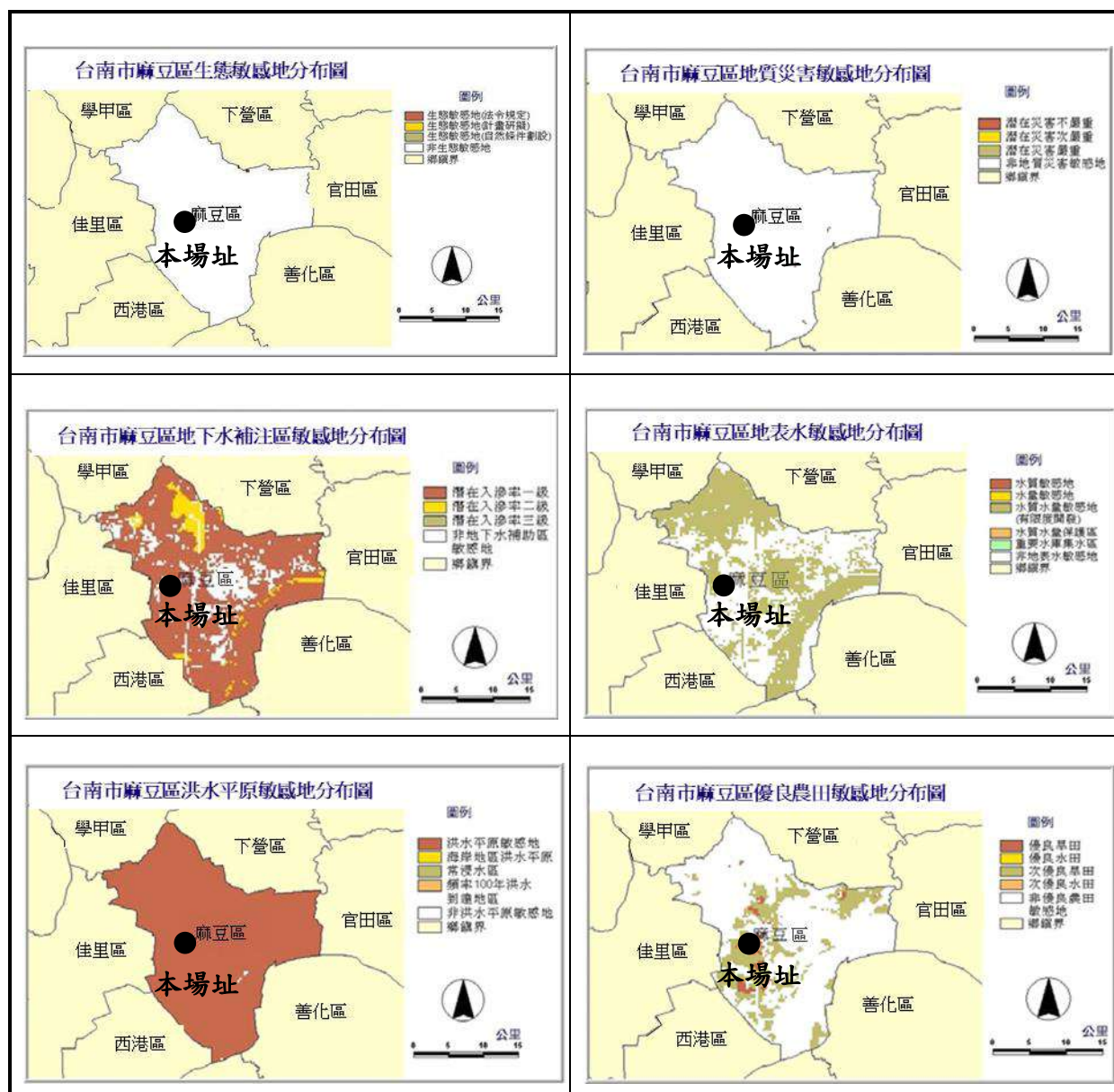


圖 4.1-2 本場址周圍 1 公里居民分布圖



資料來源：行政院環境保護署地方環境資料庫

圖 4.1-3 環境敏感區分布

4.2 場址環境特性

4.2.1 氣候

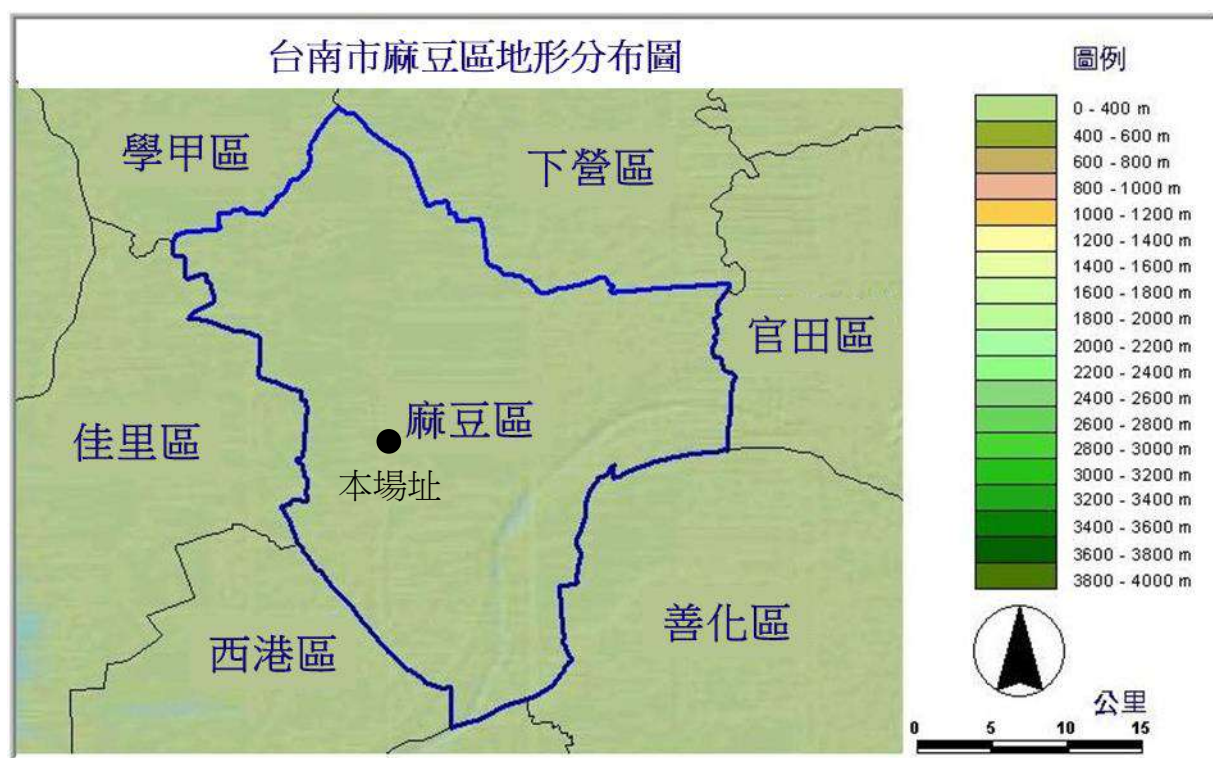
本場址位於北回歸線以南，受海岸及暖流影響，氣溫稍高，屬西部平原亞熱帶氣候。冬季受大氣冷氣團影響，盛行東北至偏北季風，夏季則受太平洋高氣壓影響，西南氣流旺盛。雨量冬夏相差甚大，每年五月至九月為豐雨期，七月至九月為颱風易發生時期，夏季午後易生成局部性對流雨，冬季為枯雨期。

依據交通部中央氣象局統計資料，臺南市平均年降雨量約 1,742 毫米，雨水集中於六至八月，主要可能為颱風來襲帶來豐沛雨量，而冬季通常較為乾旱。臺南市年平均溫度約 24.7℃，全年最低月均溫發生在一月（約 17.8℃），最高月均溫則發生在七月（約 29.4℃）。（資料來源：中央氣象局，統計年限 1991～2020 年）

4.2.2 地形地貌

臺南市地形西低東高，全境幾乎都在海拔一千公尺以下。西邊沿海以農田及漁塭為主，地勢低平；往東大約越過 19 號省道後，為主要的都會與農業地區；向東大約以烏山頭水庫南北之線為界逐漸升高，為低海拔丘陵與山區，至楠西區山區為阿里山山脈南段餘脈，海拔大多低於 1000 公尺。

麻豆區位於嘉南平原，地勢平坦、無山脈、丘陵，高程位於海平面上、5 公尺以下，地勢平坦(如圖 4.2-1)。

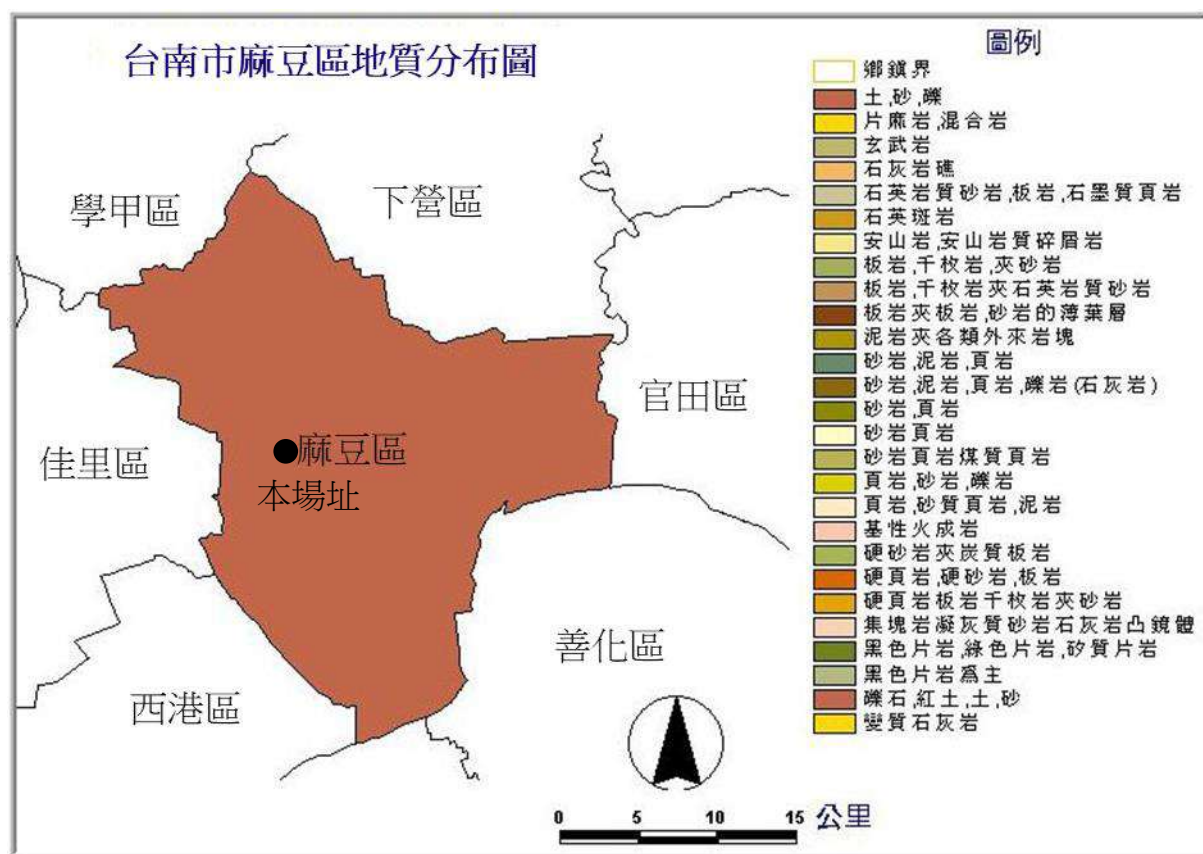


資料來源：行政院環境保護署地方環境資料庫

圖 4.2-1 麻豆區地形分布圖

4.2.3 地質

臺南市之地層以新第三紀碎屑狀沈積岩為主，多屬淺海相至濱海相的沈積環境，其中所含的化學性或生物性沈積岩不多，僅有不規則的石灰岩體局部夾在不同的層位中。所有沈積岩的層序自中新世—上新世—更新世大致為連續沈積，除小間斷外缺少明顯的地層或構造間斷。麻豆區全區以土、砂、礫為主，約占全區 100%，地質分布如圖 4.2-2 所示，本場址地質剖面繪製如圖 4.2-8 所示。



資料來源：行政院環境保護署地方環境資料庫

圖 4.2-2 麻豆區域地質分布圖

4.2.4 土壤及通氣帶

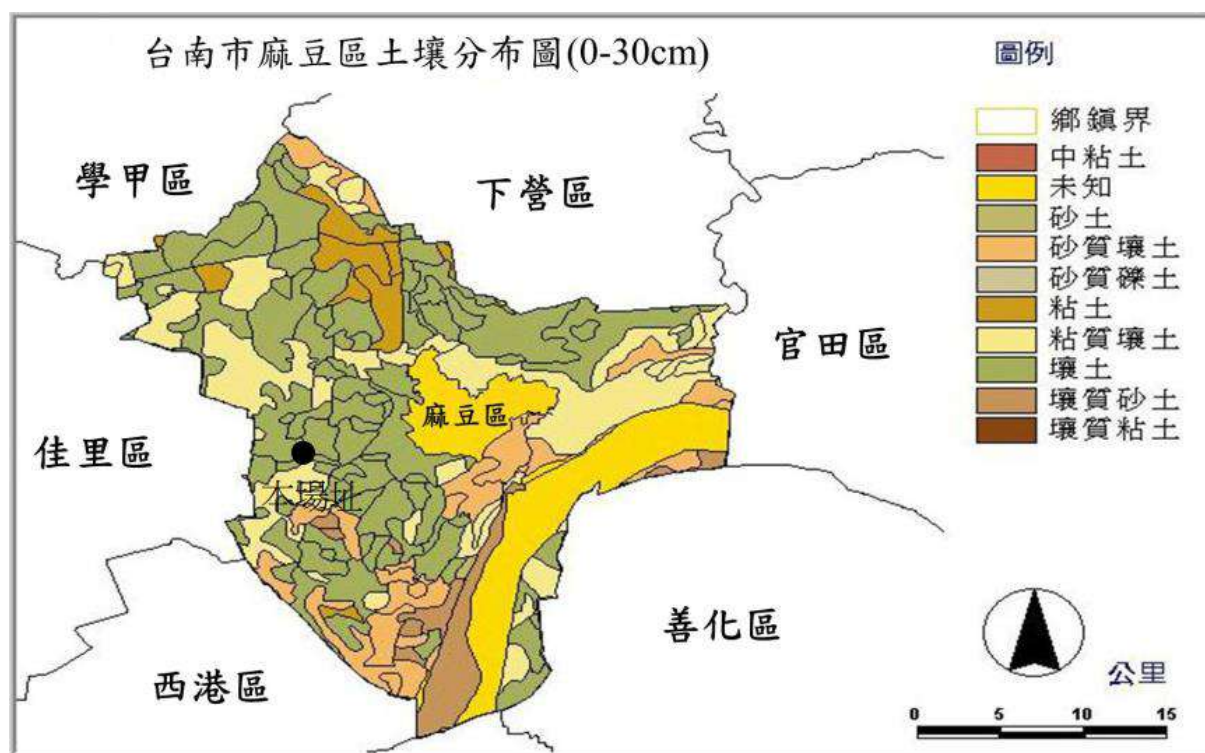
臺南市之土壤，從沿海向內，作帶狀分佈，最外一帶屬鹽漬土，所佔面積最廣，俗稱鹽份地。土系屬林鳳營系（如圖 4.2-3）為含石灰結核之臺灣粘土（看天田），砂岩頁岩沖積物所成，位於低臺地，排水尚佳，剖面質地為玢質粘壤土在上，玢質壤土、極細砂質壤土至細砂質壤土在下。其特徵為亞表土色暗，及具大稜柱狀構造。

臺南市麻豆區土壤分布如圖 4.2-4 所示，大致為壤土、粘質壤土所組成。



資料來源：農業試驗所土壤資料庫系統擴展與在國土保安應用網站

圖 4.2-3 麻豆區土系分布圖



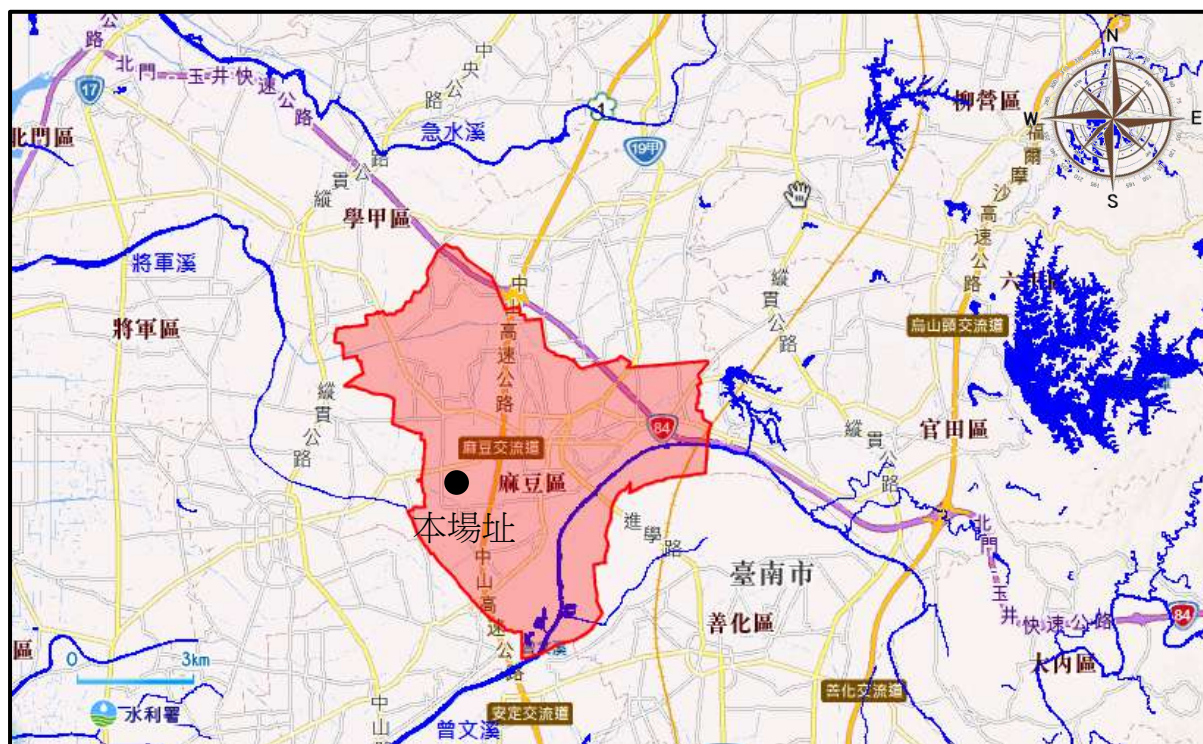
資料來源：行政院環境保護署地方環境資料庫

圖 4.2-4 麻豆區土壤分布圖

4.2.5 地表水文

本場址鄰近之河川為將軍溪與曾文溪，距場址分別約 2.5 公里與 2.7 公里處（如圖 4.2-5）。將軍溪原為漚汪溪，本係灣裡溪，即今之曾文溪下流入海之溪，於道光三年遭山洪，曾文溪改道由西港南流入台江內海後，該溪失去上游水源，溪道逐漸淤塞，現僅溪口尚留有大溪流之舊形外，已無昔時之壯觀。而為灣裡溪下游，即自樣子林至麻豆，佳里間之子良廟段原溪床，僅存有沙凹子之沙地，該溪上游係集麻豆區番子寮東南之眾水，經子良廟，佳里糖廠北段稱曰菜寮溪，至大灣、溪洲合番子田（今改稱隆田）排水外，其分流為下溪洲子溪、北埔溪、溪墘寮溪、三寮灣溪、頂山子腳溪，於蘆竹溝、馬沙溝間入海，其下游河道甚寬闊，尚保存有大溪口之殘影。

曾文溪發源自阿里山之水山，至臺南市安南土城子入海，為臺灣第四大河川，經分大埔溪（即本流之上游）、後堀溪，菜寮溪、官田溪等四支流。曾文溪為本區最大與最主要的溪，發源於阿里山之西南坡，其下游 42 公里係流於平原之上。該溪流出丘陵進入平原之處為延長河，乃海岸平原隆起後所形成；而嘉南平原與東南側丘陵之間，並無斷層存在，既未形成沖積扇，亦無分支流。



資料來源：經濟部水利署地理資訊倉儲中心

圖 4.2-5 麻豆區地表水文

4.2.6 場址水文地質

本場址曾於 101 年 7 月 20 日至 8 月 21 日執行 18 點鑽探調查，鑽探點位(圖 4.2-6)涵蓋本場址及其西側農地與空地，除 S06 較深外(至地表下 30 公尺)，其餘點位深度均小於 13 公尺，未貫穿黏土層，鑽探結果彙整如表 4.2-1 所示，現場鑽探照片如圖 4.2-7 所示，說明本場址地質大致可以歸納如下：

- 地表下約 0~1 公尺：廠區內為級配，主要由粉土、礫石所組成，廠外為農地，地勢較廠內低。
- 地表下約 1~5 公尺：主要為粉土質黏土或粉土，粉粒及黏粒各約佔 50 %，場內外情況一致。
- 地表下約 5~15 公尺：主要為粉土質黏土或粉土，但場內外在地表下 5~7 公尺夾一厚約 50~100 公分之粉土夾砂層；而造粒廠以西及以北之區域(污水廠、農地)，在地表下 5~10 公尺則有二至三層粉土夾砂層，但砂含量變化甚大，在污水廠放流口地表下 11 公尺另可發現砂層。
- 地表下約 15~20 公尺：於場址北側主要為中、細砂在 18~19 公尺有一粉土質黏土層，連續性尚待調查。然由場址東側倉庫建廠鑽探資料顯示，15、16 公尺以下亦為砂(詳如附件五)。

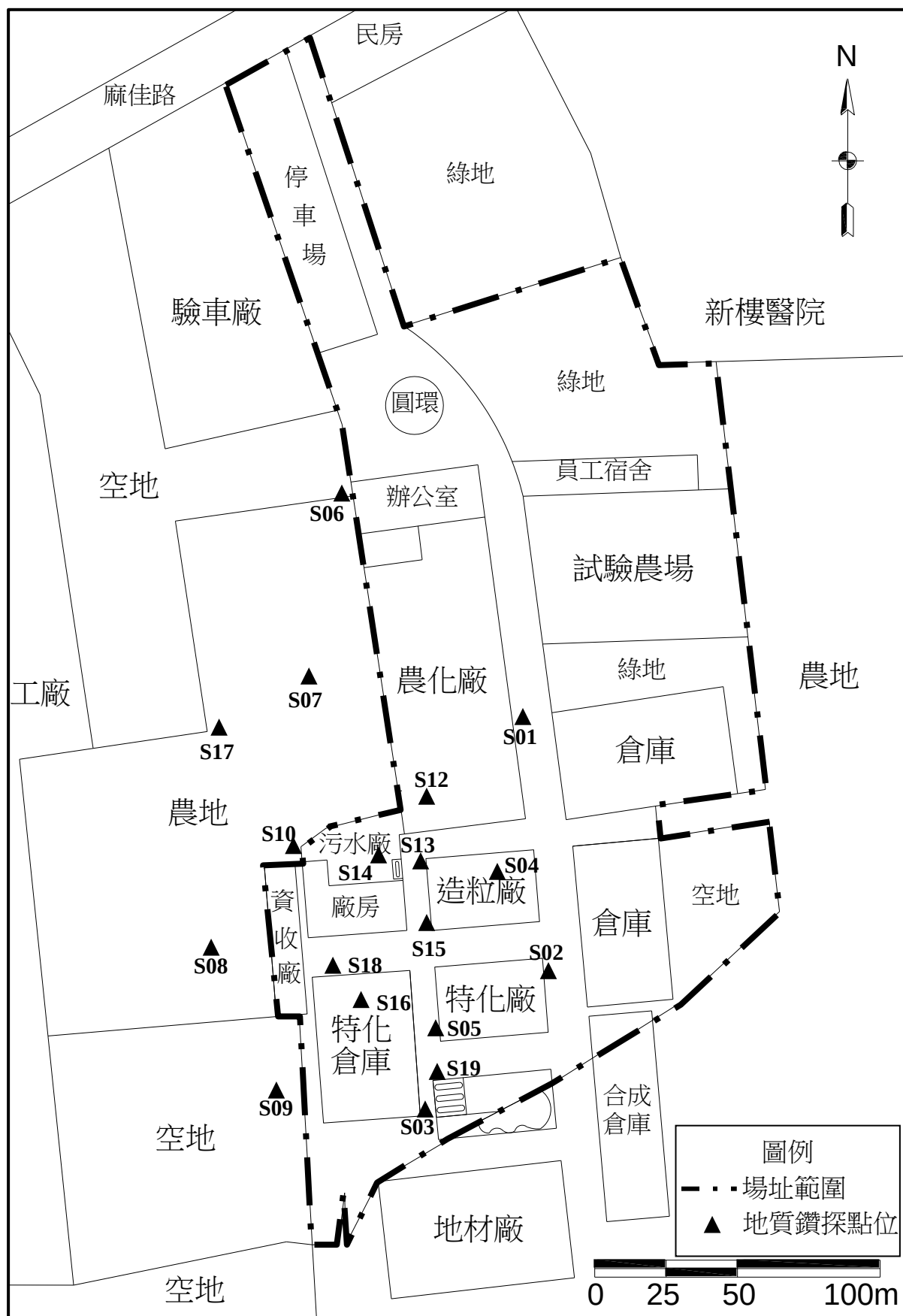
共挑選 7 點、共 23 組土壤樣品委託萬大土壤技術顧問有限公司分析土壤粒徑組成，點位主要為污染洩漏位置及場址周界區域，粒徑分析結果彙整如表 4.2-2 (詳如附件六)，與人工辨識結果相符。

另參考環保署調查結果，於特化場洗滌塔旁之點位(近 S05)，於地表下 5.5~6.3 公尺亦可發現一粉土夾砂層，其砂、粉及黏粒組成分別為 34、49.7 及 16.3 %，與本次調查結果相似，其餘深度(鑽探至地表下 12 公尺)則以粉土及黏土為主。

繪製本場址地質分布剖面圖如圖 4.2-8 所示，東西向及南北向地質剖面於地表下約 5~7 公尺均有一層粉土夾細砂層，為本場址地下水優勢流徑，若污染物向下移動至該深度，溶解相污染物將以較快之速度水平移動、擴散，DNAPL 則因進入壓之關係，較可能形成 DNAPL 池，為污染帶主要污染深度；而場址造粒廠、污水廠以北、以西之區域則再更深之深度亦可發現粉土夾細砂層或細砂質黏土層，但含砂量較少，推估污染物移動速度較慢，但仍較粉土、黏土層為快，亦

可能有利於污染物之匯集與流佈。

另，本場址 7 口監測井（MW1～MW7）及環保署監測井（MW9）之微水試驗結果彙整如表 4.2-3 所示，水力傳導係數（K 值）介於 2.55×10^{-5} cm/s 至 5.62×10^{-4} cm/s 之間，微水試驗結果與地質鑽探、土壤粒徑分析之結果相符，地表下 12 公尺內屬於中、低滲透性地質。



註：101.7.20~101.8.21 執行

圖 4.2-6 補充調查地質鑽探調查點位

表 4.2-1 補充調查地質鑽探記錄（1/2）

點位	深度(cm)	質地	點位	深度(cm)	質地
S01	0~550	粉土質黏土夾微量細砂	S07	0~480	粉土質黏土
	550~580	粉土夾細砂		480~610	粉土夾細砂
	580~710	粉土質黏土		610~700	粉土質黏土
	710~800	粉土夾細砂		700~750	細砂質黏土
	800~1,300	粉土質黏土		750~890	粉土
S02	0~100	級配	S08	890~900	粉土夾細砂
	100~650	粉土質黏土		900~970	粉土
	650~670	粉土夾細砂		0~500	粉土質黏土
	670~1,200	粉土質黏土	S09	500~510	粉土夾細砂
S03	0~520	粉土質黏土		510~800	粉土質黏土
	502~600	粉土夾細砂	S10	0~270	細砂
	600~1,050	粉土質黏土		270~700	粉土質黏土
S04	0~100	級配		700~810	粉土夾細砂
	100~600	粉土質黏土		810~1,050	粉土質黏土
	600~700	粉土夾細砂		1,050~1,120	細砂質黏土
	700~1,200	粉土質黏土		1,120~1,200	粉土
S05	0~50	級配	S12	0~500	粉土質黏土
	50~590	粉土質黏土		500~610	粉土夾細砂
	590~650	粉土夾細砂		610~740	粉土質黏土
	650~1,100	粉土質黏土		740~820	細砂質黏土
S06	100~600	黏土質粉土		820~1,060	粉土質黏土
	700~900	細砂質黏土		1,060~1,180	細砂質黏土
	900~1000	粉土夾細砂		0~550	粉土質黏土
	1,000~1,500	黏土質粉土		550~630	粉土夾細砂
	1,500~1,600	細砂		650~700	粉土質黏土
	1,600~1,800	中砂			
	1,800~1,900	黏土			
	1,900~2,000	中砂			
	2,000~2,500	細砂			
	2,500~3,000	中砂			

註：101.7.20~101.8.21 執行

表 4.2-1 補充調查地質鑽探記錄 (2/2)

點位	深度(cm)	質地	點位	深度	質地
S13	0~100	粉土夾砂粒	S16	100~590	粉土質黏土
	100~550	粉土質黏土		590~620	細砂質黏土
	550~580	細砂質黏土		620~700	黏土質粉土
	580~610	粉土夾細砂		700~740	粉土夾細砂
	610~750	粉土質黏土		740~800	粉土質黏土
	750~800	細砂質黏土	S17	0~480	粉土質黏土
	800~900	粉土質黏土		480~510	粉土夾細砂
	900~950	粉土夾細砂		510~670	粉土質黏土
	950~1,000	粉土質黏土		670~750	粉土夾細砂
S14	0~200	無樣品		750~800	粉土質黏土
	200~610	粉土質黏土	S18	0~100	柏油.級配
	610~710	粉土夾細砂		100~230	粉土
	710~810	粉土質黏土		230~560	粉土質黏土
	810~890	細砂質黏土		560~620	粉土夾細砂
	890~900	粉土		620~700	粉土質黏土
S15	0~100	級配	S19	100~550	粉土質黏土
	100~550	粉土質黏土		550~630	粉土夾細砂
	550~620	粉土夾細砂		630~790	粉土質黏土
	620~780	粉土質黏土		790~800	細砂質黏土
	780~810	細砂質黏土			
	810~900	粉土質黏土			

註：101.7.20~101.8.21 執行



圖 4.2-7 補充調查地質鑽探照片

表 4.2-2 補充調查土壤粒徑分析結果

點位	採樣深度 (m)	粒徑 (%)				比重	水分含量 (%)
		礫石	砂粒	粉粒	黏粒		
S06	17.0~17.5	0.0	89.8	8.1	2.1	2.65	24.1
	18.0~18.5	0.0	1.1	55.3	43.6	2.73	25.0
	19.0~19.5	0.0	81.4	15.7	2.9	2.65	21.1
S08	4.0~4.2	0.0	0.9	47.2	51.9	2.73	26.4
	5.7~6.0	0.0	1.4	47.6	51.0	2.73	26.6
S10	4.0~5.0	0.0	1.1	48.7	50.2	2.73	25.6
	5.0~5.3	0.0	10.2	46.1	43.7	2.72	23.5
	10.0~10.2	0.0	0.3	47.8	51.9	2.73	26.0
	11.6~11.8	0.0	46.4	38.6	15.0	2.69	21.4
S13	2.0~2.5	0.0	1.5	55.9	42.6	2.73	20.8
	7.8~8.0	0.0	10.4	39.3	50.3	2.72	21.9
	9.2~9.5	0.0	10.6	44.7	44.7	2.72	27.0
	9.8~10.0	0.0	0.8	52.3	46.9	2.73	24.4
S15	2.0~2.5	0.0	4.3	53.7	42.0	2.73	24.5
	5.8~5.9	0.0	60.7	28.0	11.3	2.67	19.6
	8.8~9.0	0.0	2.7	54.7	42.6	2.73	22.4
S16	1.8~2.0	0.0	5.5	49.2	45.3	2.73	23.8
	4.8~5.0	0.0	1.0	55.4	43.6	2.73	23.5
	7.0~7.2	0.0	67.8	27.7	4.5	2.67	22.4
	7.8~8.0	0.0	1.2	49.5	49.3	2.73	26.5
S17	2.6~3.0	0.0	3.8	50.9	45.3	2.73	23.9
	7.25~7.5	0.0	24.5	54.4	21.1	2.71	22.1
	7.75~8.0	0.0	1.9	53.8	44.3	2.73	26.5

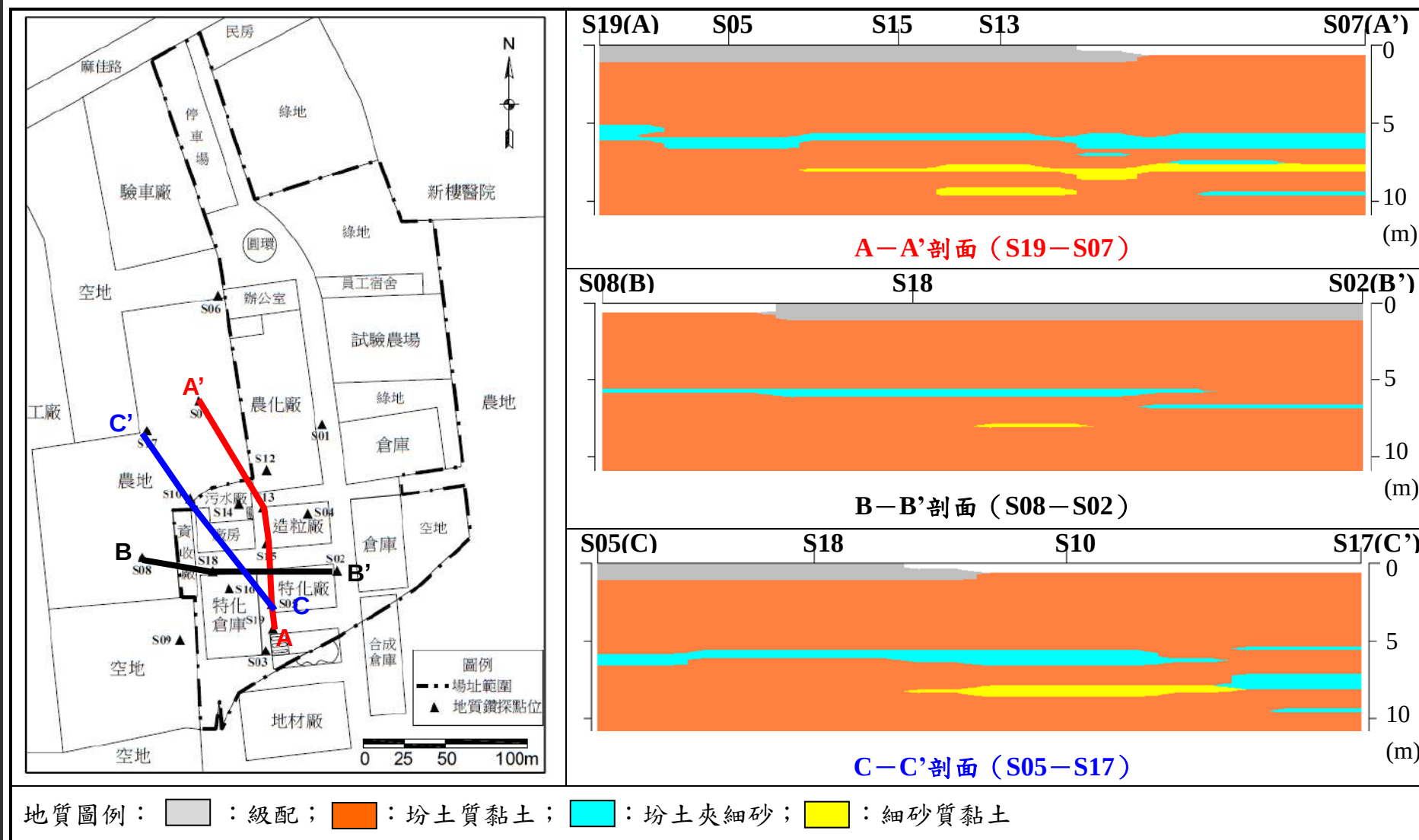


表 4.2-3 微水試驗結果彙整

井號	K 值 (cm/s)	井號	K 值 (cm/s)
MW1	5.97×10^{-5}	MW5	4.80×10^{-4}
MW2	4.52×10^{-5}	MW6	9.58×10^{-5}
MW3	8.64×10^{-5}	MW4	5.62×10^{-4}
MW7	2.55×10^{-5}	MW9(EPA)	9.90×10^{-5}

4.2.7 場址地下水流向

本場址分別於100年9月、100年12月、110年12月及111年9月進行地下水流向推估，各監測井井頂高程及地下水位量測數據彙整於表4.2-4，本場址豐水期地下水位約位於地表下1公尺以內，枯水期則大致介於地表下1~1.6公尺。經換算地下水位絕對高程後以專業軟體（surfer）模擬地下水流向，四次之模擬結果地下水流向均大致由東南向西北方向流（如圖4.2-9所示），豐枯水期流場無明顯差異，污水廠放流口監測井MW4於100年監測之地下水位均低於農地監測井MW7，造成推估結果於農地區域較為紊亂，由過去單井流速流向量測結果農地區域流向仍為東南向西北方向流。

地下水位長期監測點位如圖4.2-10所示，監測結果如圖4.2-11所示，現場照片如圖4.2-12所示。監測結果顯示，本場址既有之2口抽水井（PW1及PW2，井深約30公尺）地下水位均有受到抽水影響，地下水位洩降約50公分，2口抽水井受抽水影響情形與時間相似，推估可能為受同一抽水井或區域影響，經由現勘，可發現場址東側農地多處有設置抽水井之情形，其中PW1因水位洩降造成水位低於水位計放置深度，後續將擇期再進行監測；地材廠東側監測井MW1及農地監測井MW7地下水位無明顯變化，未受抽水影響，應為設井深度主要位於粉土、黏土層，滲透性不佳，若周圍有抽水行為亦不易察覺。

而本場址於101年7月24日~26日完成5口標準監測井多深度單井流速流向測量，測量結果彙整如表4.2-5所示，地下水流向主要向西、向北方向流，部份點位、深度有偏東之情形，唯造粒廠西南角之監測井MW6向東南方向流，但整體而言與場址地下水流向相符；而將不同深度量測結果與地質鑽探結果比對可發現，含砂量較高之地層地下水流速較粉土、黏土層為快，與地質調查結果相符，為地

下水主要優勢流徑，現場照片圖4.2-13所示。

表 4.2-4 地下水位歷次監測結果彙整

井號	地下水位(cm)				井頂 高程	地下水位 絕對高程(cm)			
年/月	100/9	100/12	110/12	111/9	—	100/9	100/12	110/12	111/9
MW2	40.3	73.5	138	21	509	468.7	435.5	371	488
MW3	38.5	59.4	—	—	503	464.5	443.6	—	—
MW4	90.9	102.8	119.2	49.5	461	370.1	358.2	341.8	411.5
MW5	84.8	115.7	169	79.5	531	446.2	415.3	362	451.5
MW6	79.8	92.6	158	66	518	438.2	425.4	360	452
MW7	54.2	83.2	211	82	444	389.8	360.8	233	362

註：—表未量測

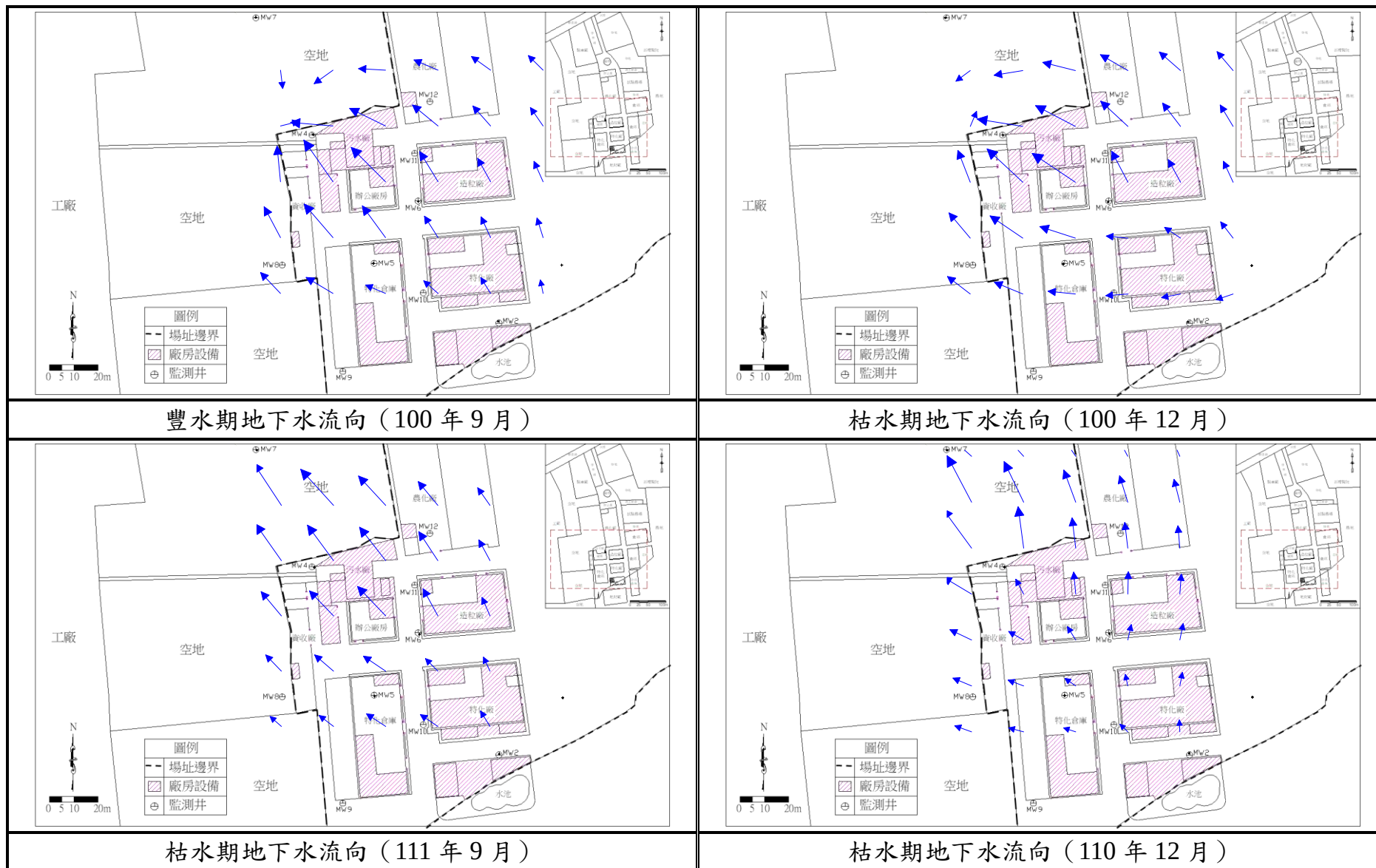


圖 4.2-9 100 年地下水流向示意圖

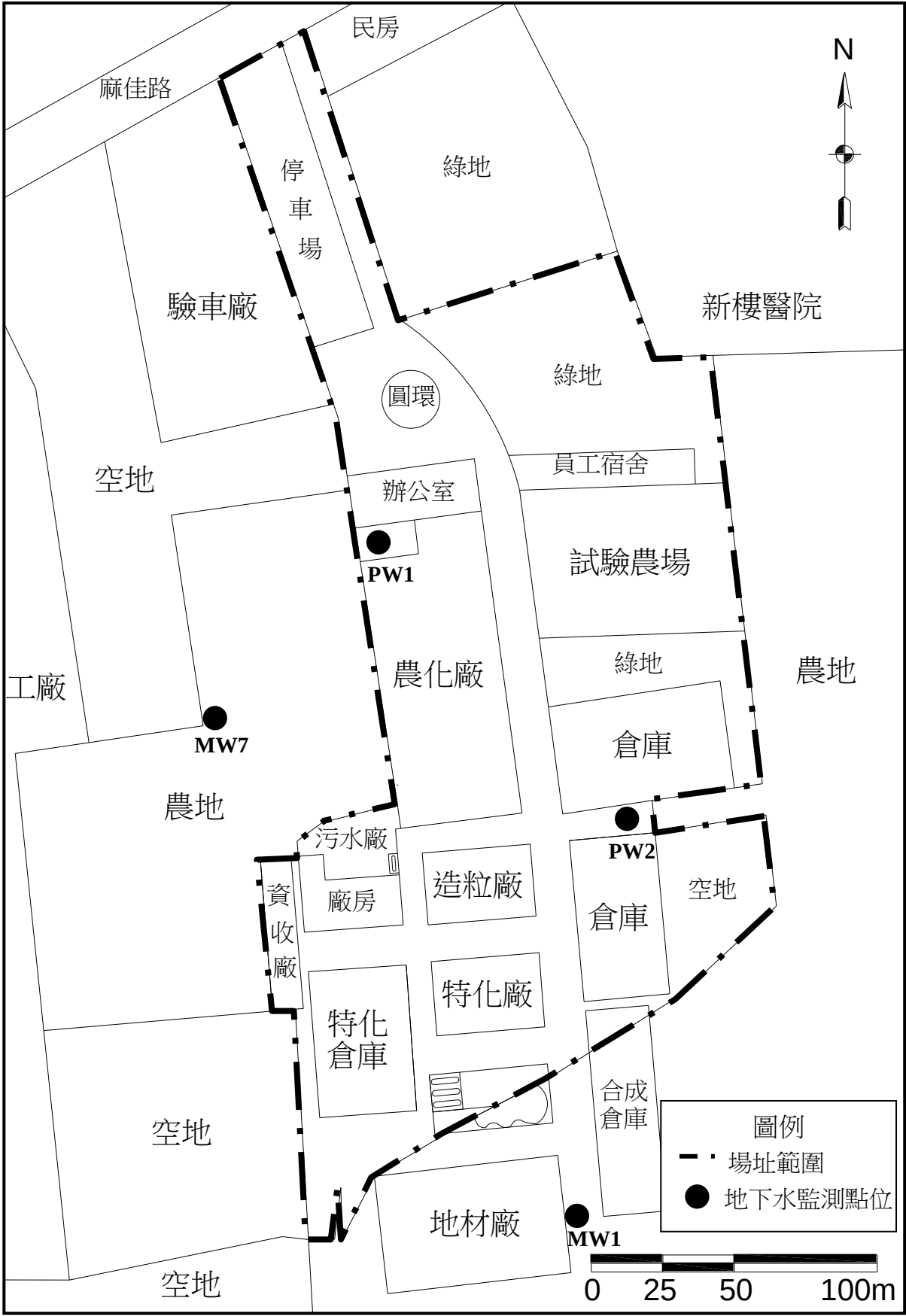


圖 4.2-10 地下水位長期監測點位

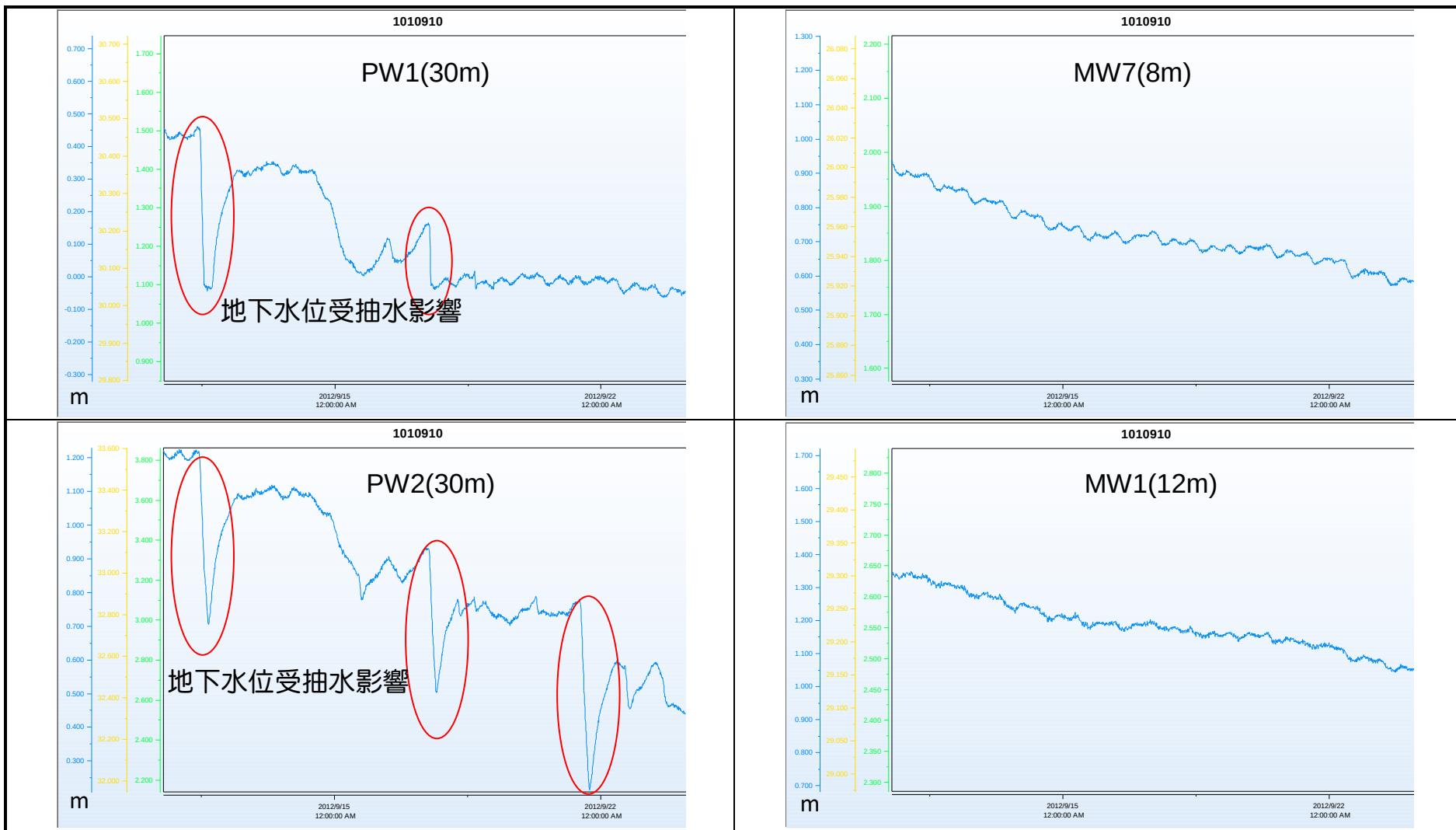


圖 4.2-11 地下水位長期監測結果

	
農化廠北側抽水井 PW1	東側倉庫抽水井 PW2
	
地材廠東側監測井 MW1	西側農地監測井 MW7

圖 4.2-12 地下水位長期監測現場照片

表 4.2-5 補充調查單井流速流向測量結果彙整

點位(位置)	深度 (cm)	流速 (cm/min)	流向 (°)	對應地質
MW2 (特化廠南側)	300	0.049	40.2(東北)	粉土質黏土
	600	0.118	337.5(西北)	粉土夾細砂
MW4 (污水廠放流口)	300	0.019	327.7(西北)	粉土質黏土
	550	0.046	324.7(西北)	粉土夾細砂
	750	0.037	247.2(西)	粉土質黏土
MW5 (特化倉庫)	300	0.040	260.4(西)	粉土質黏土
	650	0.042	39.7(東北)	粉土夾細砂
	770	0.006	67.2(東北)	粉土質黏土
MW6 (造粒場西南角)	300	0.014	245.3(東)	粉土質黏土
	600	0.044	89.3(東南)	粉土夾細砂
	750	0.014	151.7(東南)	粉土質黏土
MW7 (場址西側農地)	350	0.019	107.0(東)	粉土質黏土
	800	0.053	57.8(東北)	粉土夾細砂

註：101.7.24~101.7.26 執行

	
特化廠南側監測井 MW2	特化倉庫內監測井 MW5
	
廢水場放流口旁監測井 MW4	造粒場西南角監測井 MW6

註：101.7.24~101.7.26 執行

圖 4.2-13 補充調查單井流速流向測量現場照片

4.3 曾實施之調查與措施

本場址於民國 99 年經行政院環保署「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（第二期）」調查結果發現，本場址土壤之 1,2-二氯乙烷及苯濃度分別為 33.1 及 5.83 mg/kg；地下水之 1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、氯苯、苯及甲苯濃度分別為 806、0.462、65.5、147、0.667 及 25.8 mg/L，均超過地下水第二類污染管制標準。

臺南市環保局遂依「土壤及地下水污染整治法」第 7 條第 5 項規定要求本公司採取應變必要措施，以減輕污染影響或避免污染擴大，於 100 年 6 月 20 日前提送「土壤及地下水應變必要措施計畫」。而環保局亦於 7 月 26~27 日針對場址周界進行土壤及地下水調查，調查結果發現場址西側農地亦有污染之情形。環保署及環保局詳細調查結果茲說明如后。

4.3.1 環保署調查結果

環保署於 99 年 8 月 5 日至本場址勘查，推測土壤及地下水受污染潛勢較高，於 10 月 20 日開始進場調查，分兩階段執行，第一階段（99/10/20~29）針對高污染潛勢區辦理地球物理探勘、薄膜介面（MIP）調查、土壤採樣、簡易井設置及採樣，第二階段（100/1/4~18）則設置標準監測井及採樣，彙整調查摘要如表 4.3-1 所示，分別說明如下。

一、第一階段調查

第一階段主要先針對製程區等高污染潛勢區域進行透地雷達及地電阻探勘，共完成 12 條透地雷達及 6 條地電阻測線，地電阻測線位置如圖 4.3-1 所示，探測結果如圖 4.3-2~圖 4.3-7 所示，主要高污染潛勢區位在特化廠與造粒廠之間及西側道路（L-01 及 L-02），深度達地表下 10 公尺，後續針對訊號異常區進行 9 點（如圖 4.3-1）MIP 探測。

MIP 探測結果顯示，於點位 M-04、M-05、M-06 及 M-09 等 4 處之 FID 及 ECD 出現多處峰值，因此選在 M-04、M-05 及 M-06 等 3 處辦理土壤採樣調查（點位名稱分別為 S-04、S-05、S-06）及 M-04、M-05、M-06 及 M-09 等 4 處設置簡易井（簡易井名稱分別為 E-04、E-05、E-06 及 E-09），位置如圖 4.3-1 所示。土壤調查結果顯示，S-04 及 S-06 於地表下 1~2 公尺處土壤分別有 1,2-二氯乙烷(33.1 mg/kg)及苯(5.83 mg/kg)污染之情形。簡易井調查結果顯示，4 口井地下水均有受

污染之情形，污染物包括苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯及總酚，以 E-09 污染程度最高，氯苯及 1,2-二氯乙烷濃度分別達 108 及 875 mg/L，因此後續在 E-09 位置設置標準監測井，彙整土壤及地下水分析結果如表 4.3-2 及表 4.3-3 所示。

由第一階段調查結果顯示，超標點位均位於廢水暫存坑、地下管線通過處及洗滌塔旁，污染應為製程廢水洩漏所致，另可發現非本場址原料或產品之污染物（氯乙烯及三氯乙烯），氯乙烯之存在及濃度分布與 1,2-二氯乙烷較為相關，推測可能為地下環境反應之副產物或是原料之不純物質，三氯乙烯則應為原料之不純物質。

二、第二階段調查

環保署於 100 年 1 月於特化廠西南角近洗滌塔處設置 1 口標準監測井（MW-09），井徑 2 英吋、井深 12 公尺、開篩範圍 6~12 公尺，共採 3 個不同深度地下水樣品，分析結果如表 4.3-4 所示，分析結果有苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯及氯乙烯等 6 項皆有超過管制標準之情形，其最高濃度分別超過管制標準 13.3、2.6、147、16,120、9.2 及 3,275 倍。

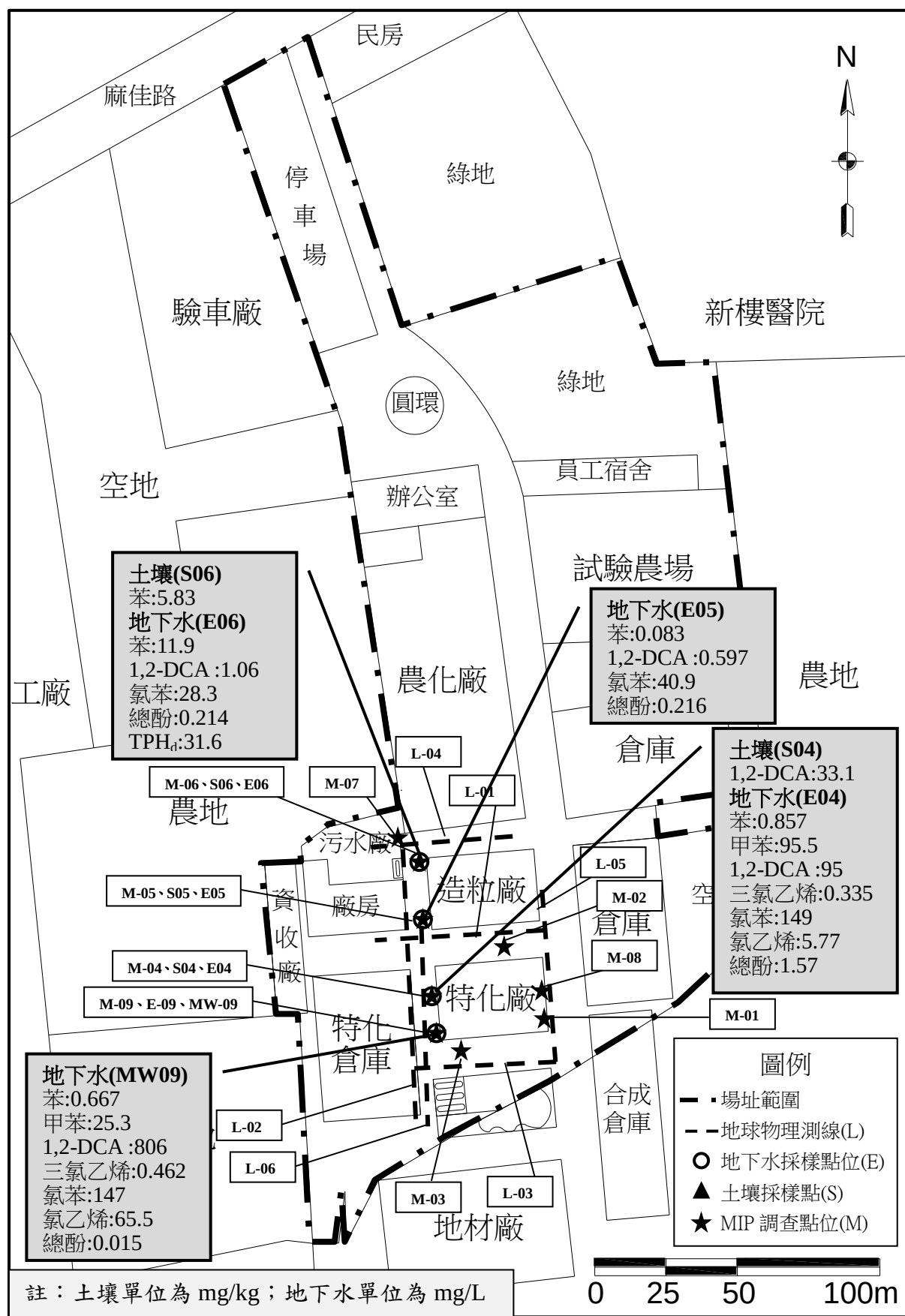


圖 4.3-1 環保署調查點位圖

表 4.3-1 環保署調查結果摘要表

日期	工作項目	調查結果
99.08.05	現勘	—
99.10.20~10.26	地球物理調查	異常區域集中於特化廠製程溝，地下暗管進水口，造粒廠西北側廢水暫存坑，造粒廠南側匯流方井及柴油儲存槽附近。
99.10.27~28	薄膜界面感測器 (MIP) 調查	M-04 (靠近特化廠西側製程溝) FID 最高值為背景值 2~4 倍，M-06 (靠近造粒廠西北側廢水暫存坑) FID 最高值為背景值 5~16 倍，M-05 (靠近造粒廠南側匯流方井及柴油儲存槽) FID 最高值為背景值 4~10 倍，M-09 (靠近地下暗管進水口) ECD 最高值為背景值 3~4 倍。
99.10.28	土壤採樣	S-04 (靠近特化廠西側製程溝) 檢出土壤中 1,2-二氯乙烷測值為 33.1 mg/kg，超過管制標準 (8 mg/kg) 4.13 倍；S-06 (靠近造粒廠西北側廢水暫存坑) 檢出土壤中苯測值為 5.83 mg/kg，超過管制標準 (5 mg/kg) 1.16 倍。
99.10.29	簡易井設置及採樣	檢測結果各井測得超標化合物皆與廠區製成運作物質有關。
100.01.04	標準監測井設置	1 口地下水標準監測井設置，1 口標準井採樣，微洗井與貝勒管 2 種取樣方式。
100.01.18	監測井地下水採樣	MW-09 (靠近地下暗管進水口) 地下水中 1,2-二氯乙烷測值為 806 mg/L，超過管制標準 (0.050 mg/kg) 16,120 倍；苯測值為 0.667 mg/L，超過管制標準 (0.050 mg/L) 13.3 倍；三氯乙烯測值為 0.462 mg/L，超過管制標準 (0.050 mg/L) 9.2 倍；氯乙烯測值為 65.5 mg/L，超過管制標準 (0.020 mg/L) 3,275 倍；氯苯測值為 147 mg/L，超過管制標準 (1.0 mg/L) 147 倍；甲苯測值 25.8 mg/L，超過管制標準 (10 mg/L) 2.6 倍。

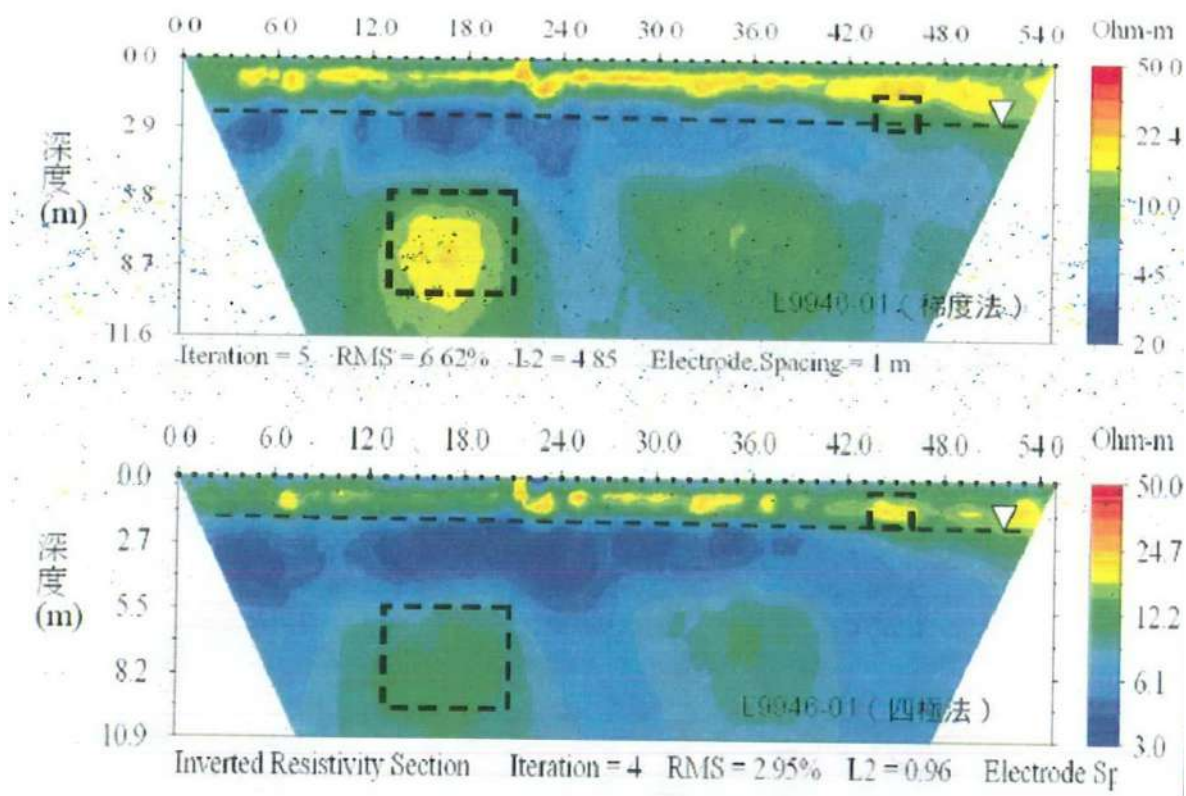


圖 4.3-2 造粒廠南側 (L-01) 地電阻法探測成果

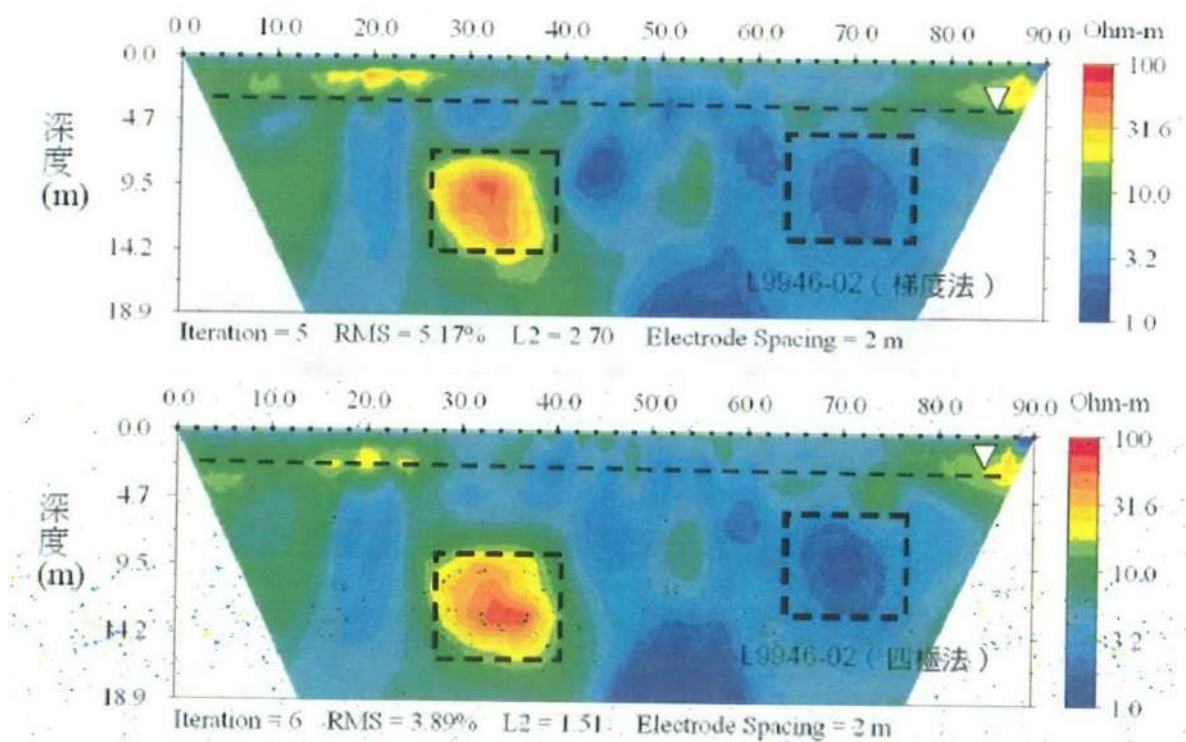


圖 4.3-3 特化倉庫東側 (L-02) 地電阻法探測成果

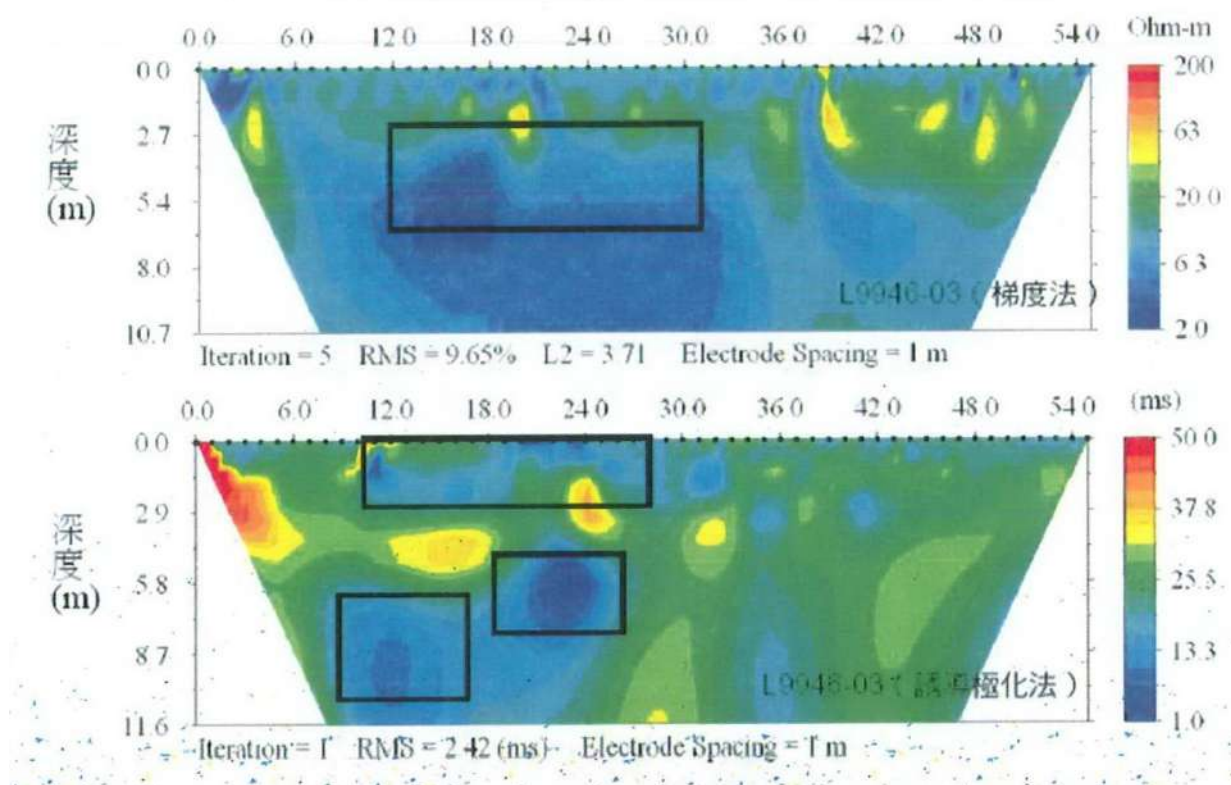


圖 4.3-4 特化廠與儲槽區間 (L-03) 地電阻法探測成果

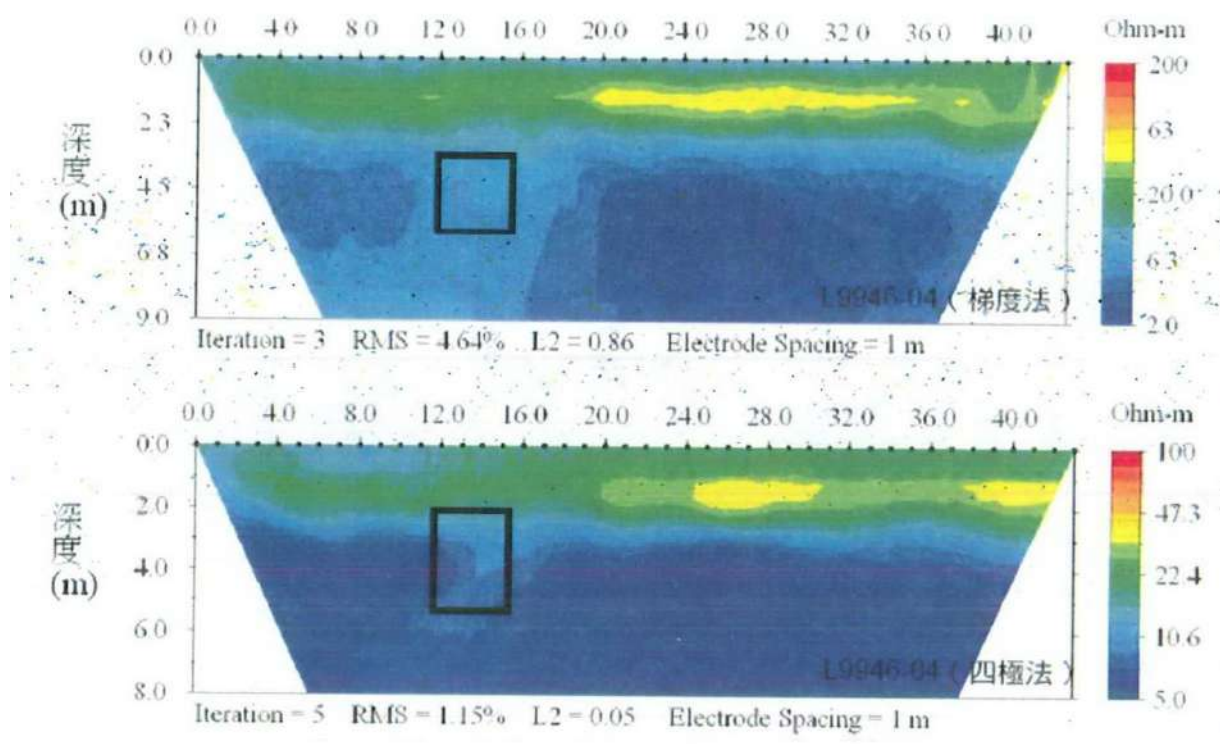


圖 4.3-5 農化廠與造粒廠間 (L-04) 地電阻法探測成果

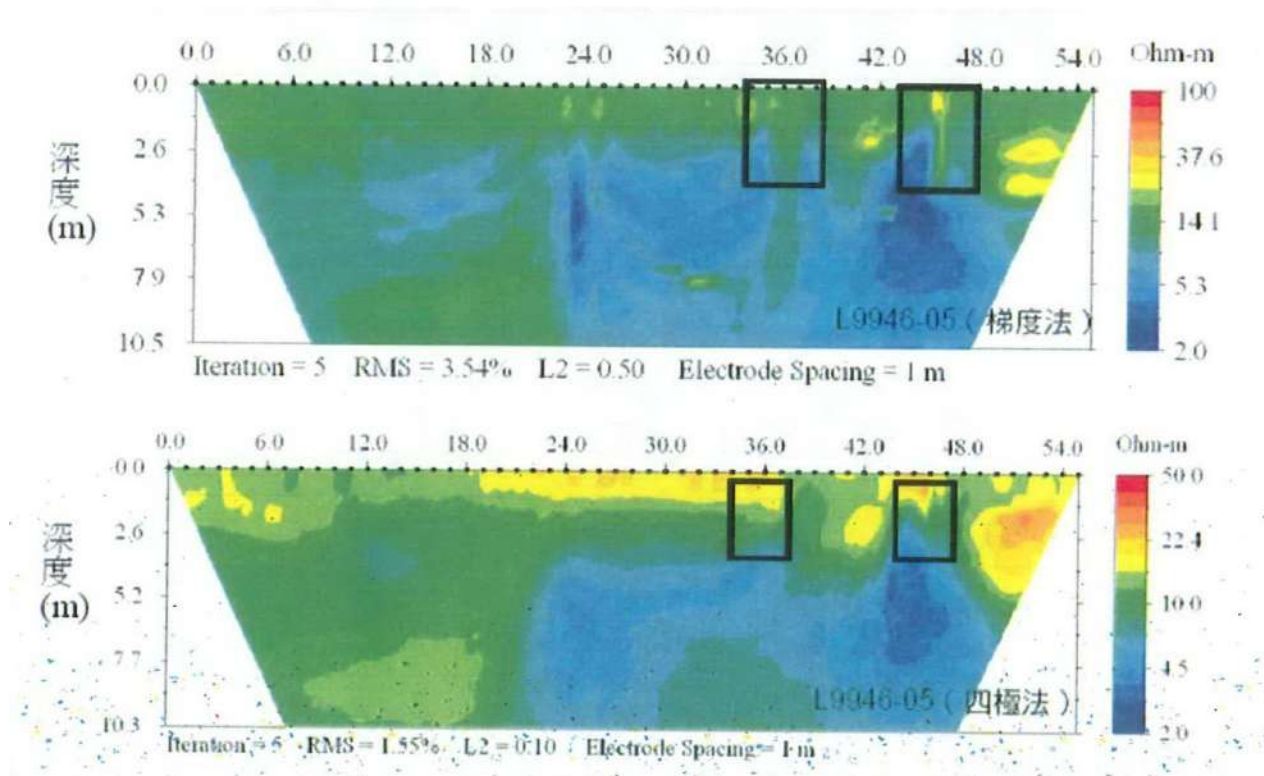


圖 4.3-6 造粒廠及特化廠東側（L-05）地電阻法探測成果

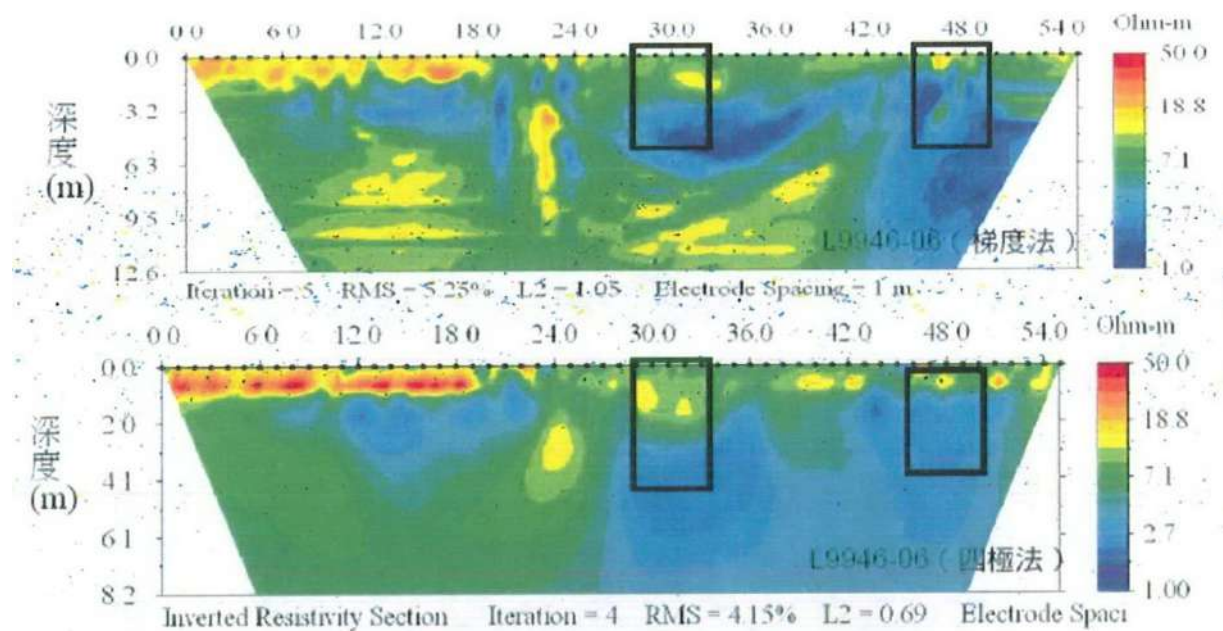


圖 4.3-7 特化廠製程溝沿線（L-06）地電阻法探測成果

表 4.3-2 環保署土壤分析數據彙整

檢測項目 (mg/kg)	S04	S05	S06	偵測 極限	管制 標準
取樣深度(cm)	100~150	60~100	105~140		
苯	<0.40	0.40	5.83	0.20	5
甲苯	80.3	29.0	0.47	0.20	500
乙苯	<0.40	3.07	109	0.20	250
二甲苯	<0.40	11.8	402	0.20	500
氯乙烯	1.92	<0.40	<0.40	0.20	10
反-1,2-二氯乙烯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	50
順-1,2-二氯乙烯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	7
氯仿	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	100
四氯化碳	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	5
1,2-二氯乙烷	33.1	0.64	<0.40	0.20	8
三氯乙烯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	60
1,2-二氯丙烷	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	0.5
四氯乙烯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	10
1,3-二氯苯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	100
1,2-二氯苯	<0.40	<0.40	<0.40	0.20	100
TPH (C ₆ ~C ₄₀)	—	879	—	0.20	1,000
1,2,4-三甲基苯	<0.40	<0.40	0.58	0.20	無
1,3,5-三甲基苯	<0.40	<0.40	1.00	0.20	無
正丙基苯	<0.40	<0.40	2.61	0.20	無
異丙基苯	<0.40	<0.40	3.13	0.20	無
氯苯	95.9	27.0	124	0.20	無

註：粗體、灰底表超過土壤管制標準

表 4.3-3 環保署簡易井地下水分析數據彙整

檢測項目 (mg/L)	E04	E05	E06	E09	偵測 極限	管制標準 (第二類)
取樣深度(cm)	1.5~2.5	1.5~2.5	1.2~2.2	10.1~11.1		
苯	0.857	0.0830	11.9	0.603	0.00061	0.050
甲苯	95.5	7.20	0.411	8.51	0.00068	10
乙苯	0.243	0.608	6.08	ND	0.00059	7.0
二甲苯	0.612	1.95	21.7	0.120	0.00164	100
氯甲烷	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00060	0.30
氯乙烯	5.77	0.231	<0.0100	6.72	0.00069	0.020
1,1-二氯乙烯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00062	0.070
二氯甲烷	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00085	0.050
反-1,2-二氯乙烯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00063	1.0
1,1-二氯乙烷	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00067	8.5
順-1,2-二氯乙烯	0.0823	0.0218	0.0129	0.0644	0.00066	0.7
氯仿	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00083	1.0
四氯化碳	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00059	0.050
1,2-二氯乙烷	95.0	0.597	1.06	875	0.00065	0.050
三氯乙烯	0.335	<0.0100	<0.0100	0.192	0.00061	0.005
1,1,2-三氯乙烷	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00074	0.050
四氯乙烯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00075	0.050
氯苯	149	40.9	28.3	108	0.00062	1.0
1,4-二氯苯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00064	0.75
萘	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00062	0.40
TPH _d	—	7.41	31.6	—	0.5000	10
總酚	1.57	0.216	0.214	0.333	0.0009	0.14
1,2,4-三甲基苯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00059	無
1,3,5-三甲基苯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00058	無
正丙基苯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00060	無
異丙基苯	<0.0400	<0.0100	<0.0100	<0.0400	0.00056	無
巴拉刈	ND	ND	ND	ND	0.0012	0.30
達馬松	ND	ND	ND	ND	0.00182	0.20
大利松	ND	ND	ND	ND	0.00154	0.050
巴拉松	ND	ND	ND	ND	0.00148	0.22
加保扶	0.0259	ND	ND	ND	0.00306	0.40

註：粗體、灰底表超過第二類地下水管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.3-4 環保署監測井地下水分析數據彙整

檢測項目 (mg/L)	MW09			偵測 極限	管制標準 (第二類)
取樣深度(m)	7.7~8.7	10	11.5		
苯	0.605	0.667	0.631	0.00061	0.050
甲苯	19.7	25.3	25.8	0.00068	10
乙苯	0.0324	0.0446	0.0425	0.00059	7.0
二甲苯	0.0775	0.106	0.104	0.00164	100
氯甲烷	ND	ND	ND	0.00060	0.30
氯乙烯	46.2	65.5	62.5	0.00069	0.020
1,1-二氯乙烯	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00062	0.070
二氯甲烷	0.0227	0.0235	0.0232	0.00085	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	0.00063	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	0.0113	0.0113	0.00067	8.5
順-1,2-二氯乙烯	0.252	0.275	0.281	0.00066	0.7
氯仿	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00083	1.0
四氯化碳	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00059	0.050
1,2-二氯乙烷	635	806	759	0.00065	0.050
三氯乙烯	0.324	0.462	0.442	0.00061	0.005
1,1,2-三氯乙烷	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00074	0.050
四氯乙烯	0.0229	0.0393	0.0365	0.00075	0.050
氯苯	106	147	146	0.00062	1.0
1,4-二氯苯	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00064	0.75
萘	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.00062	0.40
總酚	0.015	—	—	0.0009	0.14

註：粗體、灰底表超過第二類地下水管制標準；ND 表低於偵測極限

4.3.2 臺南市環保局調查結果

臺南市環保局於100年7月針對資源回收場西側農地及地材廠旁空地進行土壤及地下水調查，調查點位如圖 4.3-8 所示。調查結果顯示鄰近資源回收場之SRF001地表下540~570公分土壤樣品測出非管制項目氯苯濃度為4.37 mg/kg，地下水則檢出總酚(0.0267 mg/L)、1,2-二氯乙烷(0.372 mg/L)、氯苯(11.1mg/L)、苯(0.0416 mg/L)及氯乙烯(0.0186 mg/L)，其中1,2-二氯乙烷及氯苯濃度分別超過第二類地下水管制標準之7.4及11.1倍；SRF002土壤及地下水則無受污染之情形。

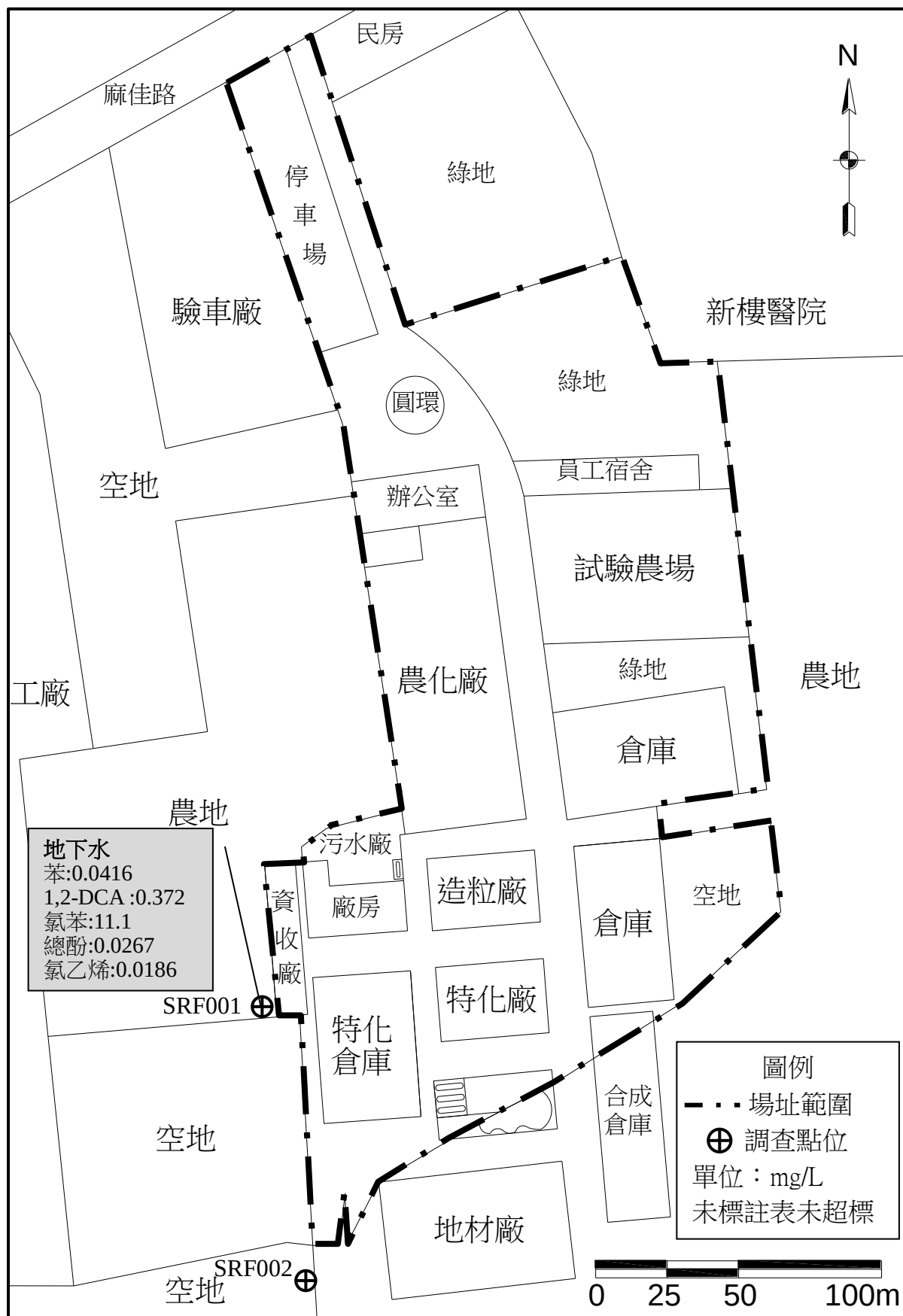


圖 4.3-8 環保局調查點位

4.3.3 場址之應變措施

本場址自環保署調查後即針對可能之污染洩漏途徑進行整修或停用，以防範污染持續擴大，本場址自調查發現污染迄今，已完成相關應變措施如下：

1. 維修特化廠洗滌塔系統儲槽底部結構及玻璃纖維；特化廠周圍重新設置截流溝（以不透水布作為內襯）及廢水暫存坑（以玻璃纖維作為內襯），並以明管方式收集污水至廢水處理廠。
2. 整修造粒廠製程溝及廢水暫存坑，均以玻璃纖維作為內襯，並將造粒廠與特化廠間之地下管線盲封，改以明管方式收集污水至廢水處理廠。
3. 停止使用廠區內既有2口抽水井。
4. 停止使用主要污染物1,2-二氯乙烷(88年~100年)、氯苯(89年~95年)，改以甲苯作為溶劑。

4.4 場址之污染情形

本場址於100年6月委託冠誠環境科技工程股份有限公司辦理「土壤及地下水應變必要措施計畫」及「土壤、地下水調查及評估計畫」，並於101年2月29日完成相關調查並提送成果報告。然經前述調查結果評估，本場址之地下水污染範圍及深度尚未明確，地質狀況亦須再進行確認，本場址遂於101年6月及106年3月委託台境企業股份有限公司辦理補充調查，以確立污染團邊界，並了解污染情形、污染物之洩漏途徑，及建立全場之地質分布與評估地下水流之優勢流徑。茲就本場址歷年來各項調查結果及污染情形彙整說明如后。

4.4.1 調查及評估計畫結果

本場址於100年6月委託冠誠環境科技工程股份有限公司辦理「土壤及地下水應變必要措施計畫」及「土壤、地下水調查及評估計畫」，於101年2月29日完成相關調查及提送成果報告。現場調查分為二階段辦理，第一階段主要於高污染潛勢區進行調查，確認廠內污染情形，於第二階段調查確認污染範圍，共執行20點MIP探測、15點土壤採樣、16點地下水採樣及7口標準監測井調查作業，茲彙整調查結果如下：

一、MIP 探測結果

MIP之佈點規劃主要針對廠內污染潛勢區進行MIP探測作業，MIP搭載的感測器包括FID（適用於烷、烯及芳香族碳氫化合物）及XSD（適用於含鹵素碳氫化合物）有機物偵測。

調查工作分為兩階段進行，第一階段（100/6/22～25）共10點，主要於高污染潛勢區進行調查，確認廠內污染情形；第二階段（100/7/13～16）共10點，分布於廠外及製程區周界以調查確認污染範圍（位置如圖4.4-1）。

兩階段 MIP 探測結果如圖 4.4-2 所示，訊號記錄詳附件四，以 M04、M05、M08、M09 及 M11 測值較高，推測高污染區位於造粒場、特化廠、特化倉庫與污水廠放流口，深度主要位於地表下 1～8 公尺，其中 M09 深度較深，地表下 14 公尺處仍有明顯訊號，而場址周界之點位 M12 及 M19 在地表下 6～8 公尺處則可發現較明顯訊號，推估可能為地質因素造成污染物在局部深度流佈所造成，由 XSD 訊號值模擬污染分布如圖 4.4-3 所示，模擬剖面分布如圖 4.4-4 所示。

二、土壤調查結果

本場址依據前述之 MIP 調查結果，規劃辦理 15 點之土壤調查（位置如圖 4.4-5）。現場調查分為兩階段進行，第一階段（100/7/25～29）10 點，第二階段（101/1/6～7）5 點，分析項目為 VOCs 法規管制項目、總石油碳氫化合物(TPH)、1,1-二氯乙烯及氯乙烷，並於 S06 及 S07 兩點增加農藥管制項目之分析，採樣過程中以 PID 及 FID 篩測，挑選篩測值最高深度進樣分析，並另確認污染深度（S06）。

彙整檢測數據如表 4.4-1 所示，第一階段調查僅於鄰近特化廠洗滌塔之 S06（地表下 133～166 公分）檢出 1,2-二氯乙烷（16.1 mg/kg），濃度約為管制標準 2 倍，S06 及 S07 農藥項目均未檢出；第二階段調查則在 S08 檢出氯苯濃度為 1.36 mg/kg，如表 4.4-2 所示。

三、地下水調查結果

本場址以直接貫入式方法進行 16 點地下水採樣調查（位置如圖 4.4-6）。現場調查分為兩階段執行，第一階段（100/8/1～3）10 點，鄰近前述之土壤第一階段採樣點位，第二階段（101/9/6～7）6 點，點位均位於廠外，分析項目為 VOCs 法規管制項目、氯乙烷、總酚及 TPHd，另 W06 與 W07 另加測農藥管制項目。

彙整第一階段地下水採樣分析數據如表 4.4-3 所示，除 W09 及 W0a 外，其餘 8 點地下水均有污染之情形，其中鄰近特化廠之 W05～W07 及污水廠放流處之 W04 污染情形較嚴重，污染物與環保署調查結果相同，W06 及 W07 農藥項目除加保扶代謝物外均未檢出，而加保扶代謝物濃度符合管制標準（0.40 mg/L）且低於定量極限（0.00226 mg/L）；第二階段調查均符合管制標準，彙整如表 4.4-4 所示。

接著再綜合 MIP、土壤及地下水採樣分析結果，挑選高污染區及場址周界設置 7 口標準監測井，井徑為 2 或 4 英吋，井深除 MW1 為 12 公尺外，其餘皆為 8 公尺，均自井底往上開篩 6 公尺，分析數據如表 4.4-5 所示，超標點位為 MW4～MW6，其餘廠區東南側及廠外西側農地之監測井均符合管制標準，至於 MW7 於標準採樣時未超標但分層採樣（數據彙整如表 4.4-6）卻有超標之情形，不排除雙封塞採樣設備有受污染之情形，後續補充調查則未發現該井有污染之情形。

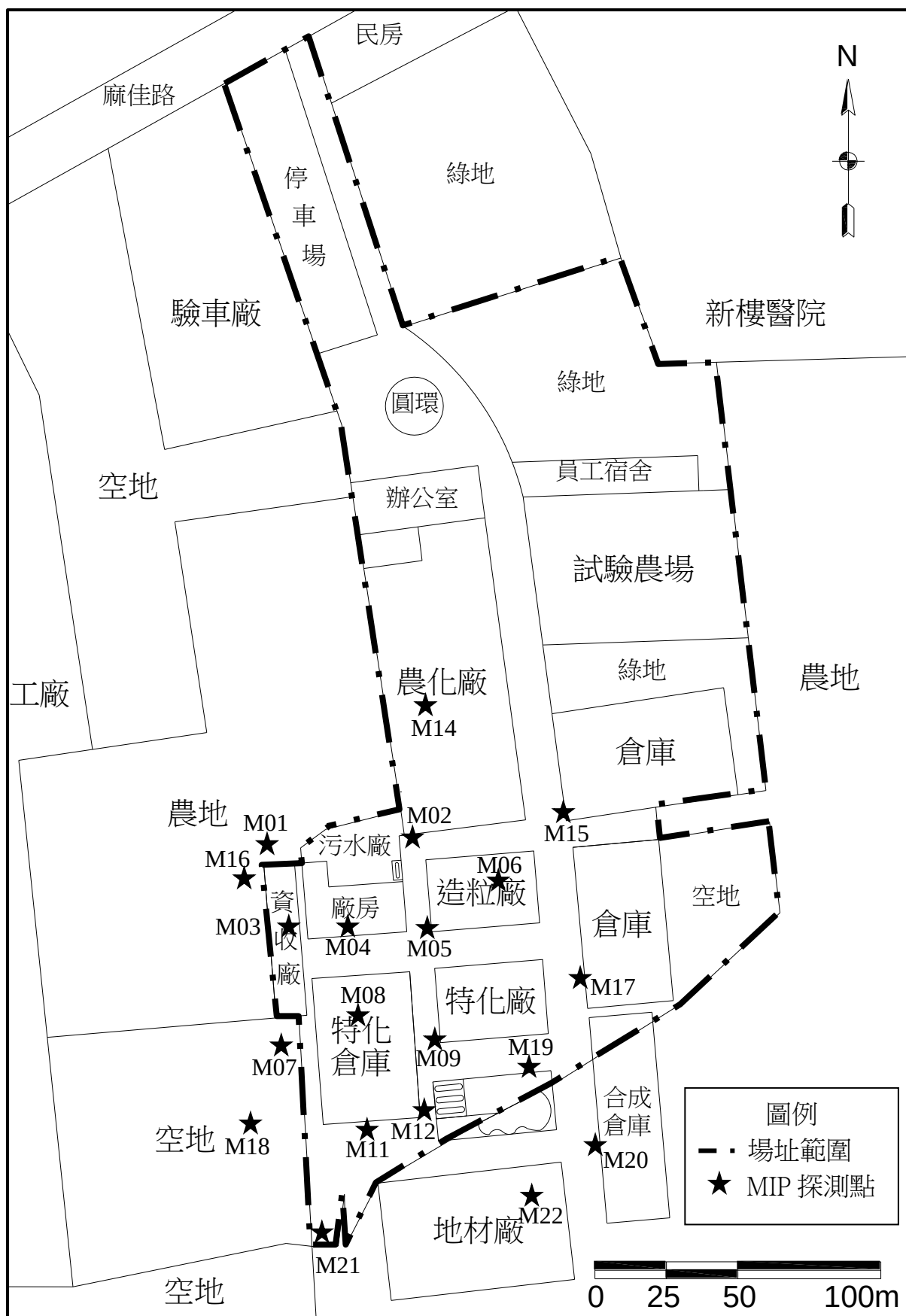


圖 4.4-1 調查及評估計畫 MIP 探測點位

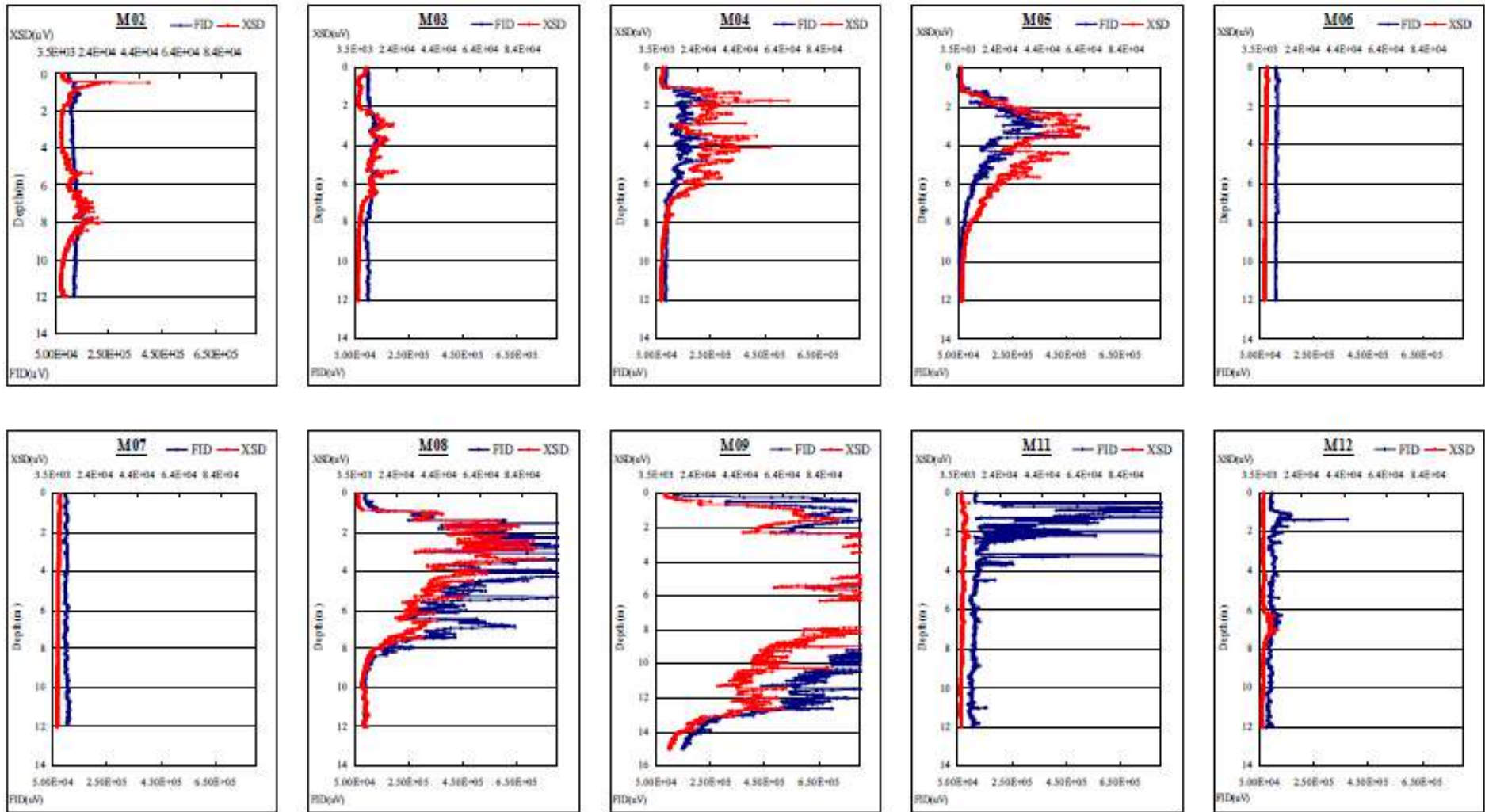


圖 4.4-2 調查及評估計畫 MIP 探測點 FID/XSD 訊號 (1/2)

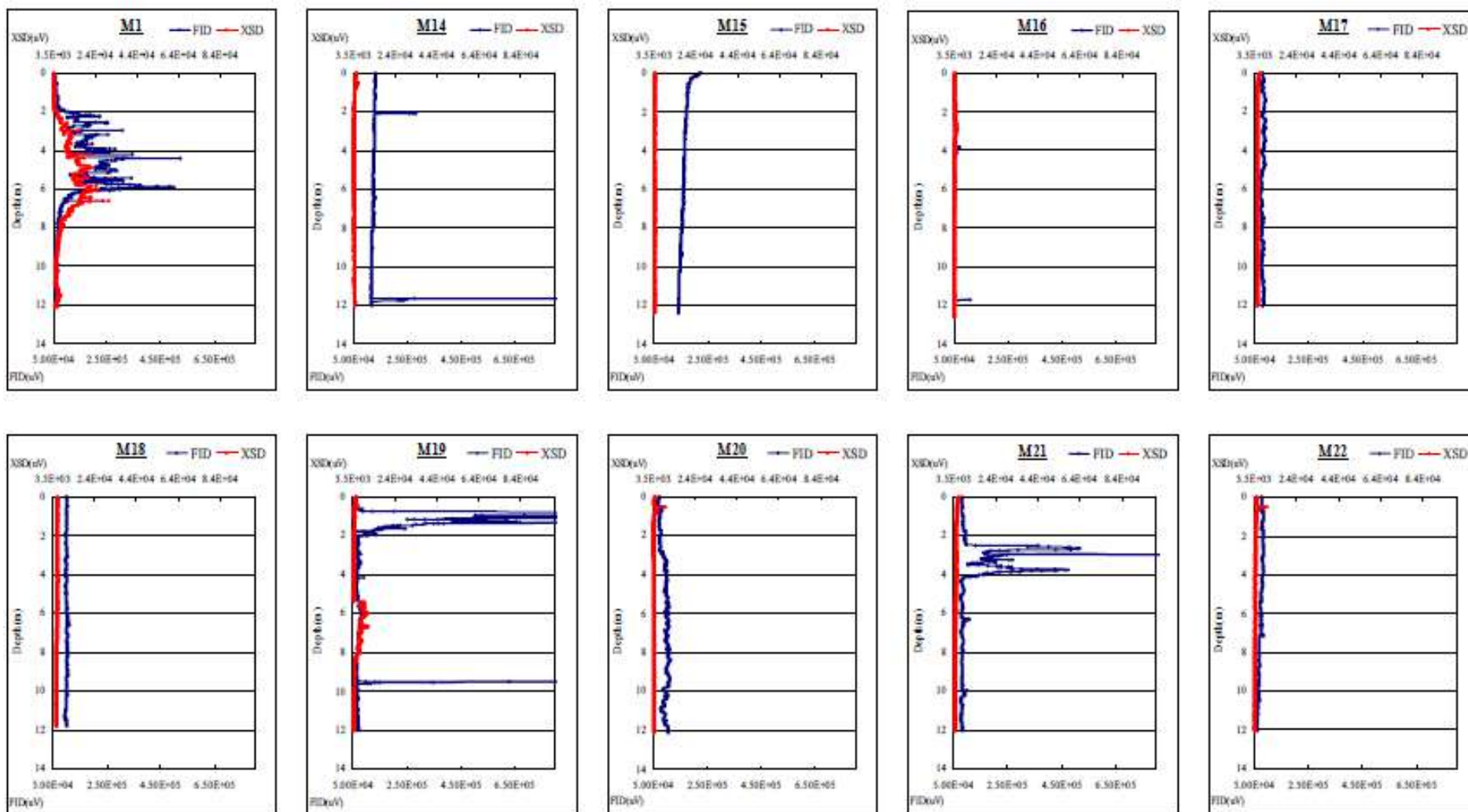


圖 4.4-2 調查及評估計畫 MIP 探測點 FID/XSD 訊號 (2/2)

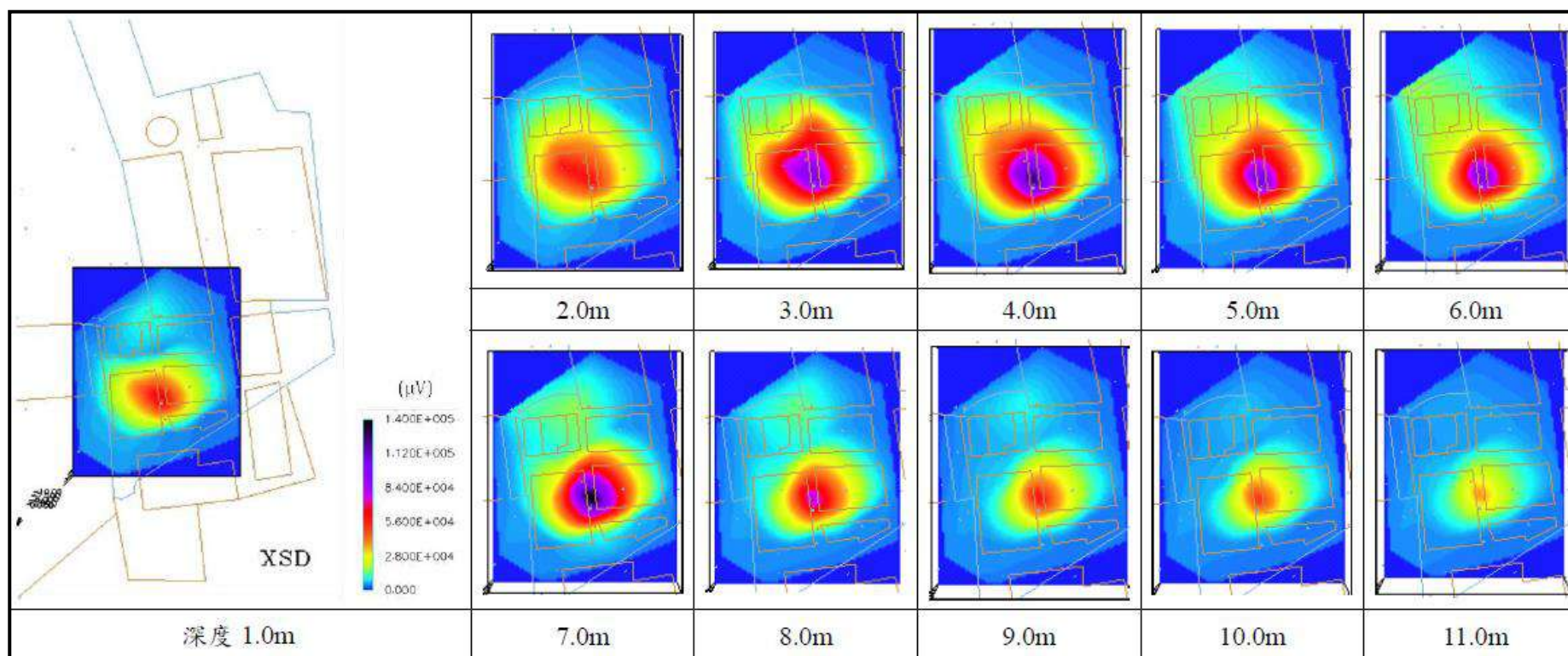


圖 4.4-3 調查及評估計畫 MIP-XSD 各深度剖面訊號強度分布情形

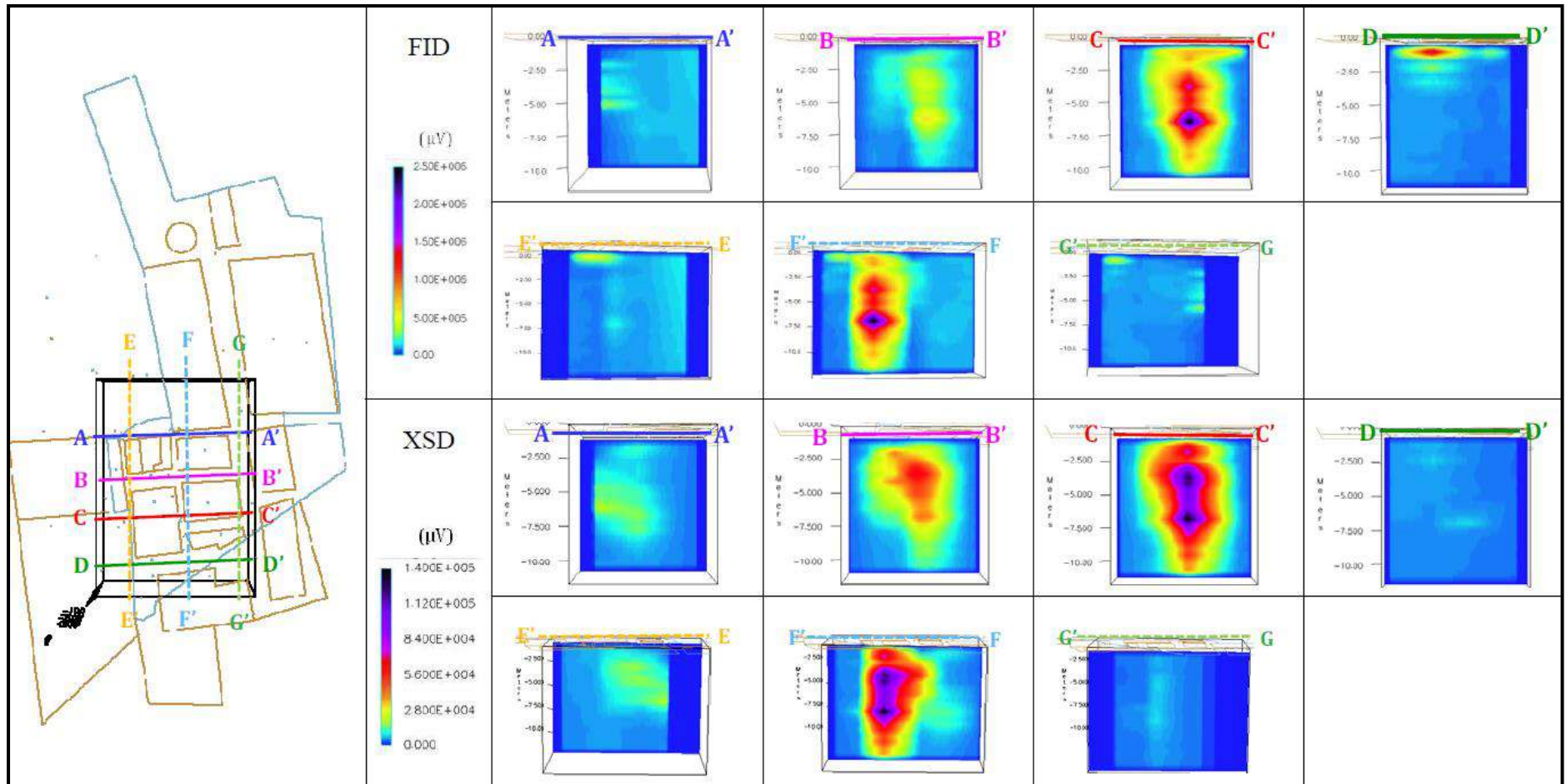


圖 4.4-4 調查及評估計畫 MIP-FID 及 MIP-XSD 剖面訊號強度分布情形

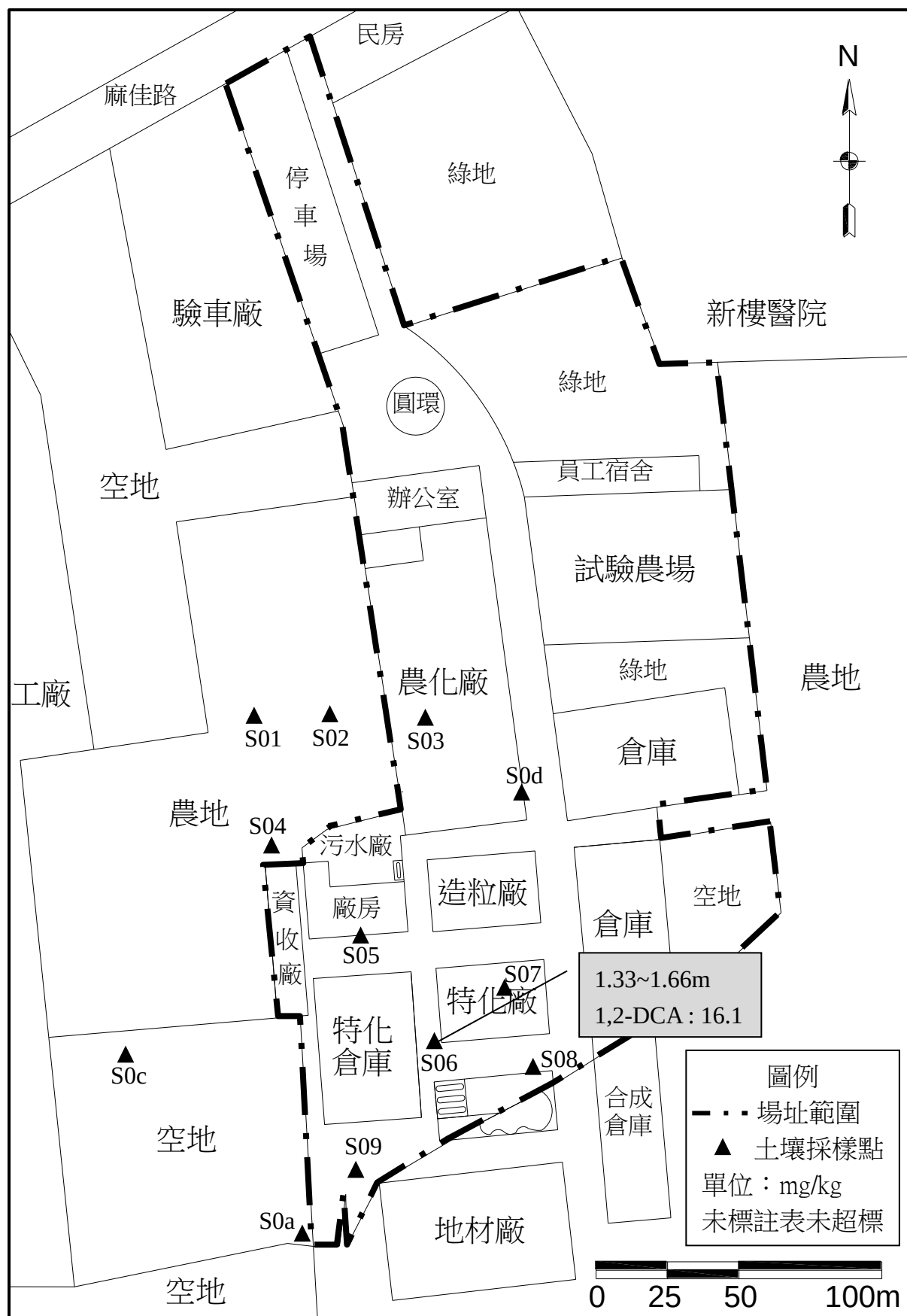


圖 4.4-5 調查及評估計畫(100 年)土壤採樣點位

表 4.4-1 調查及評估計畫(100 年)土壤分析數據彙整 (第一階段)

採樣點	S01	S02	S03	S04	S05	S06				S07		S08	S09	S0a	偵測 極限	管制 標準
座標	X:171332 Y:2564222	X:171361 Y:2564220	X:171390 Y:2564218	X:171337 Y:2564177	X:171366 Y:2564143	X:171389,Y:2564111				X:171409 Y:2564122	X:171420 Y:2564098	X:171368 Y:2564065	X:171358 Y:2564049			
地面高程(m)	4.663	4.79	5.309	4.9	5.331	5.312				5.436	5.378	5.427	5.486			
取樣深度(m)	9~9.25	3~3.25	1.66~2	4~4.25	1.33~ 1.66	4.66 ~5	1.33~ 1.66	10.5~ 10.75	14.66~ 15	1~ 1.33	5.66 ~6	5.33~ 5.66	3.33~3.66	3~3.33		
苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.64	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0287	5
甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	34.6	0.28	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	0.0418	500
乙苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.52	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0318	250
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.03	0.43	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0489	500
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0237	
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0284	10
氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0494	無
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0425	無
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0717	50
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0517	7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0778	100
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0326	5
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16.1	4.58	0.34	ND	ND	ND	ND	ND	0.0364	8
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0386	60
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0232	0.5
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0271	10
TPH(C ₆ -C ₉)	—	—	ND	—	3.39	—	25.7	—	—	2.56	—	2.72	ND	ND	0.86	—
TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	—	—	ND	—	ND	—	ND	—	—	ND	—	ND	ND	ND	23.4	—
TPH	—	—	ND	—	26.8	—	49.1	—	—	26	—	26.1	ND	ND	24.3	1,000

註：單位為 mg/kg；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-2 調查及評估計畫(100 年)土壤分析數據彙整 (第二階段)

採樣點	S01	S08	S09	S0c	S0d	偵測 極限	管制 標準
座標	X:171332 Y:2564222	X:171420 Y:2564098	X:171368 Y:2564065	X:171284 Y:2564094	X:171423 Y:2564194		
地面高程(m)	4.663	5.378	5.427	—	—		
取樣深度(m)	5.0~5.33	5.66~6.0	3.0~3.33	2~2.33	5.66~6.0		
苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0228	5
甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0438	500
乙苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0331	250
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0431	500
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0248	
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0135	10
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0201	50
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0232	7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	0.0565	100
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	0.0236	5
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.0239	8
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0344	60
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.0261	0.5
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.0228	10
氯苯	ND	1.36	ND	ND	ND	0.0249	無

註：單位為 mg/kg；ND 表低於偵測極限

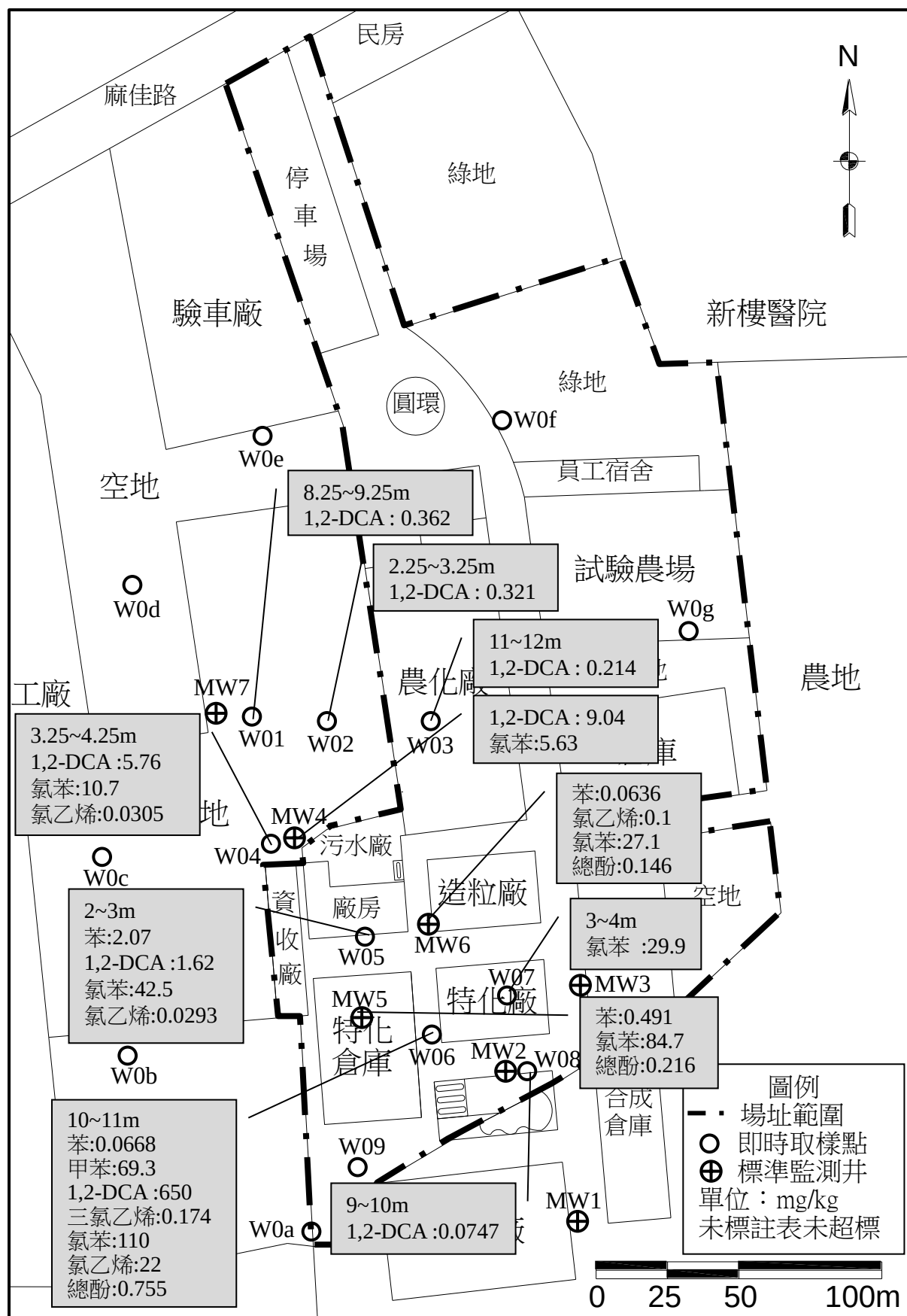


圖 4.4-6 調查及評估計畫(100 年)地下水採樣點位

表 4.4-3 調查及評估計畫(100 年)地下水分析數據彙整（第一階段）

即時取樣點	W01	W02	W03	W04	W05		W06			W07	W08		W09	W0a	偵測 極限	管制 標準
座標	X:171332 Y:2564222	X:171361 Y:2564220	X:171390 Y:2564218	X:171337 Y:2564177	X:171366,Y:2564143		X:171389,Y:2564111			X:171409 Y:2564122	X:171420 Y:2564098		X:171368 Y:2564065	X:171358 Y:2564049		
地面高程(m)	4.663	4.79	5.309	4.9	5.331		5.312			5.436	5.378		5.427	5.486		
取樣深度(m)	8.25~9.25	2.25~3.25	11~12	3.25~4.25	2~3	4~5	6~7	10~11	14~15	3~4	6~7	9~10	3~4	3~4		
苯	0.0012	0.00326	0.00369	0.00866	2.07	1.97	0.064	0.0668	0.113	0.022	0.00207	ND	ND	0.00354	0.00012	0.050
甲苯	0.0132	0.0828	0.0564	0.0344	0.962	0.62	59.4	69.3	27.2	5.67	0.00178	0.0392	0.0056	0.00431	0.00006	10
乙苯	0.0006	0.00044	0.00088	0.0166	0.0501	0.0196	0.164	0.302	0.271	0.0466	ND	ND	ND	ND	0.00014	7.0
間、對-二甲苯	0.0013	0.00083	0.00183	0.0122	0.0154	0.00911	0.368	0.696	0.667	0.0243	ND	ND	ND	0.00369	0.00039	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	0.00841	0.00951	0.00586	0.105	0.192	0.172	0.0276	ND	ND	ND	ND	0.00012	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	0.30
氯乙烯	0.0061	0.00575	0.00936	0.0305	0.0293	0.0278	18.4	22	12.2	0.00552	ND	0.0013	ND	ND	0.00008	0.020
氯乙烷	ND	ND	ND	0.00103	0.00096	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	無
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00119	0.0023	0.00119	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.070
二氯甲烷	ND	ND	ND	0.00184	ND	ND	0.00813	0.0157	0.0199	ND	ND	ND	ND	ND	0.00107	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00027	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.00099	ND	ND	0.00215	0.00377	0.00235	ND	ND	ND	ND	ND	0.0001	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	0.00068	0.00073	0.0318	0.0542	0.0308	ND	ND	ND	ND	ND	0.00035	0.70
氯仿	ND	ND	ND	0.0007	ND	ND	0.00108	0.00097	0.00232	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.050
1,2-二氯乙烷	0.362	0.321	0.214	5.76	1.62	1.1	610	650	526	0.00641	ND	0.0747	0.0109	ND	0.00012	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	0.00063	0.00051	0.0913	0.174	0.0628	ND	ND	ND	ND	ND	0.00013	0.050
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0007	0.00106	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0153	0.0406	0.0234	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	0.050
氯苯	0.12	0.238	0.248	10.7	42.5	35	108	110	81.3	29.9	0.611	0.162	0.17	0.174	0.00013	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00257	0.00489	0.0064	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.75
苯	ND	ND	ND	ND	0.00026	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.00024	0.40
TPHd	—	0.067	—	0.637	2.8	—	5.92	—	—	2.23	0.384	-	0.133	1.1	0.025	10
總酚	0.0721	ND	ND	0.0046	0.11	0.114	1.01	0.755	0.382	0.0493	0.0214	0.0048	ND	0.0677	0.00176	0.14

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-4 調查及評估計畫(100 年)地下水分析數據彙整(第二階段)

即時取樣點	W0b	W0c	W0d	W0e	W0f	W0g	偵測 極限	管制 標準
座標	X:171289 Y:2564102	X:171281 Y:2564176	X:171284 Y:2564279	X:171321 Y:2564312	X:171416 Y:2564319	X:171484 Y:2564248		
地面高程(m)	4.716	4.451	5.034	4.568	5.106	4.841		
取樣深度(m)	7~8	7~8	7~8	7~8	7~8	7~8		
苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00012	0.050
甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00006	10
乙苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	7.0
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00039	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00012	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	0.30
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	0.020
氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	無
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.070
二氯甲烷	ND	ND	0.00119	ND	ND	ND	0.00107	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00027	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0001	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00035	0.70
氯仿	ND	ND	0.00077	ND	ND	ND	0.00014	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.050
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.00267	ND	ND	0.00012	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00013	0.050
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	0.050
氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00013	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.75
萘	ND	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.00024	0.40

註：單位為 mg/L；ND 表低於偵測極限

表 4.4-5 調查及評估計畫(100 年)監測井地下水分析數據彙整

標準監測井	MW1	MW2	MW3	MW4	MW5	MW6	MW7	偵測 極限	管制 標準
取樣深度(m)	9	5	5	5	5	5	5		
pH	7.70	7.14	7.16	7.18	7.01	6.96	6.60	無	無
導電度(μS)	1,778	980	1,782	3,640	8,080	7,550	1,648	無	無
氧化還原電位 (mV)	287	345	314	274	318	310	310	無	無
溶氧	4.61	1.65	2.86	2.28	1.90	1.84	3.64	無	無
苯	ND	ND	0.0004	0.00458	0.491	0.0636	ND	0.00012	0.050
甲苯	ND	ND	0.0037	0.0021	2.54	0.0562	ND	0.00006	10
乙苯	ND	ND	ND	0.00352	0.164	0.0551	ND	0.00014	7.0
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	0.00438	0.0937	0.0238	ND	0.00039	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	0.00182	0.0337	0.0206	ND	0.00012	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	0.30
氯乙烯	ND	ND	ND	0.0042	0.00171	0.1	ND	0.00008	0.020
氯乙烷	ND	ND	ND	0.00214	ND	0.00391	ND	0.0003	無
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.070
二氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00107	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.00065	ND	0.00027	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0001	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.025	ND	0.00035	0.70
氯仿	0.00284	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.050
1,2-二氯乙烷	ND	0.00247	ND	9.04	ND	0.00828	ND	0.00012	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.00263	ND	0.00013	0.050
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	0.050
氯苯	ND	0.0664	0.109	5.63	84.7	27.1	ND	0.00013	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.00073	ND	0.00018	0.75
萘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00024	0.40
總酚	—	0.0046	ND	0.0511	0.216	0.146	0.002	0.00176	0.14

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-6 調查及評估計畫(100 年)監測井分層採樣分析數據彙整

標準監測井	MW7			MW6			MW4			偵測 極限	管制 標準
取樣深度 (m)	3.5~4	5~5.5	7~7.5	3.5~4	5~5.5	7~7.5	3.5~4	5~5.5	7~7.5		
pH	7.36	7.49	7.46	7.53	7.57	7.41	8.07	7.78	7.30	無	無
導電度(μS)	1,748	1,765	1,725	1,425	1,521	1,416	1,417	1,377	1,377	無	無
氧化還原電位 (mV)	317	310	308	138	154	155	151	156	164	無	無
溶氧	3.60	3.65	3.71	3.41	0.85	2.30	3.45	3.40	3.35	無	無
苯	0.00019	0.00086	0.0003	0.0176	0.0219	0.0229	0.003	0.00446	0.0079	0.00012	0.050
甲苯	0.00118	0.021	0.003	0.011	0.013	0.0134	0.0027	0.00401	0.0047	0.00006	10
乙苯	ND	ND	ND	0.0117	0.0088	0.0098	0.0062	0.0071	0.0066	0.00014	7.0
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	0.0032	0.0027	0.0031	0.0104	0.0123	0.01	0.00039	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	0.0038	0.0026	0.0027	0.004	0.00467	0.0036	0.00012	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	0.30
氯乙烯	0.0343	0.032	0.0318	0.0067	0.0125	0.0244	0.0013	0.00253	0.0129	0.00008	0.020
氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.0011	0.0006	0.00066	0.0019	0.0003	無
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.070
二氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0011	0.00107	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00027	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0002	0.0001	8.5
順-1,2-二氯乙烷	0.00097	0.00103	0.001	0.0086	0.0107	0.0112	ND	ND	ND	0.00035	0.70
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00019	0.0002	0.00014	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.050
1,2-二氯乙烷	0.134	0.198	0.197	0.0071	0.0072	0.0085	11.6	13.8	12.7	0.00012	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	0.0006	0.0007	0.0016	ND	ND	ND	0.00013	0.050
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00014	0.050
氯苯	0.00115	0.0909	0.0042	9.82	7.86	8.02	14.1	16.3	16.2	0.00013	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00018	0.75
萘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00024	0.40

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

4.4.2 整治前土壤及地下水污染補充調查結果

經由前述調查結果評估，本場址地下水污染範圍、深度尚未明確，地質狀況亦須再進行確認，本場址遂於 101 年 6 月及 106 年 3 月委託台境企業股份有限公司辦理整治前補充調查，補充調查主要針對場址周界（包括本場址及西側農地）及須再確認污染情形之區域進行土壤及地下水污染補充調查，以較明確界定污染團邊界與了解污染情形。此外，亦補充調查地質鑽探資料，以了解污染物之洩漏途徑、傳輸及評估後續改善方法之選擇，並建立全場之地質分布與評估地下水流之優勢流徑，除人工判識土壤質地外亦將送部份點位、深度之樣品進行粒徑分析；另將挑選標準監測井執行單井流速流向，評估不同深度、不同地質之流向與流速差異。

一、土壤調查結果

土壤採樣規劃如表 4.4-7 所示，點位如圖 4.4-7 所示，採樣過程中以人工判識及 PID 篩測，共挑選 5 點、6 個深度篩側值較高之樣品送認證實驗室分析，分析項目為 VOCs，分析結果彙整如表 4.4-8 所示；另因 102 年 9 月於 MW10 發現地下水砷超過第二類地下水管制標準，且本場址曾使用甲基砷酸鈉為原料，推判為洗滌塔、暫存坑等處入滲所致，因此針對造粒廠及特化廠西側採集 2 組土壤樣品，分析項目為八項重金屬，點位如圖 4.4-8 所示，而分析結果彙整如表 4.4-9 所示（詳如附件七），現場照片如圖 4.4-9 所示。

分析結果顯示，VOCs 的部分，污水廠放流口（S10）及造粒廠西北角暫存坑（S13）土壤均有污染之情形，PID 篩側最高值與調查及評估計畫 MIP 探測結果相符，S10 地表下約 5 公尺 1,2-二氯乙烷超過管制標準，S13 地表下約 2 公尺苯、乙苯及二甲苯超過管制標準，地表下約 9 公尺苯亦有偏高之情形，各點均可檢出氯苯，以 S13 及 S15 濃度較高。重金屬的部分，S02 及 S03 八項重金屬則皆未超過管制標準。

彙整歷次土壤調查結果(如圖 4.4-10 所示)，本場址土壤污染主要污染物質為 1,2-二氯乙烷及苯，推估本場址污染範圍與數量，分別計算如下：

(一) 污染面積估算

- 污水廠放流口處農地約 300 m^2 ($12 \text{ m} \times 25 \text{ m}$)

- 特化廠西側道路約 700 m^2 ($17.5 \text{ m} \times 40 \text{ m}$)
- 造粒廠西側道路約 700 m^2 ($17.5 \text{ m} \times 40 \text{ m}$)
- 污染面積估計約 $1,700 \text{ m}^2$

(二) 污染土方量估算

- 污水廠放流口： $300 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m}$ (地表下 2~8 m) = $1,800 \text{ m}^3$
- 造粒廠西側道路： $700 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m}$ (地表下 1~2、5~9 m) = $3,500 \text{ m}^3$
- 特化廠西側道路： $700 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m}$ (地表下 1~13 m) = $8,400 \text{ m}^3$
- 共計 $13,700 \text{ m}^3$
- 約 $13,700 \text{ m}^3 \times 2 \text{ ton/m}^3 = 27,400 \text{ ton}$ (含水時重量)

二、地下水調查結果

於執行地下水補充調查前本場址先進行地質鑽探(調查結果詳如第 4.2.6 節)，了解不同深度、區域地質之變化。一般而言，含水層中污染團在較高滲透性地層中傳輸速度較快，尤其是污染團邊界之污染物主要為藉由地下水流傳輸，因此藉由了解滲透性較高之夾層深度，並比對調查及評估計畫執行之 MIP 調查結果(調查結果詳如第 4.4.1 節)，規劃後續設井深度與開篩位置。

地下水調查之設井及開篩深度為依據地質鑽探結果設置，污染帶區域(污染帶區域 Plum Area 係指經由地下水流佈、擴散之污染區域)開篩範圍主要包含粉土夾細砂層，而污染源區(污染源區 Source Zone 係指廢水或廢液經廢水暫存坑或地下管線洩漏所致之區域)則開篩於 MIP 探測訊號較強或篩測值較高之深度，開篩範圍以 3 公尺為主，部份點位因污染分布情形開篩較長，彙整各區域調查目的及內容如表 4.4-7 所示。

地下水調查分為四階段調查(分析項目均為 VOCs)，第一階段(101 年 6 月)主要調查大範圍污染情形；第二階段(102 年 1 月)依第一階段調查結果向內或外調查，以明確界定污染範圍，共新設 22 口 1 英吋簡易井，採樣點位與分析結果彙整如圖 4.4-7 與表 4.4-10 所示；第三階段(102 年 8 月)為再進一步確認污染邊界，共新設 9 口 1 英吋簡易井，採樣點位與分析結果彙整如圖 4.4-11 與表 4.4-11 所示；第四階段(102 年 12 月)為進一步確認場外空地污染範圍，共新設

3 口 4 吋標準監測井，採樣點位與分析結果彙整如圖 4.4-12 與表 4.4-12 所示（詳如附件八），現場照片如圖 4.4-9 所示；另於 106 年針對特化廠周邊既有標準監測井、DPE 井及井叢採集共 21 口地下水樣，分析項目為砷，採樣點位與分析結果彙整如圖 4.4-14 與表 4.4-13 所示（詳如附件八）。

經由前述四個階段調查已可界定地下水污染範圍，涵蓋場內製程區及場外西側空地，場內北至農化廠南側道路、東至特化廠東側道路、南至特化倉庫東南角，場外污染區域為污水廠放流口及資收廠向西延伸約 20 公尺之空地範圍，周界主要污染物為 1,2-二氯乙烷及氯苯。而重金屬砷主要集中於特化廠外圍，MW10、1-8、4-8 及 AW1 之地下水砷超過管制標準 1~2 倍，污染程度相對於含氯有機物較輕微。

由歷次調查結果顯示，地下水主要有機污染物為 1,2-二氯乙烷及氯苯，推估本場址地下水主要污染分布如圖 4.4-13 所示，地下水無機砷污染分布如圖 4.4-14 所示，分別計算污染範圍與數量如下：

(一)地下水污染範圍估算 $\approx 13,000 \text{ m}^2$

(二)污染地下水數量估算： $13,000 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m}$ （平均深度） $\times 0.40$ （土壤總孔隙率） $= 52,000 \text{ m}^3$

表 4.4-7 補充調查土壤鑽探與設井深度

點位	補充調查目的	鑽探深度(m)	設井深度/ 開篩長度(m)
S01/SW01	了解污染帶地質，界定 地下水污染團邊界	13	8/3
S02/SW03		12	7/3
S03/SW09		10.5	7/3
S04/SW02		12	7/3
S07/SW11		9.7	8/3
S08/SW12		8	6/5
S09/SW13		12	8/3
SW04		—	8/2
S17		8	—
S20/SW14		12	8/3
S21/SW15		11	7/5
S22/SW16		12	7/4
S23/SW17		7	7/3
S24/SW18		7	7/3
S25/SW19	了解污染帶地質，界定 地下水污染團邊界	12	11/6
SW21		—	7/3
S26/SW20		6	6/5
S05	了解污染源區地質	11	—
S10		11.8	—
S13/SW06		10	8/3
S15		9	—
S16		8	—
S12/SW05	了解廢水 暫存坑污染情形	7	7/2
S14/SW07		9	8/2
S18/SW10	了解污染程度	7	7/4
S19/SW08		8	4/4、7/4
S06	了解較深層之地質	30	—
S27/SW23	了解污染帶地質，界定 地下水污染團邊界	6	6/5
S28/SW24-1		7	7/3
S28/SW24-2		7	3/3
S29/SW25		6	6/6
S30/SW26		7	7/3
S31/SW27		6	6/3
S32/SW28		7	7/3
S33/SW29		7	7/3
S34/SW30		10	8/6
S35/SW31		7	7/3

註：101 年 6 月及 102 年 1 月執行

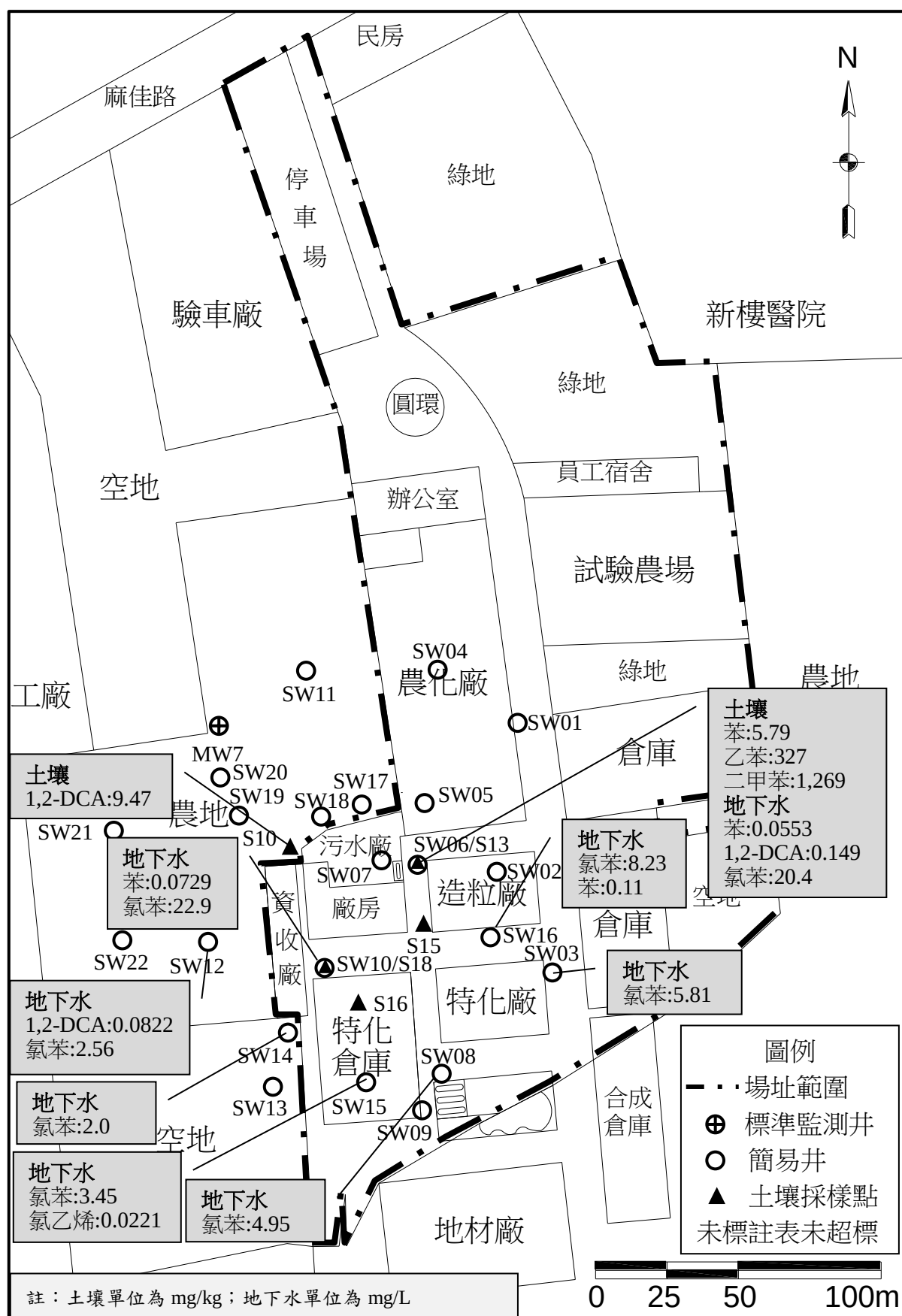


圖 4.4-7 土壤及地下水補充調查點位圖(101 年 6 月、102 年 1 月)

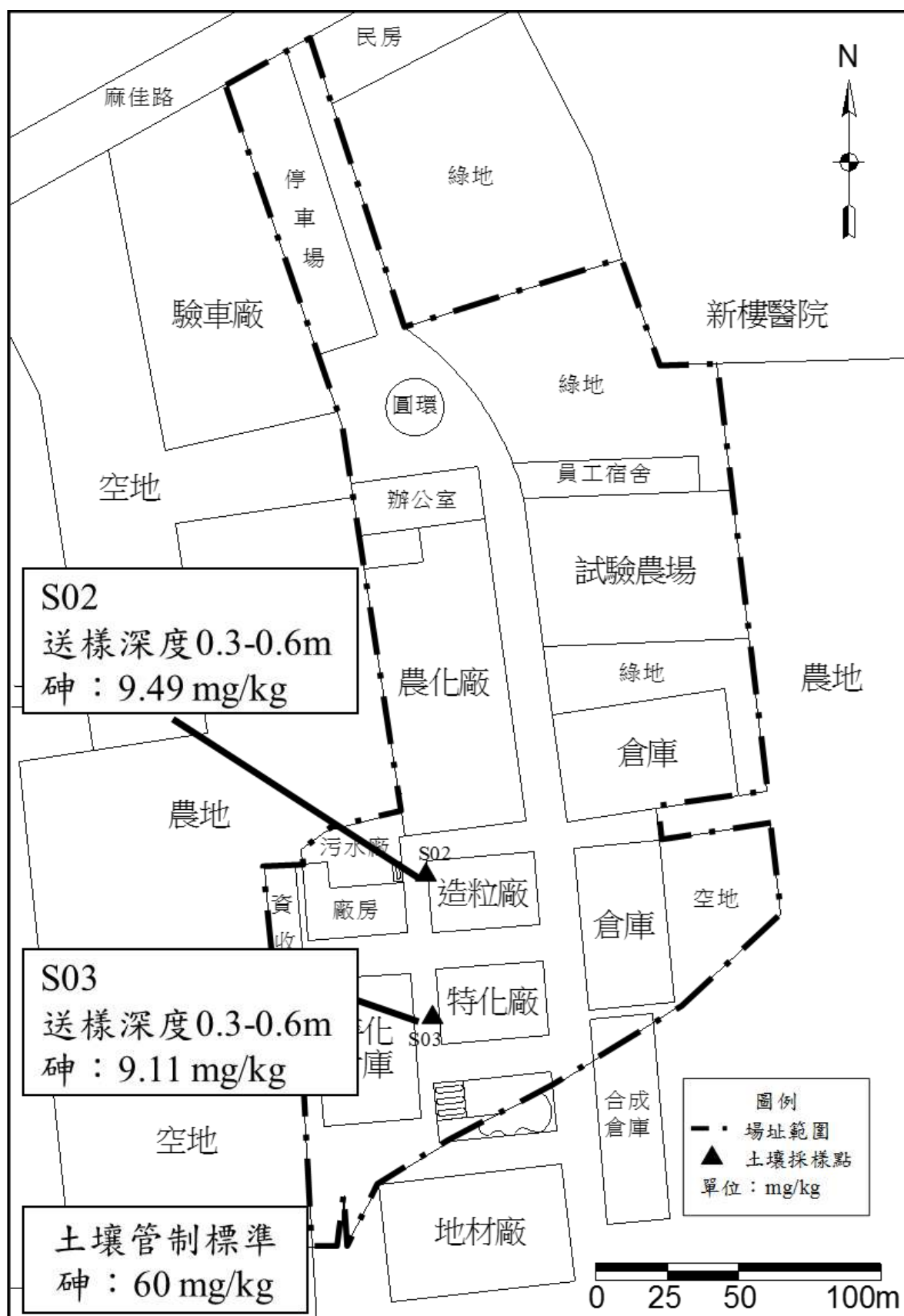


圖 4.4-8 補充調查土壤重金屬調查點位圖（102 年 9 月）

	
S15 土壤採樣	S18 土壤採樣
	
S13 土壤採樣	土壤 PID 篩測
	
SW02 設井	SW03 設井
	
SW02 地下水採樣	SW03 地下水採樣

圖 4.4-9 補充調查土壤及地下水採樣照片

表 4.4-8 補充調查土壤分析數據彙整（101 年 6 月）

檢測項目 (mg/kg)	S10	S13		S15	S16	S18	偵測 極限	管制 標準
取樣深度(m)	5.3-5.5	1.9-2.0	9.0-9.2	1.8-2.0	1.5-1.8	5.8-6.0		
苯	ND	5.79	4.58	ND	ND	ND	0.021	5
甲苯	ND	142	2.31	16.8	ND	ND	0.201	500
乙苯	ND	327	8.15	3.24	ND	ND	0.177	250
間、對-二甲苯	ND	1,050	40.5	4.28	ND	ND	0.314	500
鄰-二甲苯	ND	219	11.4	1.97	ND	ND	0.172	
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.142	10
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.029	50
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.027	7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.164	100
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.169	5
1,2-二氯乙烷	9.47	ND	ND	ND	ND	ND	0.032	8
三氯乙烯	ND	0.29	ND	ND	ND	ND	0.027	60
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.027	0.5
四氯乙烯	ND	0.35	ND	ND	ND	ND	0.027	10
1,3-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.198	100
氯苯	13.0	871	1,520	344	35.2	22.7	0.011	無

註：單位為 mg/kg；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-9 補充調查土壤八項重金屬分析數據彙整（102 年 9 月）

檢測項目 (mg/kg)	S02	S03	偵測 極限	管制 標準
	0.3~0.6 m	0.3~0.6 m		
鎘(Cd)	ND	ND	0.65	20
鉻(Cr)	19.9	26.3	0.86	250
銅(Cu)	8.96	10.6	0.96	400
鎳(Ni)	19.1	23.3	0.58	200
鉛(Pb)	11.8	12.4	1.46	2,000
鋅(Zn)	60.1	67.8	5.18	2,000
砷(As)	9.49	9.11	0.089	60
汞(Hg)	0.428	0.05	0.03	20

註：單位為 mg/kg；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限



圖 4.4-10 歷次土壤調查結果彙整



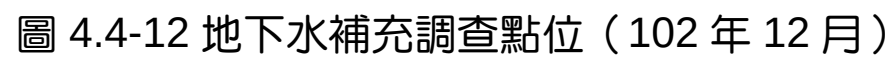


表 4.4-10 補充調查地下水分析數據彙整（102 年 1 月）

採樣日期	102 年 1 月 16~17 日															偵測 極限	管制 標準 (第二類)
檢測項目 (mg/L)	SW01	SW02	SW03	SW04	SW05	SW06	SW07	SW08-1 (4m)	SW08-2 (7m)	SW09	SW10	SW11	SW12	SW13	MW7		
苯	ND	ND	0.0205	ND	ND	0.0553	ND	0.00547	0.00428	ND	0.0729	ND	ND	ND	ND	0.00006	0.050
甲苯	ND	ND	0.00185	ND	ND	0.155	ND	ND	ND	ND	0.0358	ND	ND	ND	ND	0.00053	10
乙苯	ND	ND	0.00233	ND	ND	0.192	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00010	7.0
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.330	ND	ND	ND	ND	0.00964	ND	ND	ND	ND	0.00022	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.109	ND	ND	ND	ND	0.00550	ND	ND	ND	ND	0.00007	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.30
氯乙烯	ND	ND	0.00212	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00585	ND	ND	ND	ND	0.00006	0.020
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00039	0.070
二氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00041	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00015	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00006	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00012	0.7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	0.0148	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00027	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00007	0.050
1,2-二氯乙烷	ND	0.00214	ND	ND	0.0307	0.149	ND	ND	ND	0.00770	ND	ND	0.0822	ND	0.00111	0.00022	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.00407	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00009	0.005
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00009	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00006	0.050
氯苯	ND	ND	5.81	ND	ND	20.4	0.0309	4.95	2.62	0.00489	22.9	ND	2.56	0.0897	ND	0.00010	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.00493	ND	ND	ND	ND	0.00196	ND	ND	ND	ND	0.00010	0.75
萘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.40

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-11 補充調查地下水分析數據彙整（102 年 8、9 月）

採樣日期	102 年 8 月 7~8 日					102 年 9 月 4 日	偵測 極限	管制 標準 (第二類)
檢測項目 (mg/L)	SW13	SW10	SW11	MW7	SW12	SW31		
苯	ND	0.0729	ND	ND	ND	0.00069	0.00006	0.050
甲苯	ND	0.0358	ND	ND	ND	0.00076	0.00053	10
乙苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00010	7.0
間、對-二甲苯	ND	0.00964	ND	ND	ND	ND	0.00022	100
鄰-二甲苯	ND	0.00550	ND	ND	ND	ND	0.00007	
氯甲烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00023	0.30
氯乙烯	ND	0.00585	ND	ND	ND	ND	0.00006	0.020
1,1-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00039	0.070
二氯甲烷	ND	<0.001	ND	ND	ND	ND	0.00041	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00015	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00006	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	<0.001	ND	ND	ND	ND	0.00012	0.7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00027	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00007	0.050
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.00111	0.0822	0.00115	0.00022	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00009	0.005
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00009	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00006	0.050
氯苯	0.0897	22.9	ND	ND	2.56	0.348	0.00010	1.0
1,4-二氯苯	ND	0.00196	ND	ND	ND	ND	0.00010	0.75
萘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.40

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

表 4.4-12 補充調查地下水分析數據彙整（102 年 12 月）

採樣日期	102 年 12 月 19 日			偵測 極限	管制 標準 (第二類)
檢測項目 (mg/L)	MW14	MW13	PW01		
苯	ND	ND	ND	0.00006	0.050
甲苯	ND	ND	ND	0.00053	10
乙苯	ND	ND	ND	0.00010	7.0
間、對-二甲苯	ND	ND	ND	0.00022	100
鄰-二甲苯	ND	ND	ND	0.00007	
氯甲烷	ND	ND	ND	0.00023	0.30
氯乙烯	ND	ND	ND	0.00006	0.020
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.00039	0.070
二氯甲烷	ND	ND	ND	0.00041	0.050
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	0.00015	1.0
1,1-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.00006	8.5
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	0.00012	0.7
氯仿	ND	ND	ND	0.00027	1.0
四氯化碳	ND	ND	ND	0.00007	0.050
1,2-二氯乙烷	0.0231	0.0446	0.00385	0.00022	0.050
三氯乙烯	ND	ND	ND	0.00009	0.005
1,1,2-三氯乙烷	ND	ND	ND	0.00009	0.050
四氯乙烯	ND	ND	ND	0.00006	0.050
氯苯	0.0897	0.00053	0.00029	0.00010	1.0
1,4-二氯苯	ND	ND	ND	0.00010	0.75
萘	ND	ND	ND	0.00032	0.40

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限

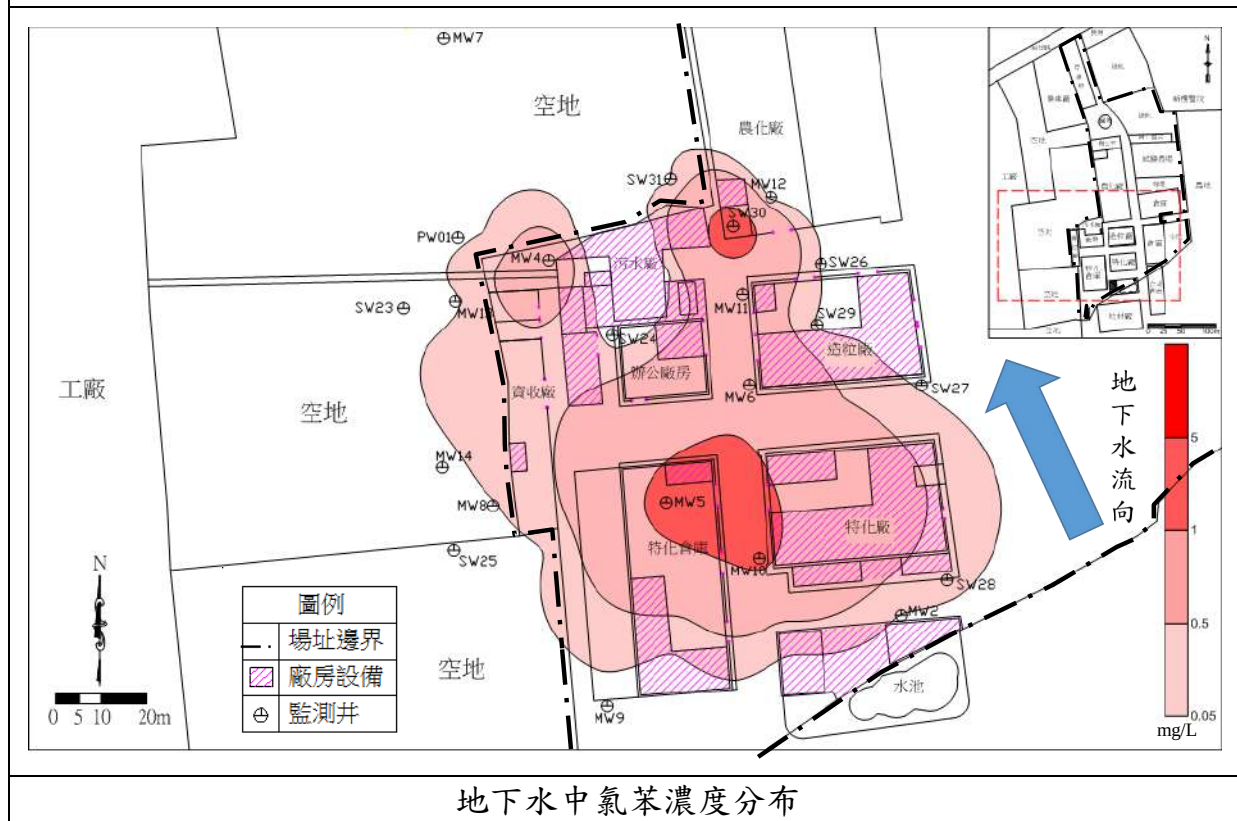
表 4.4-13 補充調查地下水砷分析結果彙整（106 年 4、5 月）

井號	井型式	井深 (TOC, m)	井篩位置 (TOC, m)	砷(mg/L) (管制標準 0.5 mg/L)
第一階段				
MW4	標準監測井	8	2~8	0.0086
1-2	DPE 井	14	2~14	0.201
1-7	DPE 井	14	2~14	0.236
2-3	DPE 井	8	2~8	0.299
2-6	DPE 井	11	2~11	0.252
3-1	DPE 井	8	2~8	0.105
4-4	DPE 井	8	2~8	0.113
4-8	DPE 井	11	2~11	1.12
MW10	標準監測井	8	2~8	1.02
第二階段				
SW16	簡易井	7	4~7	0.0073
AW1-4	井叢	4	1~4	0.296
AW1-8	井叢	8	5~8	0.77
AW1-12	井叢	12	9~12	0.586
1-3	DPE 井	14	2~14	0.0072
1-4	DPE 井	14	2~14	0.365
1-8	DPE 井	14	2~14	0.577
3-4	DPE 井	8	2~8	0.224
3-6	DPE 井	11	2~11	0.472
3-7	DPE 井	11	2~11	0.111
3-8	DPE 井	11	2~11	0.142
4-7	DPE 井	11	2~11	0.0369

註：單位為 mg/L；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限



地下水中 1,2-二氯乙烷濃度分布



地下水中氯苯濃度分布

圖 4.4-13 地下水污染物分布圖(102 年 12 月)

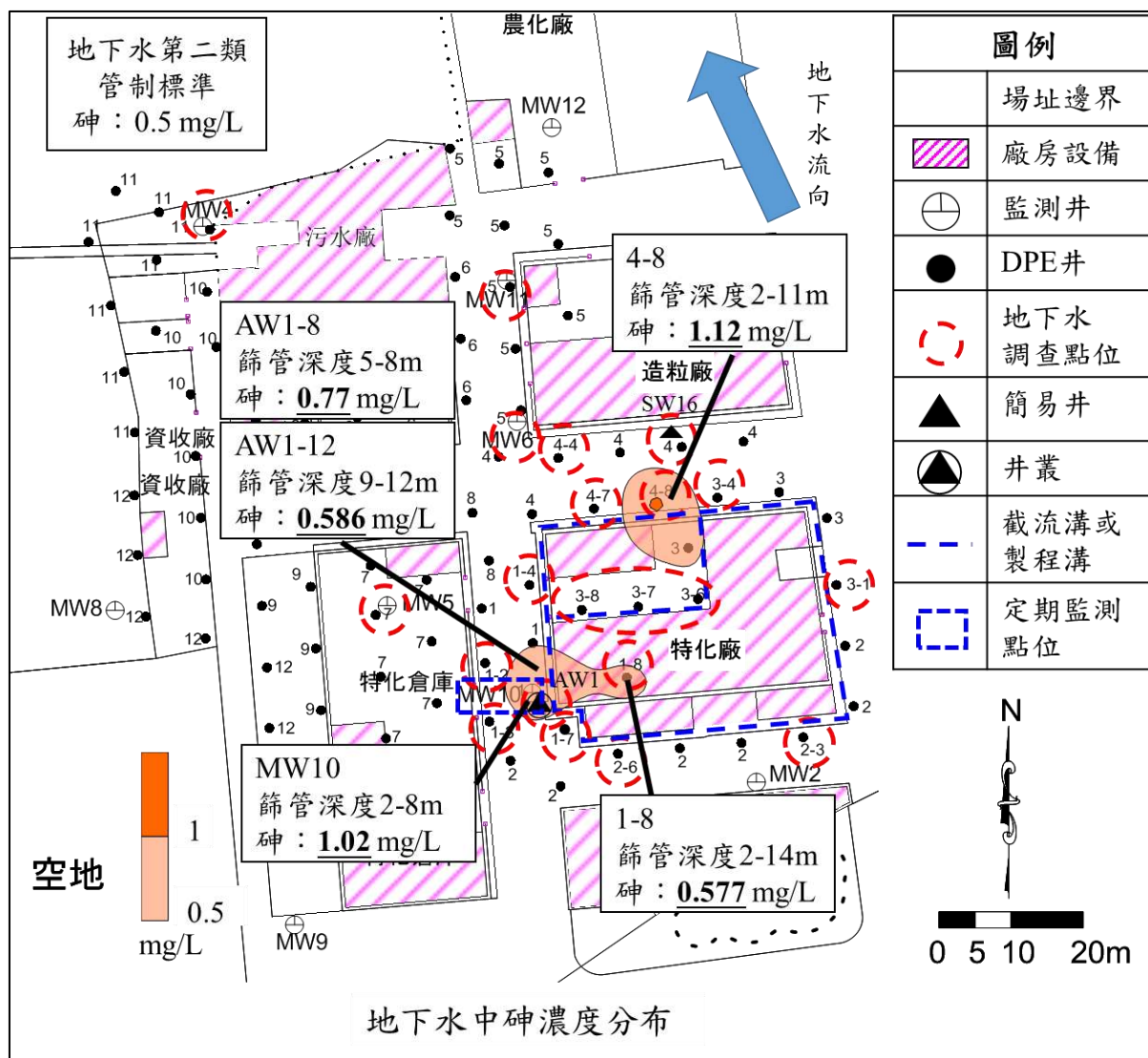


圖 4.4-14 地下水砷污染物分布圖(106 年 4、5 月)

4.4.3 污染情形綜合評析

由歷次之土壤及地下水調查結果，彙整本場址之水文地質與污染情形如下：

一、水文地質特徵：

1. 本場址含水層主要由低滲透性地質材料所組成， K 值約為 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ cm/s。
2. 本場址地下水位淺，約位於地表下 1 公尺，場址地下水流向大致由東南向西北方向流。
3. 至地表下約 15 公尺地質以粉土、粉土質黏土為主，在地表下約 5~10 公尺有夾細砂之情形，造粒廠以西、以北之區域夾砂地層較多（2~3 層），地表下 15 公尺以下為細砂，在地表下約 18~19 公尺有一層黏土層。
4. 單井地下水流向以向西、向北為主，不同深度之流速依地質變化，於含砂量較高之深度（約地表下 5~7 公尺）流速較快，為地下水之優勢流徑。
5. 場址外有抽水之情形，受設井深度及地質因素，場址較深層之地下水受到抽水影響，淺層地下水因滲特性不佳，不易察覺受抽水影響。

二、土壤及地下水污染調查結果：

1. 本場址污染物種類眾多，包括 LNAPL（苯、甲苯及氯乙烯）、DNAPL（1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯苯及總酚）及重金屬砷，主要為製程之原料，但三氯乙烯及氯乙烯應為原料中之不純物或降解副產物。
2. 土壤污染區域位於特化廠及造粒廠西側道路上，以及污水廠放流口區域，污染物包括苯、乙苯、二甲苯及 1,2-二氯乙烷，而在廠區內包括造粒廠、特化廠、特化倉庫、資收場及污水廠均可發現氯苯，但氯苯非法規管制項目。
3. 苯、甲苯、總酚、三氯乙烯、氯乙烯及重金屬砷地下水污染範圍主要位於造粒廠、特化廠及其西側道路；1,2-二氯乙烷及氯苯污染範圍較大，場址內與場外西側之農地及空地均有污染之情形，其中 1,2-二氯乙烷污染可分為兩區塊，與其污染來源有關，1,2-二氯乙烷及氯苯高污染區位於造粒廠、特化廠、特化倉庫及污水廠放流口溝渠等處，為廢水或廢液經廢水暫存坑或地下管線洩漏所致，為污染源區（Source Zone），其他經由地下水流佈、擴

散之污染區域為污染帶區域 (Plum Area)。

4. 本場址污染分布途徑為廢水或廢液洩漏後，於地表下約 1 公尺遇到粉土、黏土層，向下或沿級配層底部流佈，造成洩漏點及附近區域污染深度分布皆由地表下約 1 公尺向下分布，鄰近洩漏點污染深度較深，約可達地表下約 14 公尺，隨著與洩漏點之距離增加，污染深度有較淺且污染程度較輕微之情形；而污染周界則可發現在地表下 5~8 公尺有 MIP 訊號強度突增之情形，應為污染物隨優勢流徑流佈所致。
5. 場址地下環境呈現厭氧狀態，氧化還原電位介於-150~-50 mV，地下水溶氧小於 2 mg/L，有利於厭氧脫氯反應。

4.5 已執行整治成果(102 年 4 月~111 年 06 月)

本計畫期程自民國 102 年 4 月 1 日起算（經臺南市政府府環水字第 1020086428 號函核定通過），整治期程至 112 年 3 月，自本計畫核定後即依據核定之工作內容，依序執行整治工作之各項前導試驗、整治作業及監測作業，均符合計畫內各項工作期程之要求，本計畫整治方法執行流程如圖 4.5-1 所示。

本計畫依污染程度劃分處理區域，污染源區污染程度高、污染物種類多（含氯有機物、苯、總酚），且土壤及地下水均有污染之情形，因此先採雙相抽取法移除土壤及地下水中污染物，快速降低污染程度，並視整治成效改採替代工法或生物、化學法整治。場外下游污染帶區域污染程度較低、污染物種類較單純（含氯有機物），僅地下水有污染情形，優先以生物法處理，採用生物整治牆進行邊界阻攔。

截至 111 年 6 月止，已執行之整治工法為雙相抽取法、現地生物法及化學氧化法，工作項目包括上述工法之前導試驗、DPE 整治井、邊界整治牆設置、場內生物整治井設置、污染監測及土壤地下水補充調查，已執行工作項目之主要內容與執行成果彙整如表 4.5-1，污染整治分區示意圖如圖 4.5-2、圖 4.5-3。本場址經數年整治操作後整體污染程度明顯降低，特化廠及造粒廠等污染源區除持續進行 DPE 整治外，依本計畫整治方法執行流程，110 年起陸續於經 DPE 整治後氯苯濃度介於 10~20 mg/L 之區域改以化學氧化法整治，氯苯濃度低於 10 mg/L 之區域則改以好氧生物整治，以加速污染物移除速率；場外下游則於生物藥劑注藥後約 1,300 天地下水污染物低於管制標準，目前僅持續監測未再加藥，各項工法整治成果詳說明如後。

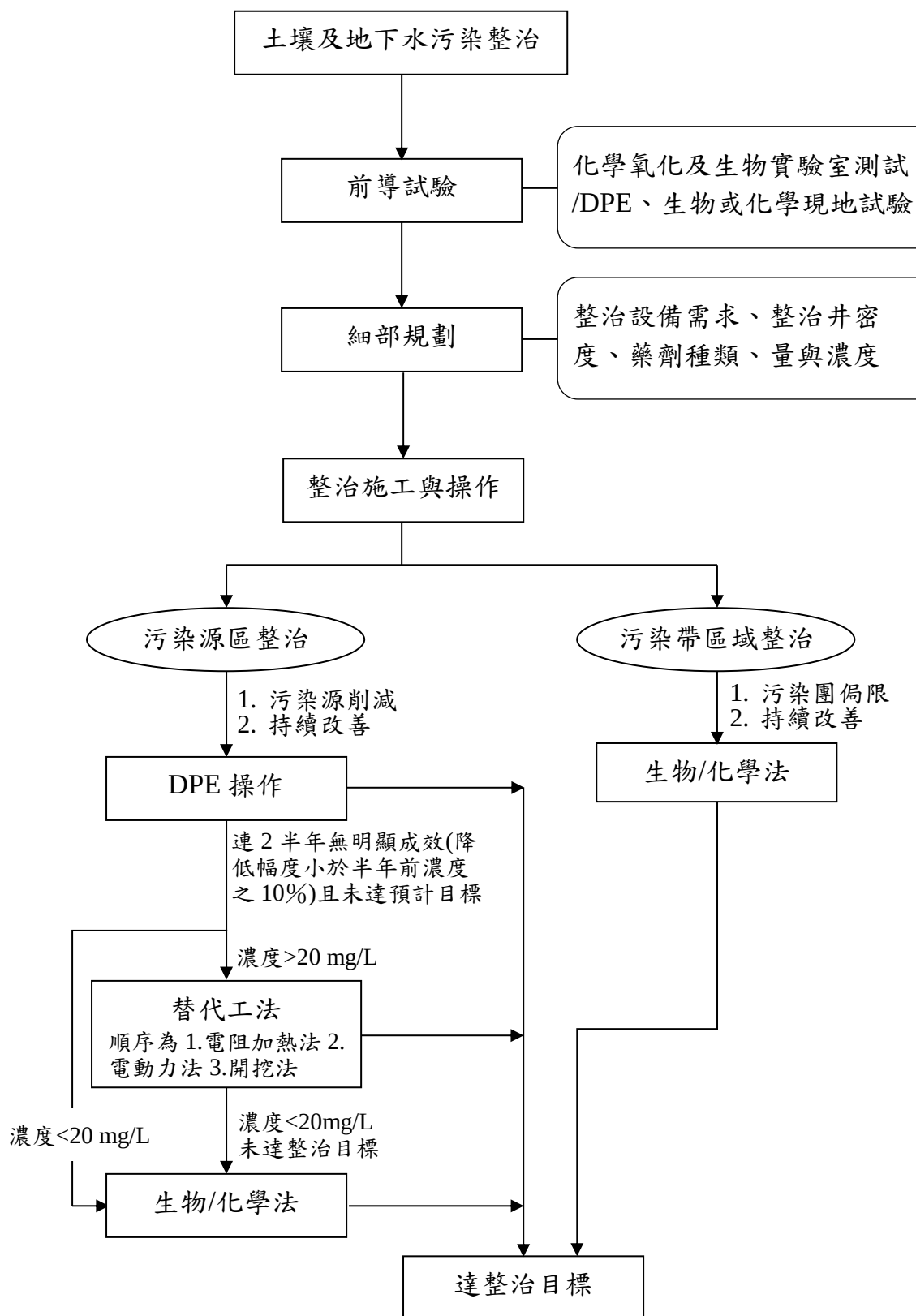


圖 4.5-1 整治方法執行流程

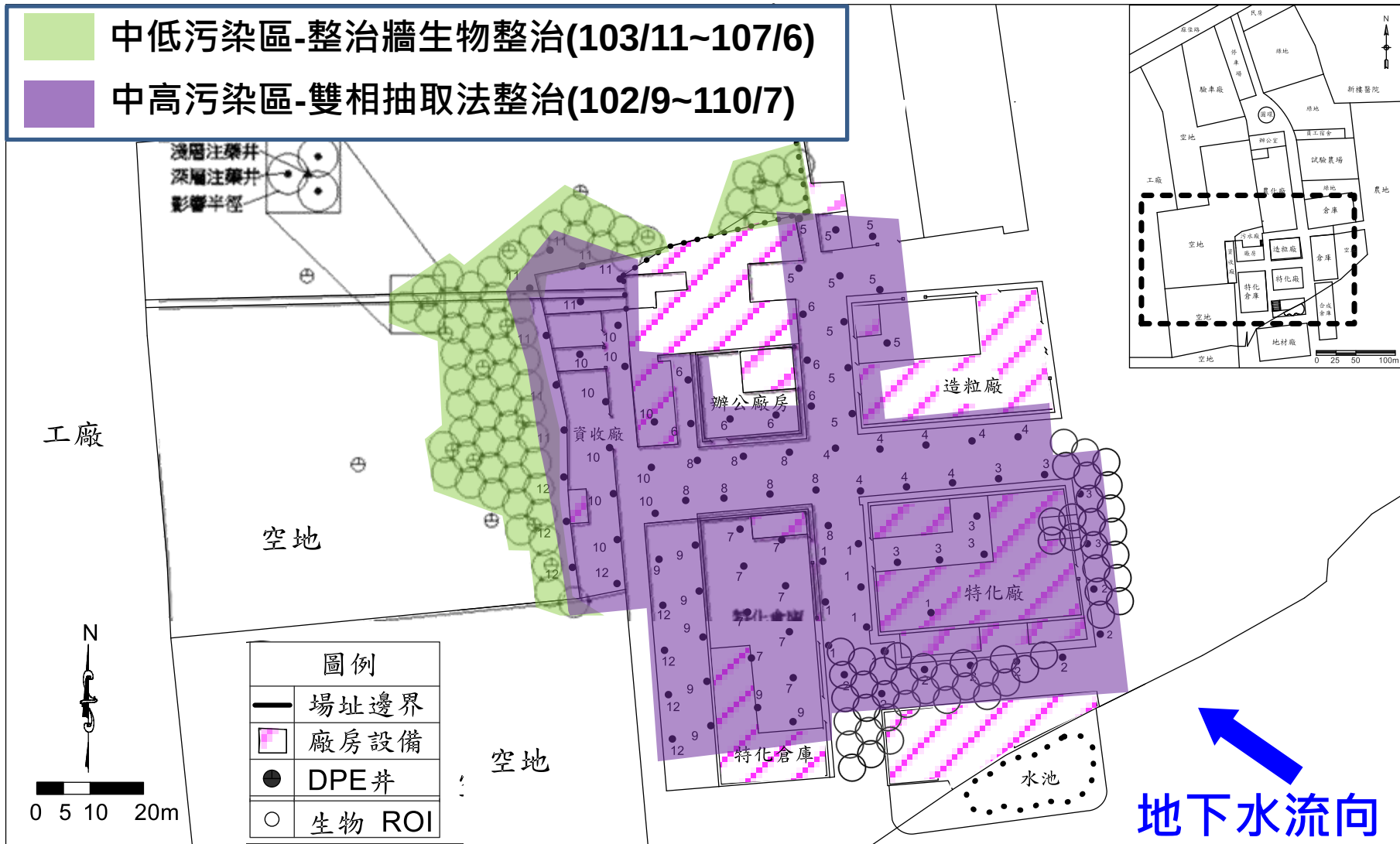


圖 4.5-2 全場整治分區示意圖(前期)

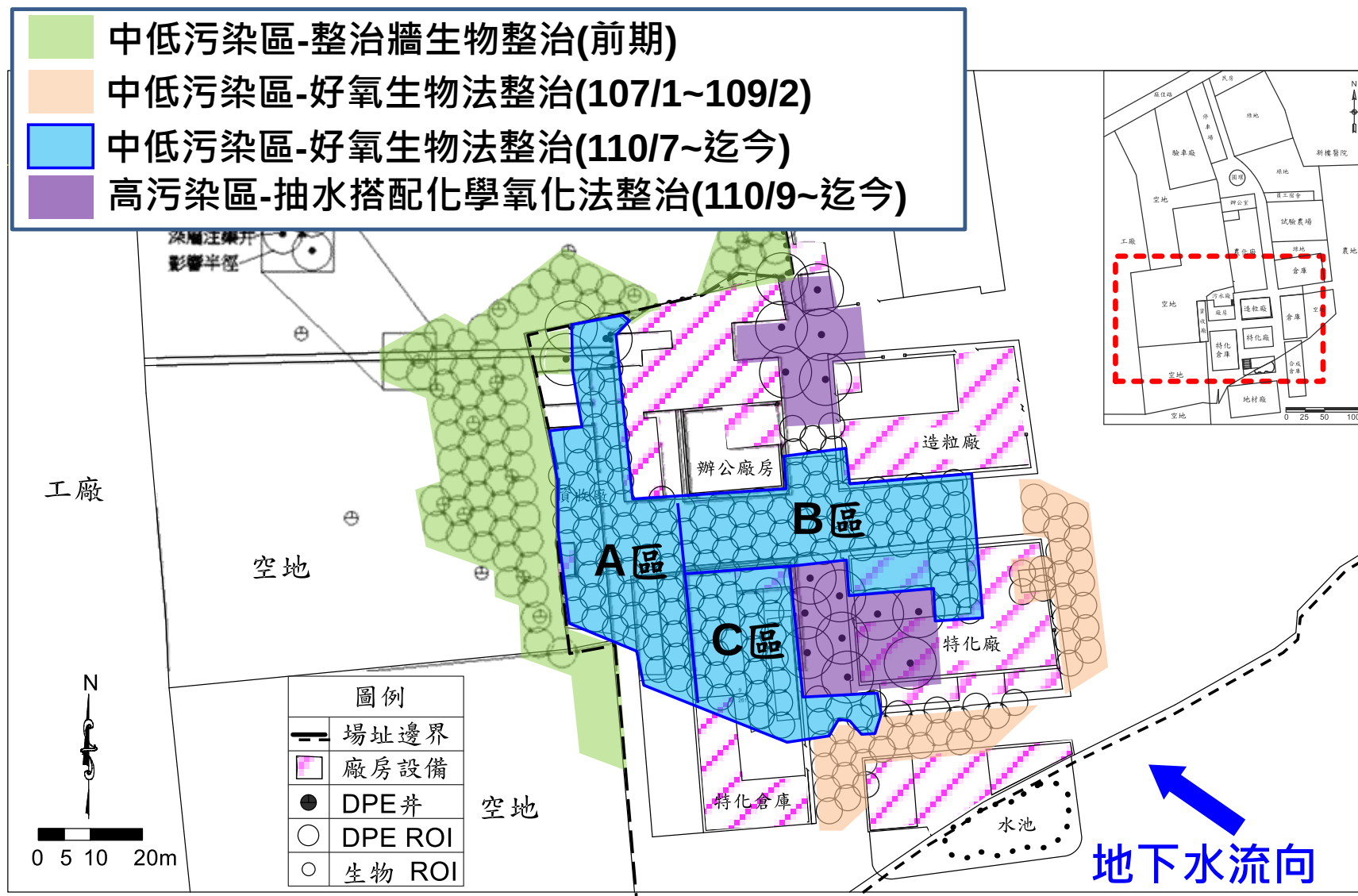


圖 4.5-3 全場整治分區示意圖(後期)

表 4.5-1 已執行工作內容與執行成果彙整表

工作項目	執行內容 (102/4~111/6)	執行成果
雙相抽取法現地試驗與操作	102/3~102/9 完成系統設置與試運轉 103/6 完成影響半徑評估及污染移除成效評估	抽取井井距約 8~9 公尺，影響半徑可達 5 公尺
化學氧化試驗	102/2 完成土壤氧化劑需求量(SOD)評估	適合採用較低濃度或緩釋氧化劑
生物處理試驗	102/2 完成生物助劑添加量評估	添加 2,000mg/L 生物助劑即可調整水樣為厭氧環境
生物現地試驗	103/3 完成厭氧生物處理現地試驗 107/5 完成好氧生物處理現地試驗 107/12 完成多井過氧化氫現地注藥試驗	● 深度 0~4 公尺注藥影響範圍可至 1~2 公尺；深度 4~8 公尺注藥影響範圍則可至 2~3 公尺 ● 灌注五噸 0.15%過氧化氫後經 42 天溶氧可維持 2 mg/L 以上，影響範圍達 2.5 公尺 ● 灌注五噸 0.15%過氧化氫後經 70 天溶氧可維持 3.5~7.5 mg/L，影響範圍可達 4 公尺
邊界整治牆設置與生物操作	完成整治牆之設置、注藥、第一次至第十九次成效監測	● 設置 84 口 4 公尺深井；73 口 7 公尺深井 ● 注藥後約 1,300 天地下水污染物均低於管制標準
場內生物整治井設置與生物操作	107/7 完成上游整治井設置 109/2 完成上游過氧化氫批次注藥	● 共設置 38 口 4 公尺深井；46 口 7 公尺深井 ● 上游整治區注藥後 25 天淺層井僅餘兩口氯苯濃度略高於管制標準
	110/3 完成污染源下游整治井設置 110/7 開始污染源下游(A 區)好氧生物整治	● 共設置 228 口 4 公尺深井；161 口 8 公尺深井 ● 觀測井氯苯濃度由 0.94~5.22 mg/L 下降至 ND~2.54 mg/L
雙相抽取搭配化學氧化法操作	102/9 完成 DPE 全場操作系統設置與試車 107/1、4 特化廠及造粒廠開始加密抽除作業 109/4 特化廠及造粒廠增加加密抽除作業	● 共設置 99 口抽取井，深井 8~14 公尺；建置 3 套 DPE 設備 ● 共設置 59 口淺層深層抽取井，深井 8 公尺及 12 公尺 ● 共設置 28 口 8 公尺深井；31 口 12 公尺深井 ● 累計共移除 562 公斤液體污染物及 1,530 公斤氣相污染物

工作項目		執行內容（102/4～111/6）	執行成果
雙相抽取搭配化學氧化法操作		110/9 開始特化廠及造粒廠搭配化學氧化整治	● 整治成效明顯，但因位於污染源區，污染濃度易有回升現象，須持續整治操作
污染監測	土壤 (每半年監測)	每年3月及9月監測，已完成102年9月到111年6月監測	詳附件七
	地下水 (每季監測)	每年3月、6月、9月及12月監測，已完成102年6月到111年6月監測	詳附件八

4.5.1 雙相抽取法操作成果

本場址前期主要以 DPE 法進行污染整治作業，於整治過程中依污染濃度與範圍變化隨時調整 DPE 法操作，設置與操作大事記如表 4.5-2 所示，詳說明如下。

表 4.5-2 雙相抽取法工作大事記

日期	工作項目
103.09.25	1.完成全場 DPE 操作設備建置。 2.設置三套 DPE 設備：A 套針對污染團下游邊界作水利控制，防止污染團往場外擴散；B 套針對特化廠區污染抽除；C 套針對造粒廠區污染抽除。 3.共設置 99 口 DPE 井，井間距約為 8~9 公尺。
103.09.26	全場 DPE 操作試運轉工作
103.11.04	開始全場 DPE 操作，操作期間約每半年依據場內污染狀況，調整 DPE 操作位置，主要針對高污染區進行污染抽除作業。
106.09	特化廠與造粒廠旁道路增加抽除井密度(井間距調整為 3 公尺)與不同開篩深度抽除井(深層井開篩 9~12 公尺；淺層井開篩 2~8 公尺)，各設置 59 口 DPE 井
109.10	特化廠與造粒廠旁道路於高污染區增加抽除井密度(井間距調整為 1.5 公尺)與不同開篩深度抽除井(深層井開篩 9~12 公尺；淺層井開篩 2~8 公尺)，共設置 28 口井深 8 公尺井與 31 口井深 12 公尺井。
110.08.02	場內污染團下游改為好氧生物整治，停止 DPE A 套設備操作。
110.09.06	特化廠污染區(DPE B 套)開始搭配化學氧化法整治
110.09.22	造粒廠污染區(DPE C 套)開始搭配化學氧化法整治

註：每月進行 DPE 尾氣監測、每季進行設備區與周界噪音監測、每季進行抽出水與地下水監測

一、DPE 全場整治系統設置與操作

本計畫自 102 年 3 月至 103 年 9 月進行 DPE 全場整治系統之設置及試車，由 DPE 現地試驗成果顯示單井影響半徑可達 5 公尺，因此依據此設計參數針對本場址高污染區規劃 DPE 設置，以及廠區周界控制污染擴散共設置 99 口 DPE 井，各井間距約為 8~9 公尺，井深約為 8~14 公尺，DPE 井分布與井深設置如圖 4.5-4 所示。

本計畫共設置 3 套 DPE 設備，每套 DPE 設備組成包括 30HP 水封式真空泵浦、雙槽式氣液分離槽、電動閥件、抽水機、密閉式冷卻水塔及控制箱，可調整操作時間及抽水量。於 103 年 11 月開始全場雙相抽取法操作，作期間每天運轉 24 小時，每小時運轉 37 分鐘，DPE 井位分布及系統分組如圖 4.5-5，並於 104 年 1 月及 105 年 3 月依廠區內污染情形進行 DPE 操作之調整，先針對廠區內高污染區域進行 DPE 操作，將操作期間調整為每組每天運轉 12 小時，每組運轉 12 分鐘後停 12 分鐘。

二、DPE 加密抽除井設置與操作

整治期間觀察到特化廠及造粒廠污染源區之鄰近道路土壤有較高污染情形，為提高高污染區域污染移除效率，本計畫於特化廠旁及造粒廠旁道路增加抽除井密度，分別於 106 年設置淺層深層抽取井各 59 口，井深為 8 公尺及 12 公尺，於 109 年設置 28 口 8 公尺深井及 31 口 12 公尺深井，加密抽除井分布如圖 4.5-7、圖 4.5-8，並依污染現況與抽出水濃度調整 DPE 操作區域如圖 4.5-6。

三、整治工法轉換

針對氯苯污染濃度小於 20 mg/L 之區域進行整治工法調整，場內污染團下游於 110 年 7 月改為好氧生物整治，並停止 DPE A 套設備操作；特化廠污染區(DPE B 套)及造粒廠污染區(DPE C 套)則於 110 年 9 月開始搭配化學氧化法整治，污染整治分區示意圖如圖 4.5-2、圖 4.5-3，工法操作內容分別說明於 4.5.2 節及 4.5.3 節。

四、整治成效與成果

截至 111 年 6 月 30 日止，雙相抽取系統累積運轉時數為 64,897 小時，累積抽水量 66,951 噸，估計 DPE 累計共移除 562 公斤的液體污染物，其中氯苯為 458 公斤、1,2-二氯乙烷 38.9 公斤、苯 35.7 公斤及甲苯 24.3 公斤，自 106 年 6 月至 111 年 6 月累計共移除 1,530 公斤的氣相污染物，詳參見圖 4.5-9。

本計畫亦觀察抽水操作期間地下水水位變化，經換算地下水位相對高程後以專業軟體（surfer）模擬地下水流向，模擬結果本場址地下水均由低污染區往高污染區集中（如圖 4.5-10 所示），深層地下水位洩降較淺層多 1 公尺左右，因此能藉由 DPE 系統抽水加大藥劑傳輸範圍外，亦能加快污染物移除與控制污染擴散情形。110 年 9 開始於污染團外圍搭配化學氧化注藥後，污染濃度與範圍有持續降低趨勢，詳說明於 4.5.2 節。後續將持續監測本場址污染狀況及地下水位變化，及時調整 DPE 系統抽除井位與注藥井位置，以加強移除高污染區污染。

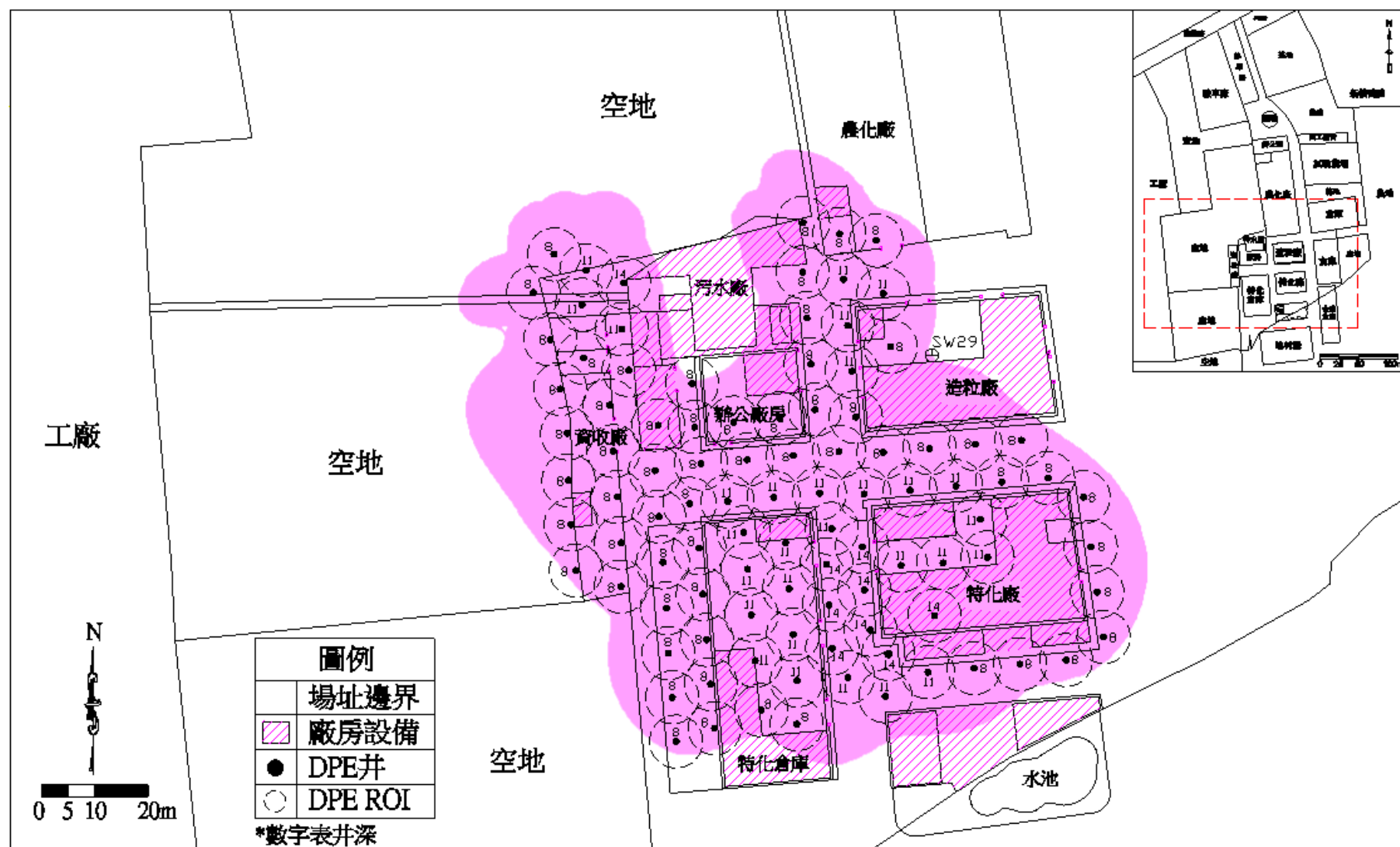


圖 4.5-4 DPE 整治井分布與設置深度(103 年)

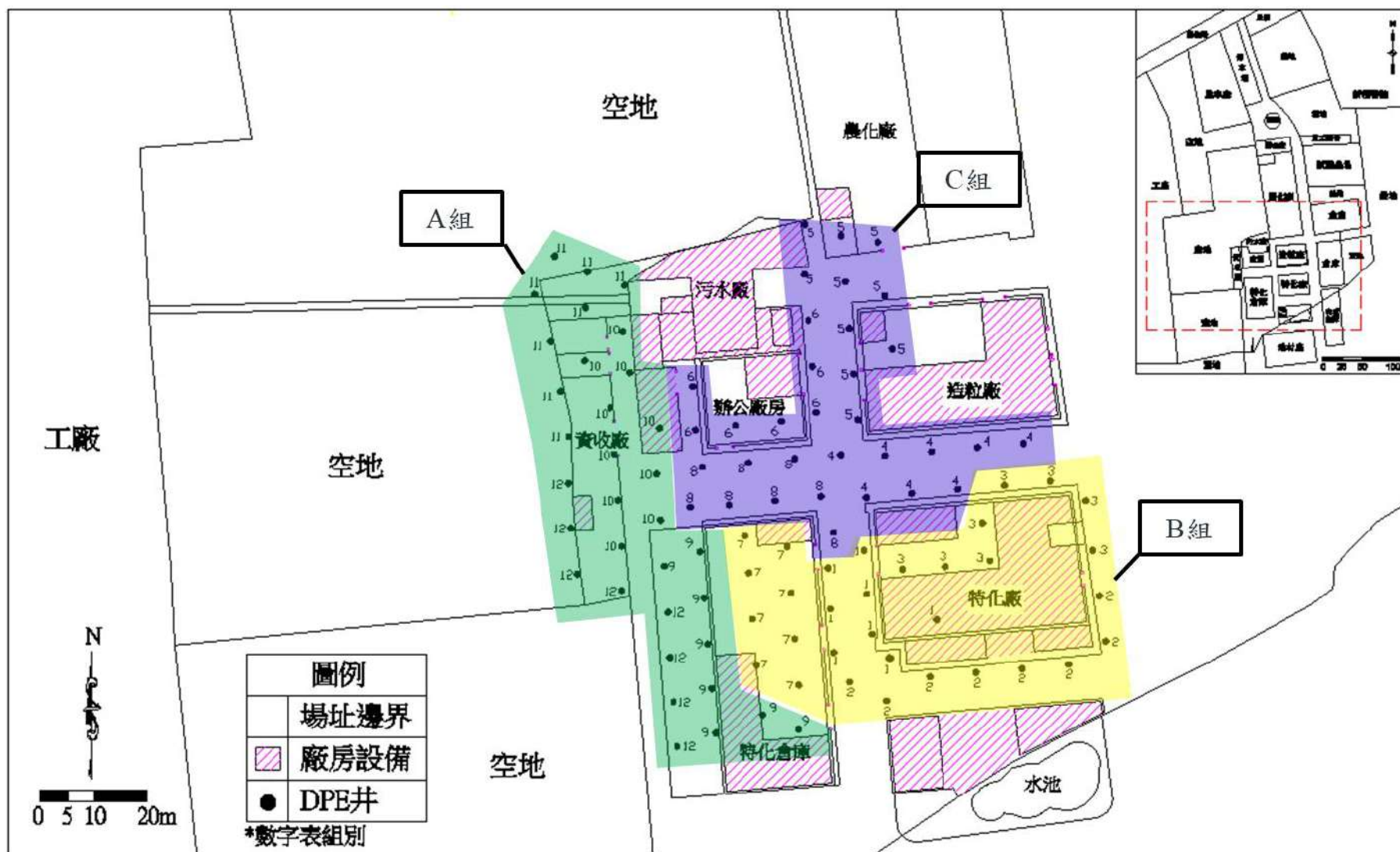
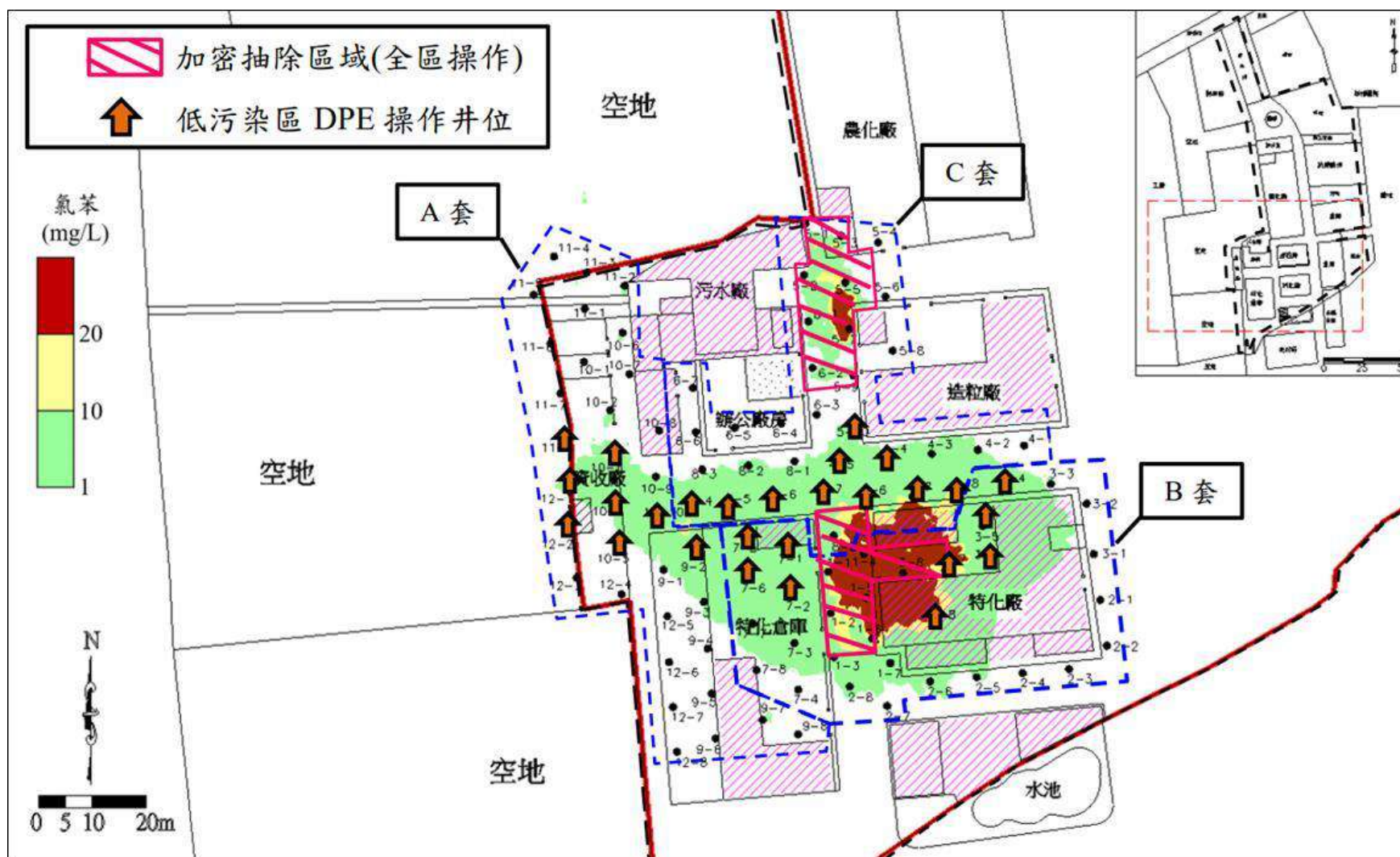


圖 4.5-5 DPE 整治井位及系統分組圖



註：B 套分為二組操作：DWB-1 為原 DPE 井，DWB-2 為加密抽除井；C 套分為二組操作：DWC-2 為原 DPE 井，DWC-1 為加密抽除井

圖 4.5-6 DPE 整治井與高污染區域分布圖

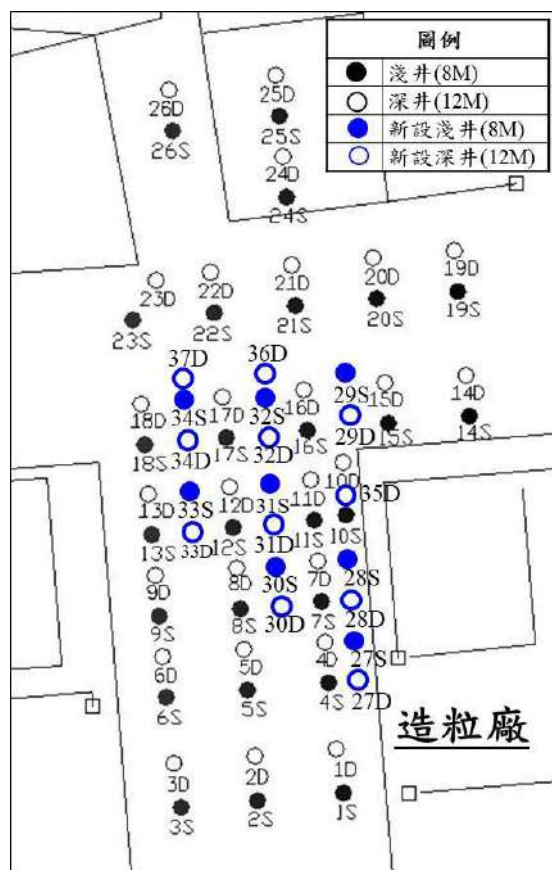


圖 4.5-7 造粒廠旁道路區加密抽除井配置圖

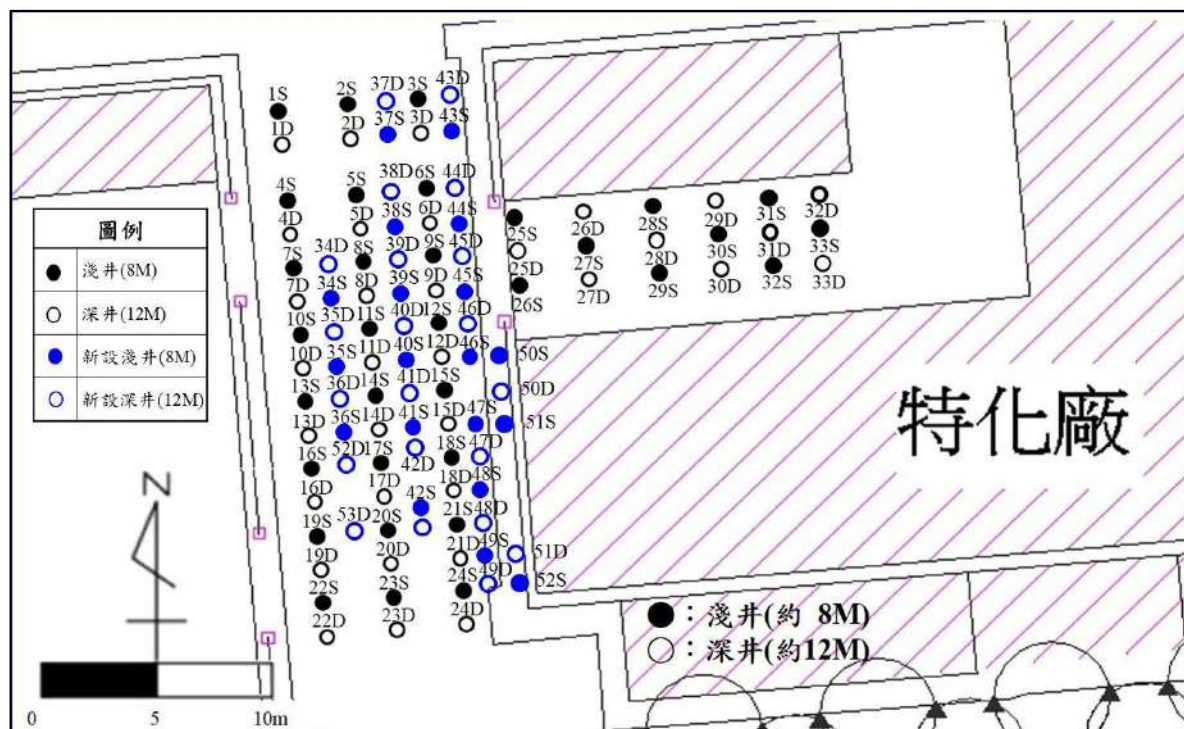


圖 4.5-8 特化廠旁道路區加密抽除井配置圖

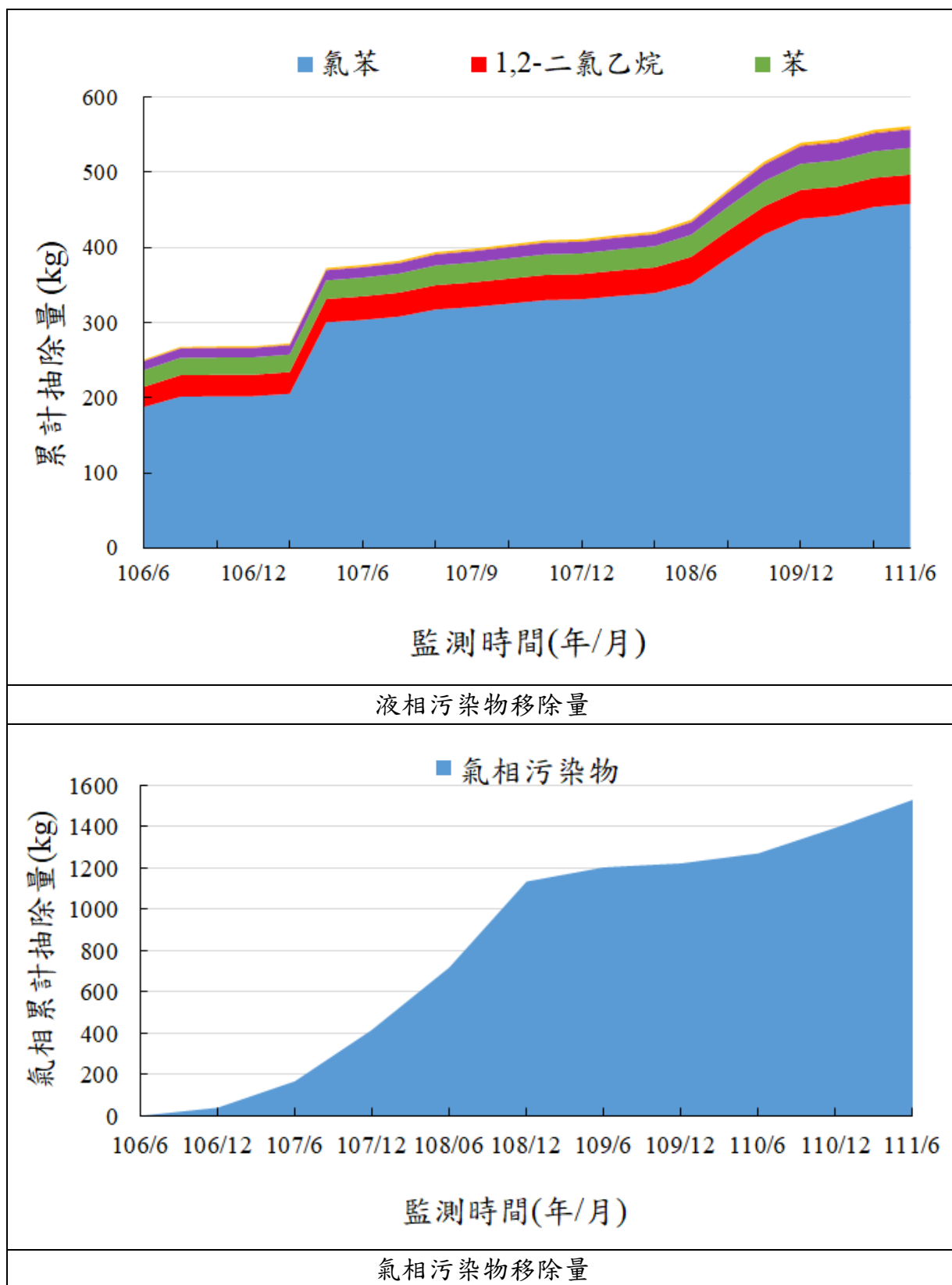


圖 4.5-9 DPE 抽出污染物累計移除量評估

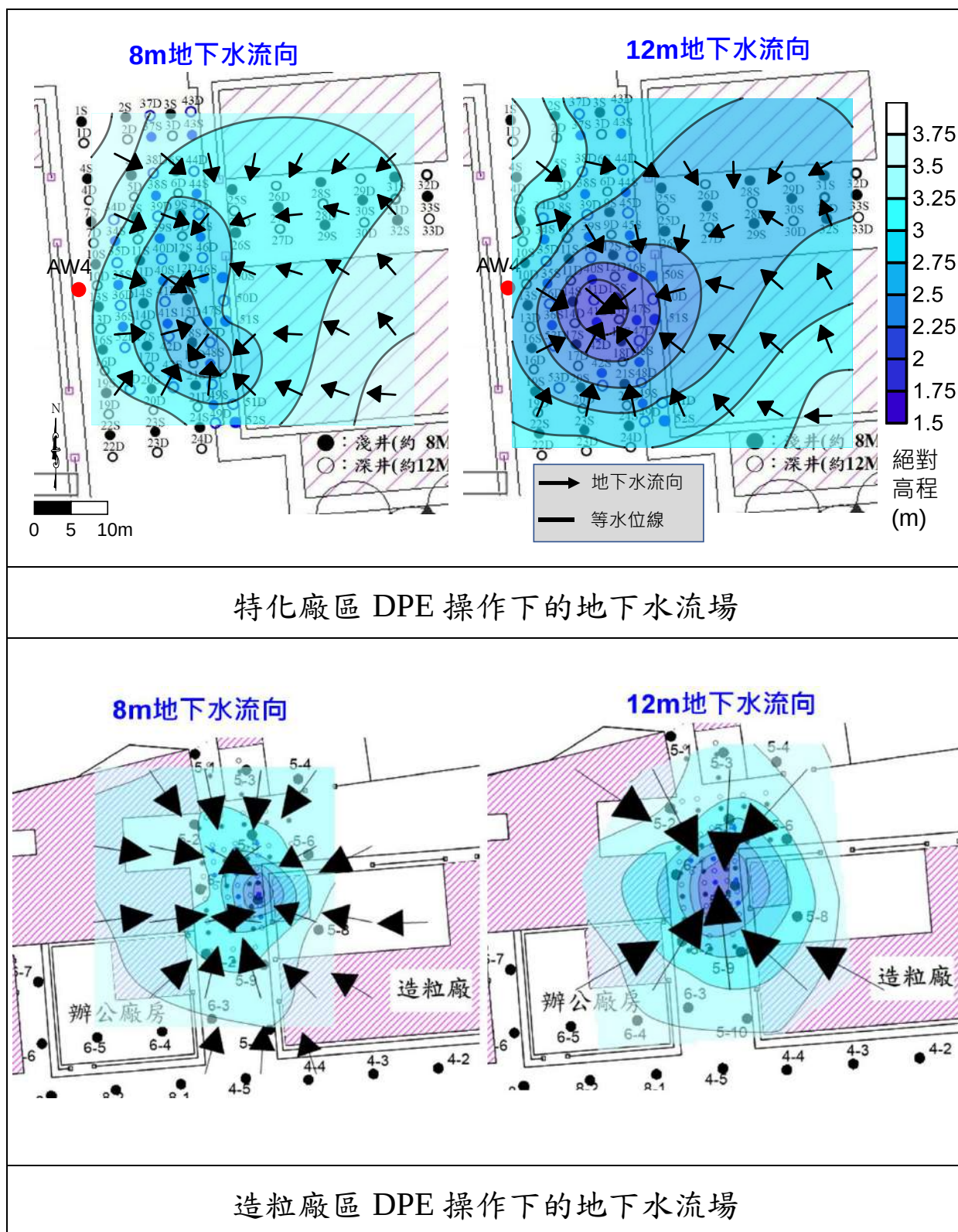


圖 4.5-10 DPE 操作區域地下水流場示意圖

4.5.2 化學氧化法操作成果

本計畫於 110 年 9 月開始 DPE 搭配化學氧化整治，於高污染區外圍(氯苯 <20mg/L)灌注化學藥劑，並藉由觀察地下水水質變化、污染物濃度變化等調整注藥量、注藥井位及抽水井位，操作內容及整治成效說明如下。

一、化學氧化法操作

使用既有 DPE 井優先針對特化廠及造粒廠高污染區下游邊界淺層(2~8 公尺)與深層(9~12 公尺)分別注藥，採取少量、多批次注藥方式，減少土壤對氧化劑之消耗，避免氧化劑之浪費。每批次每口注入量為 2~4 立方公尺濃度 0.05M 之過硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)溶液，至 110 年五月已完成 3 批次氧化劑灌注，共灌注 958 立方公尺過硫酸鈉溶液，使用 11,975 公斤過硫酸鈉，DPE 搭配化學氧化法操作區域分佈如圖 4.5-11 所示。

二、整治成效與成果

分別於特化廠與造粒廠區進行地下水水質與污染物濃度監測，評估過硫酸鹽藥劑傳輸之水質參數主要為導電度與氧化還原電位，數值提升愈多代表藥劑影響程度愈大，污染物濃度變化則為評估整治成效與工法之可行性，監測井地下水水質、污染濃度變化彙整如圖 4.5-12 與圖 4.5-13 所示，各區執行成果說明如下：

特化廠區：位於注藥與抽水區域間觀測井(特化廠 8S 與 8D)經 3 批次注藥後地下水導電度、氧化還原電位均有提升，於第三批次停止注藥 65 天後導電度恢復至背景水質，氯苯均已降至管制標準附近，抽水區域監測井 AW2(8 公尺)與 AW2(12 公尺)污染物濃度亦有明顯下降情形。

造粒廠區：位於注藥與抽水區域之間觀測井(特化廠 32S 與 32D)經 3 批次注藥後地下水導電度、氧化還原電位均有提升，於第三批次停止注藥 67 天後導電度、氧化還原電位均恢復至背景水質，特化廠 32D 氯苯濃度經二批次注藥後由 43.9mg/L 降至 15.7mg/L，但於第三批次停止注藥 67 天後污染濃度回升至 22.2 mg/L，抽水區域監測井 AW11(8 公尺)與 AW11(12 公尺)氯苯濃度亦有回升情形。

上述結果顯示抽水搭配化學氧化法雖有明顯成效，但於污染較高區域氯苯濃度較易有回升現象，後續將評估並調整注藥井位及抽水井位，或可搭配其他藥劑以提升污染物移除速率。

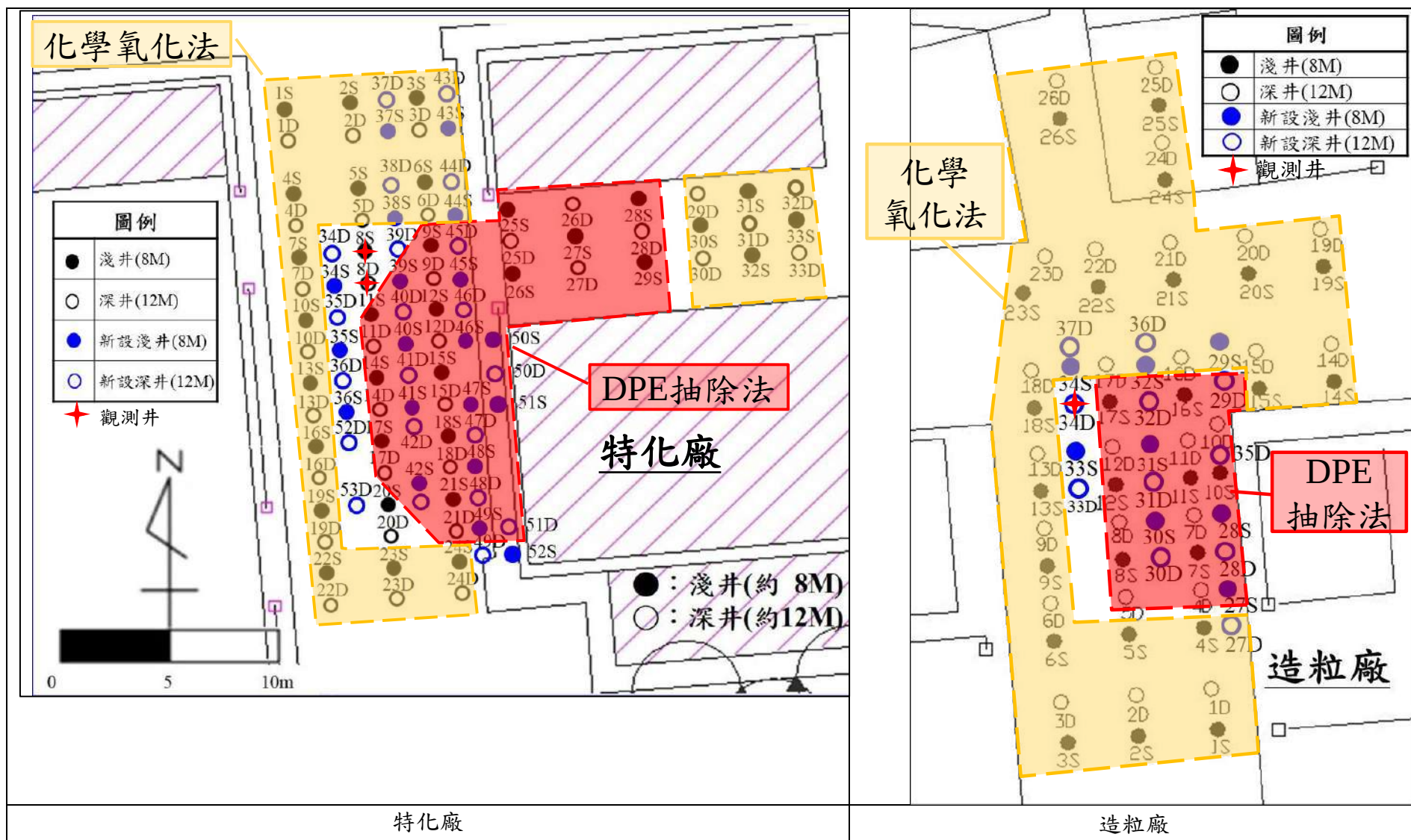


圖 4.5-11 DPE 井操作區域分佈圖

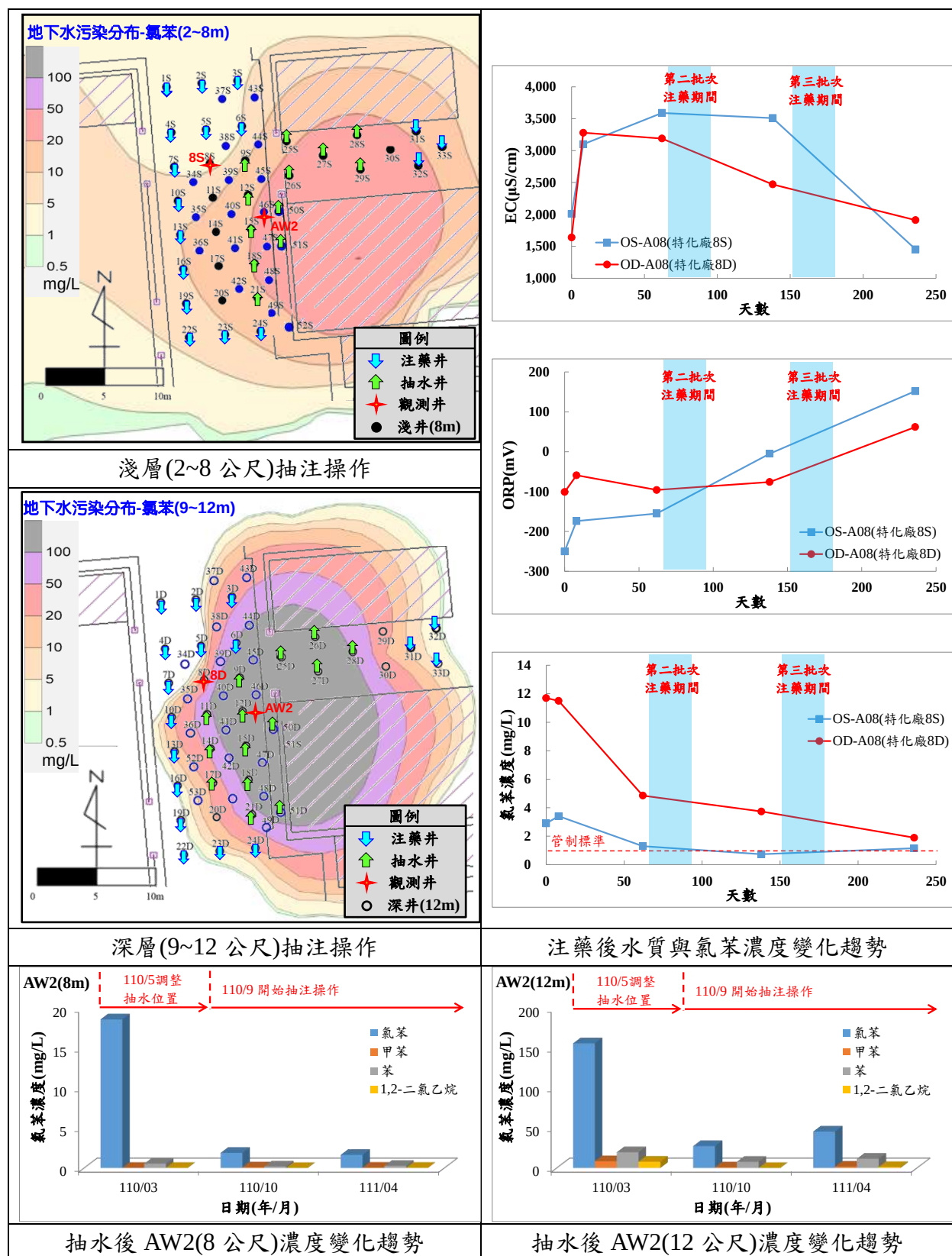
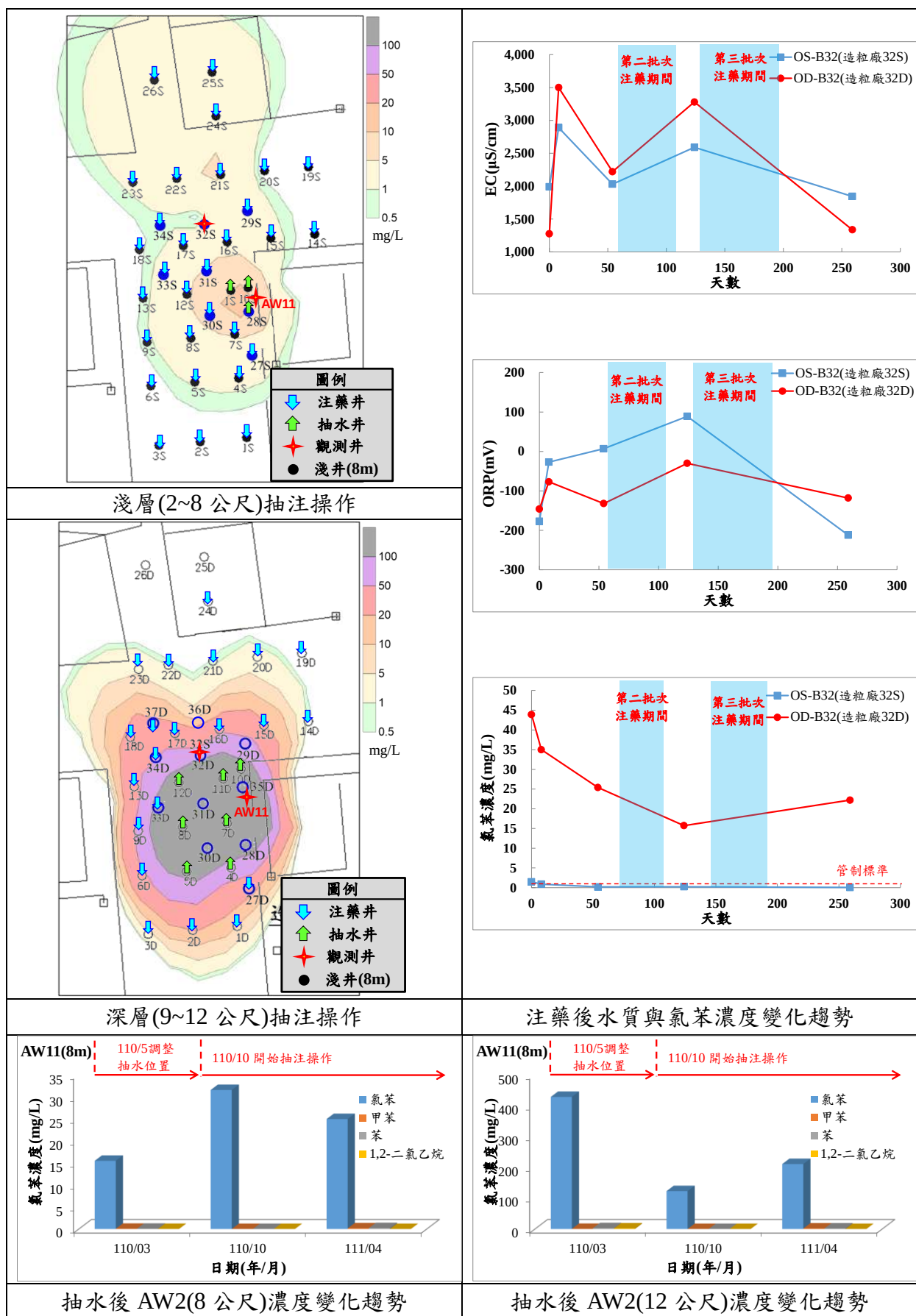


圖 4.5-12 DPE 搭配化學注藥水質與污染濃度變化趨勢(特化廠)



4.5.3 現地生物法操作成果

因場外下游區域僅有地下水污染，污染物為氯苯及 1,2-二氯乙烷，污染程度較場內低，整治前期針對此區域採用厭氧生物整治牆進行邊界阻攔；場內則在 DPE 整治後氯苯濃度低於 10 mg/L 之區域採用好氧生物法整治，於整治過程中依污染濃度與範圍變化隨時調整生物法操作，整治井設置與操作大事記如表 4.5-3 所示，詳說明如下。

表 4.5-3 生物整治法工作大事記

日期	工作項目
103.11.19	1.完成場外生物整治井設置作業。 2.共設置 84 口 4 公尺深井；73 口 7 公尺深井。
104.01.21	完成場外第一次厭氧生物助劑注藥作業。
104.06.05	完成場外第二次厭氧生物助劑注藥作業。
105.12.31	完成場外第三次厭氧生物助劑注藥作業。
107.07	1.完成場內污染源上游生物整治系統建置。 2.共設置 38 口 4 公尺深井；46 口 7 公尺深井。
109.02	完成場內污染源上游過氧化氫批次注藥。
110.03	1.完成污染源下游生物整治系統建置。 2.共設置 228 口 4 公尺深井；161 口 8 公尺深井。
110.08	開始污染源下游(A 區)好氧生物整治，累積注藥量為 0.025%過氧化氫 443 噸。

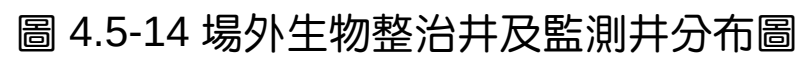
一、場外厭氧生物整治

(1)系統設置與操作

由生物現地試驗結果顯示，生物助劑傳輸受本場址地質影響，地表下 1~4 公尺之粉、黏土層傳輸距離約 1~2 公尺，地表下 5~8 公尺之粉土夾砂層傳輸距離約 2~3 公尺，因此依據此參數於 103 年 11 月完成 84 口 4 公尺淺層井及 73 口 7 公尺深層井設置作業，整治井分布圖如圖 4.5-14，並自同年 11 月開始進行生物助劑注藥作業，截至 105 年 12 月共完成三次注藥作業。採用 EHC-L 作為生物助劑，主要成分為卵磷脂、富含複雜有機碳之乳化生物助劑，淺層注藥井單口藥劑約 20 公斤，深層注藥井單口藥劑約 90 公斤，以維持孔隙水中助劑濃度 2,000 mg/L。

(2)整治成效與成果

注藥後氯苯及 1,2-二氯乙烷濃度即有明顯下降之趨勢，雖有濃度起伏之情形，自第十三次成效監測後(注藥後約 1,300 天)，7 口成效監測氯苯濃度均已低於管制標準，監測點位如圖 4.5-14 所示，歷次成效監測結果濃度趨勢圖如圖 4.5-15 所示。



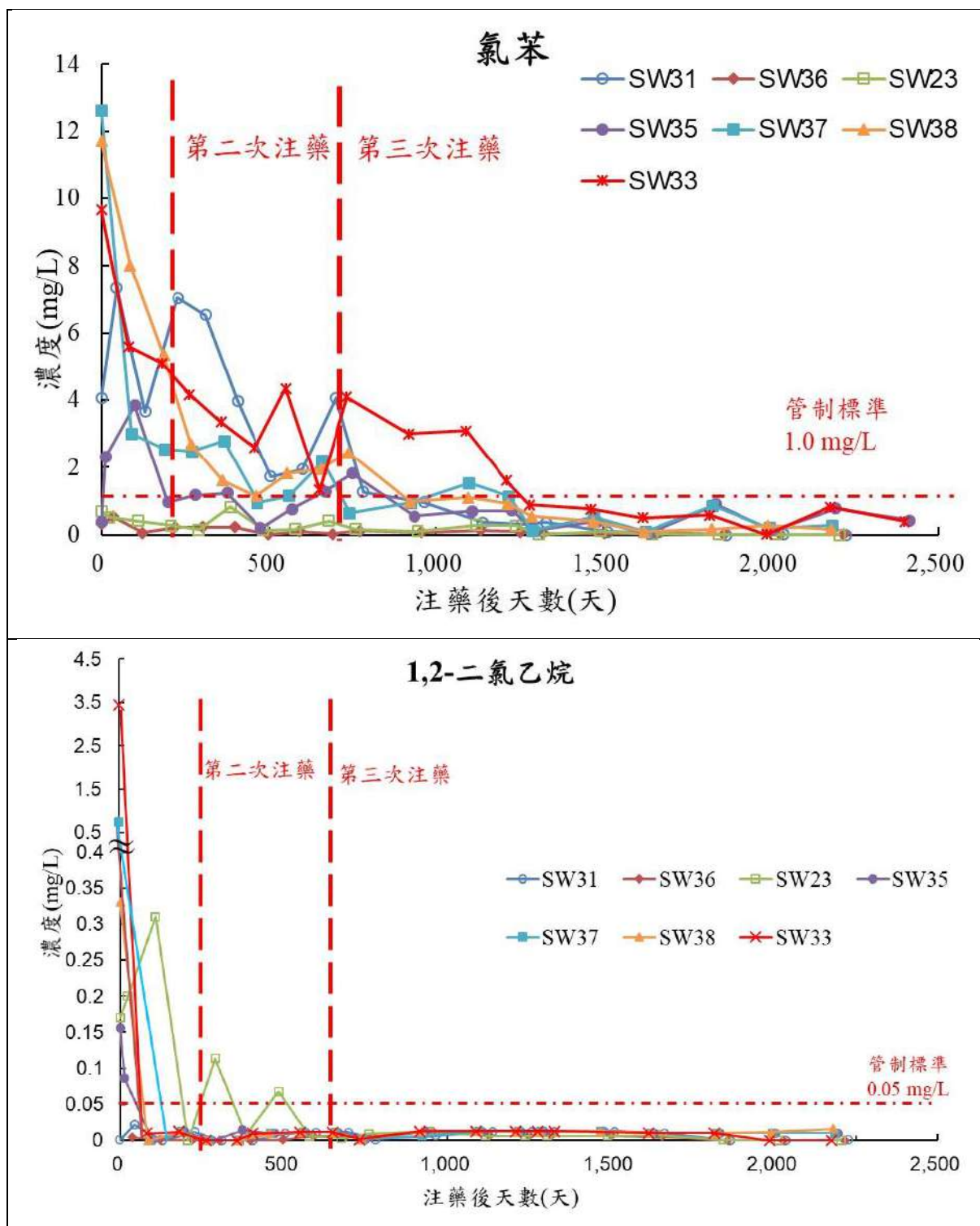


圖 4.5-15 場外生物整治歷次成效監測變化圖(103~110 年)

二、場內上游好氧生物整治

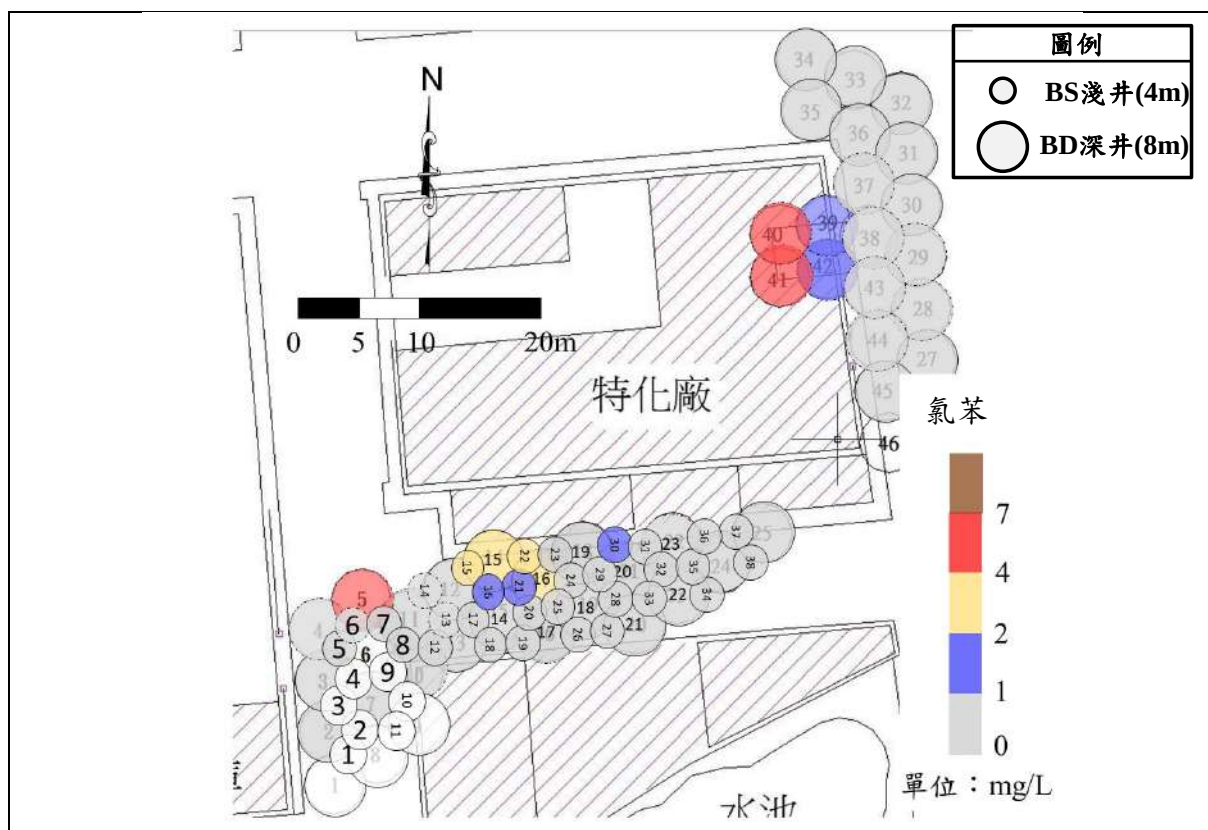
(1)系統設置與操作

由過氧化氫現地注藥試驗結果顯示，藥劑影響範圍可達 2.5~4 公尺，因此依據此參數於 107 年 1 月完成整治井設置，共設置 38 口深度 4 公尺淺層井井距約 2.3 公尺，與 46 口深度 7 公尺深層井井距約 4.3 公尺，分別自井底開篩 2 及 5 公尺，整治井分布圖如圖 4.5-16。

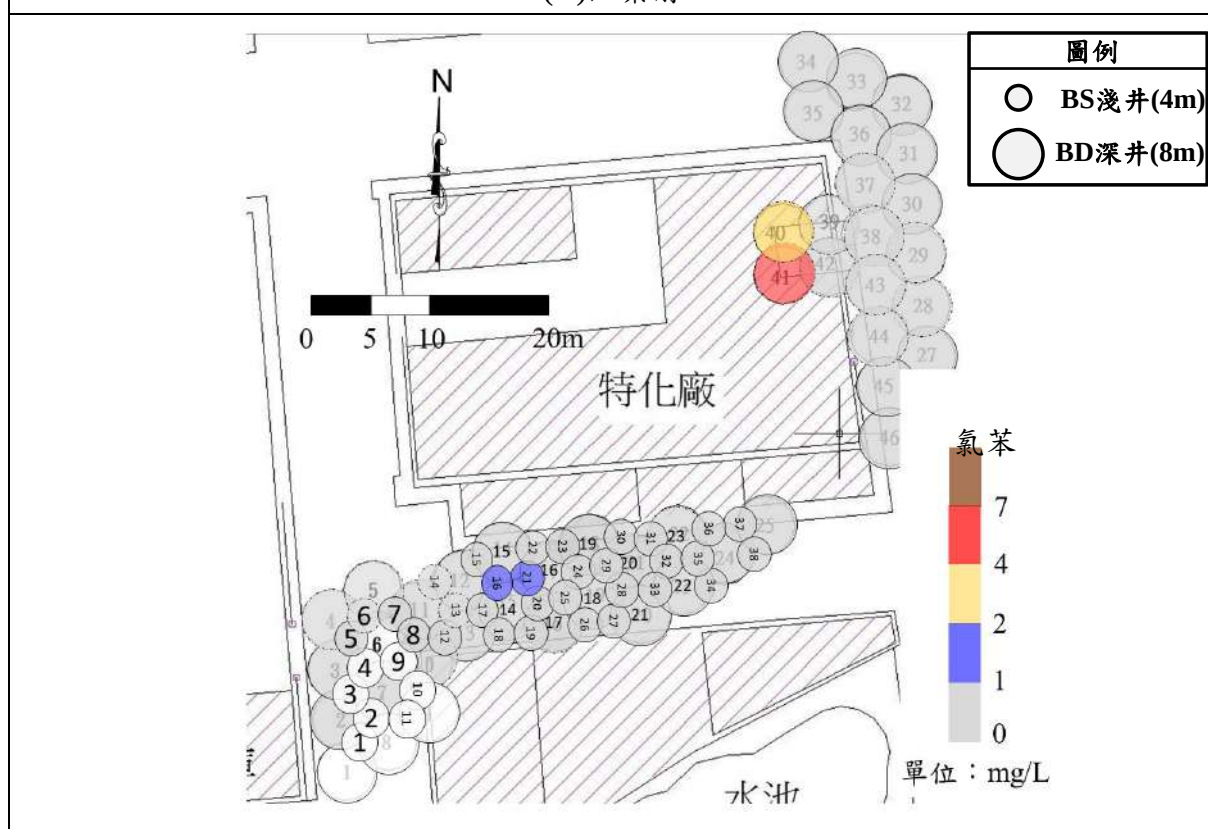
分別於深層注藥井 BD4、5、11、12、15、16、19、39、40、41、42 與淺層注藥井 BS6、13、14、15、16、21、22、23、30 灌注 0.15%過氧化氫溶液以提高水中溶氧供微生物利用，每次灌注一噸並間隔數日。於 109 年 2 月完成特化廠南側共進行三次注藥作業，每口井各注 3 噸藥劑；特化廠東側共進行四次注藥作業，每口井各注 4 噸藥劑。

(2)整治成效與成果

於注藥後各井氯苯濃度皆有明顯降低且大都降到管制標準以下，注藥後第 56 天 BS16、BS21 之氯苯濃度略高於管制標準，BD40、41 之氯苯濃度約為 2.395 和 4.453 mg/L，整體而言整治成效良好(如圖 4.5-16 所示)。除後續持續監測確認該區污染濃度有無回升之虞外，因鄰近特化廠污染源區易受土壤中殘存之污染物影響，後續將優先處理特化廠污染源區。



(A) 注藥前



(B) 注藥後第 56 天

圖 4.5-16 場內上游生物整治污染濃度變化圖

三、場內下游好氧生物整治

場內污染帶區經 DPE 整治後地下水氯苯濃度已處理至 10 mg/L 以下，故改以生物整治法，已於 110 年 3 月完成整治井設井作業，於 110 年 6 月完成注藥系統、管線配置，並方為 A、B、C 三區分區操作，詳說明如下。

(1)系統設置與操作

由過氧化氫現地注藥試驗結果顯示，藥劑影響範圍可達 2.5~4 公尺，因此依據共設置 228 口深度 4 公尺淺層井井距約 2.5 公尺，與 161 口深度 8 公尺深層井井距約 4.3 公尺，分別自井底開篩 2 及 6 公尺，整治井分布圖如圖 4.5-17(A、B、C 區)。

本場址於 110 年 7 月開始執行場內生物整治注藥作業，注藥範圍如圖 4.5-17 所示，生物整治牆(B、C 區上游)每周約注 5~10 噸，共注 443 噸 0.025% 過氧化氫，整治牆下游生物整治井已完成每口 3 批次注藥作業(每批次每口注 5 噸 0.025% 過氧化氫)。

(2)整治成效與成果

於注藥區域分別監測水質、污染物濃度及微生物數量變化，注藥後溶氧明顯提升，並於注藥 70 天後水質有回復情形，故後續以 70 天左右為周期執行批次注藥作業，期間地下水基本水質監測結果彙整如圖 4.5-18。

微生物數量委託國立成功大學執行，採用即時定量聚合酶連鎖反應(real-time quantitative polymerase chain reaction, qPCR)進行氯苯破環關鍵酵素鄰苯二酚 1,2-雙氧氧化酵素的基因定量，分析結果彙整如表 4.5-4 所示。BD-A11 及 BD-A17 之目標基因背景量分別為 1.79×10^6 copy/L 與 2.46×10^6 copy/L，顯示這二區地下水中原本能降解氯苯類好氧菌數量充足，且經注藥後目標基因濃度上升至 3.3×10^7 copy/L 與 2.97×10^8 copy/L，提升水中溶氧應有利於好氧微生物生長。

本計畫以 Frog 儀器監測地下水氯苯濃度，監測結果彙整如表 4.5-5，注藥後氯苯濃度變化趨勢如圖 4.5-19，注藥 3 批次後監測各井氯苯濃度皆有明顯降低趨勢，其中生物注藥區北側 BD-A17 為最早完成注藥區域，於第三批注完藥後水質恢復接近背景值，氯苯濃度有略微回升情形，後續將持續進行該區注藥作業，而其餘注藥區域氯苯濃度均已符合管制標準，後續將暫停注藥並監測氯苯濃度是否有回升情形。



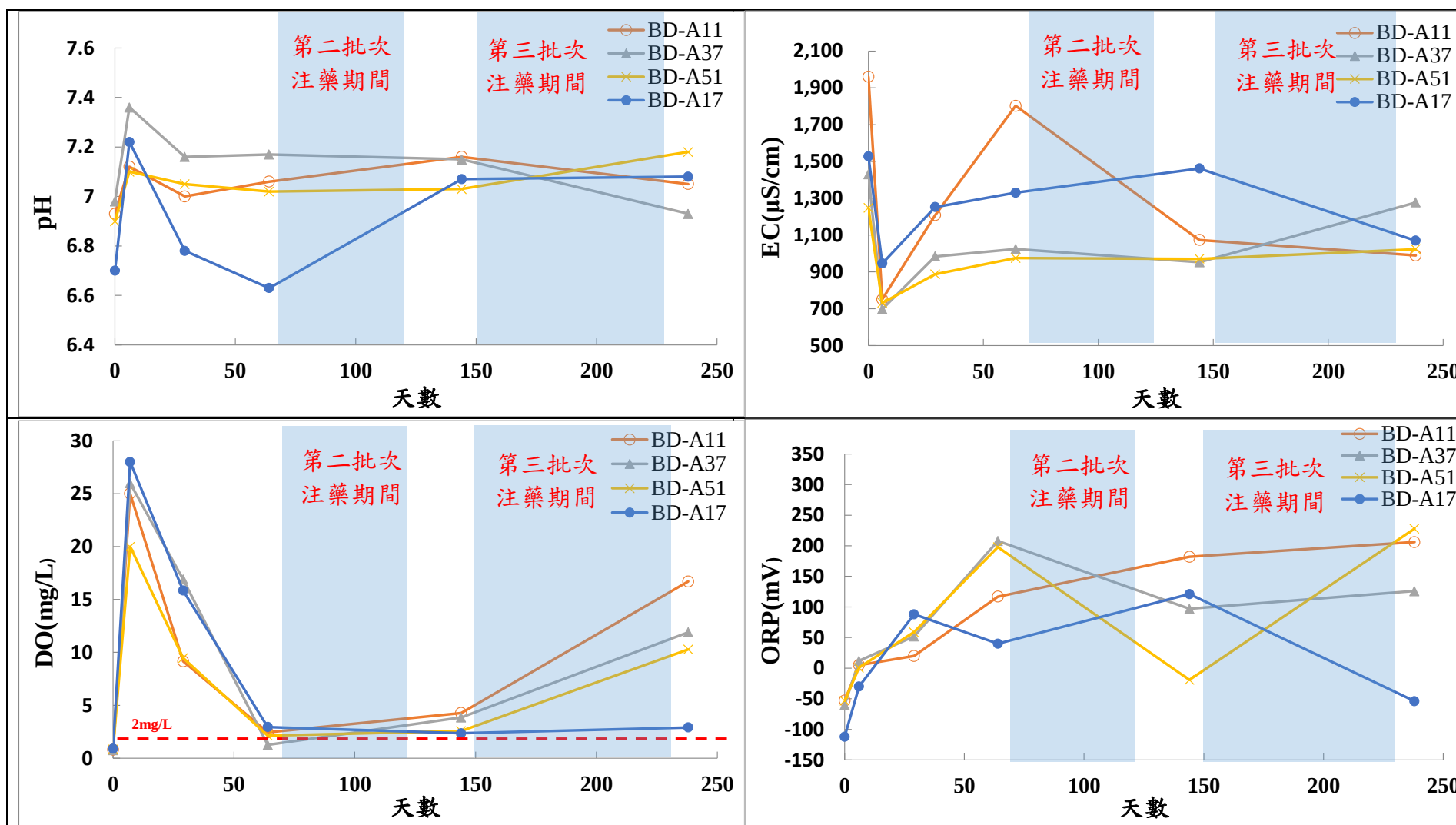


圖 4.5-18 好氧生物整治基本水質變化趨勢圖

表 4.5-4 好氧生物整治水質與微生物基因分析結果

項目	單位	BD-A11		BD-A17	
		注藥前	注藥後 64 天	注藥前	注藥後 64 天
總有機碳	mg/L	5.9	5.6	5.9	3.4
凱氏氮	mg/L	1.61	0.11	2.19	0.09
總磷	mg/L	1.46	0.822	1.22	1.85
Catechol 1,2-dioxygenase gene	copy/L	1.79×10^6	3.3×10^7	2.46×10^6	2.97×10^8
Total bacteria 16S rRNA	copy/L	6.03×10^8	2.98×10^9	4.66×10^9	1.82×10^9

表 4.5-5 好氧生物整治氯苯濃度分析結果

井號	注藥前 氯苯濃度	注藥後 29 天 氯苯濃度	注藥後 64 天 氯苯濃度	注藥後 144 天 氯苯濃度	注藥後 238 天 氯苯濃度
BD-A11	3.95	1.02	4.71	1.28	0.02
BD-A37	2.08	0.05	0.07	0.06	0.23
BD-A51	0.94	0.04	0.38	0.05	ND
BD-A17	5.22	1.61	2.77	1.59	2.54

註：1.本表氯苯濃度係以 Frog 儀器分析 2.單位：mg/L

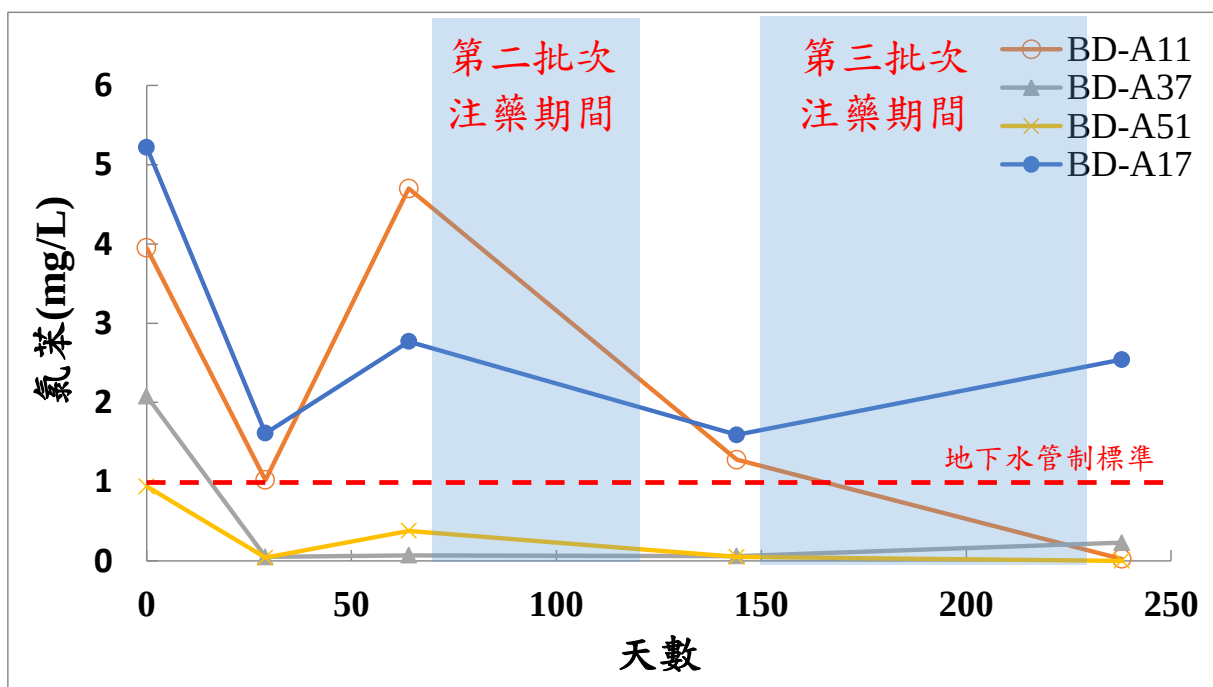


圖 4.5-19 好氧生物整治氯苯濃度變化趨勢

4.5.4 土壤及地下水定期監測結果

一、土壤定期監測

依據 102 年核定之整治計畫，本場址土壤污染區域主要為製程區之特化廠與造粒廠西側道路，以及場外污水廠放流口處之農地，因此主要針對上述兩區域進行土壤定期監測。彙整已執行之土壤監測數據如附件八，說明如下：

- 監測頻率：半年 1 次。
- 監測點位：將於土壤污染區定期監測，每次 3 點，包括製程區 2 點及污水廠放流口 1 點。整治期間若發現污染團有異常變化趨勢，將進行機動性補充調查，以釐清污染分布，位置如圖 4.5-20 所示。
- 採樣深度與樣品篩測：連續採樣至地表下約 12 公尺，土壤管柱以 PID 及 FID 篩測，每點取篩測值最高之樣品送樣分析。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目及氯苯。
- 土壤採樣及分析方法：均遵照環境檢驗所相關公告與方法執行，樣品委託環保署認證之檢測機構分析。

彙整歷次土壤監測點位最高濃度檢測值變化趨勢如圖 4.5-20 所示，開始 DPE 操作後舊放流口處土壤監測點 S01 之 1,2-二氯乙烷與氯苯有明顯下降，此區停止 DPE 操作後濃度亦無回升趨勢。監測點 S02 及 S03 分別位於造粒廠西北側陰井旁及特化廠洗滌塔西側，因此兩區屬污染源污染程度高，DPE 開始操作後污染濃度有上下起伏變化，但濃度均有逐漸下降趨勢，主要土壤污染物為苯、1,2-二氯乙烷及氯苯，而 S02 土壤中尚有較高氯苯殘留，110 年 9 月土壤 PID 篩測濃度最高約 1,800 ppmV，經 110 年 9 月該區改以 DPE 搭配化學氧化法操作後，土壤 PID 篩測最高濃度降低至約 500 ppmV，篩測濃度如圖 4.5-21 所示，顯示本計畫所調整後整治工法與執行方式有助於改善土壤污染情形，後續仍將持續針對土壤進行監測，掌握土壤污染潛勢及深度。

二、地下水定期監測

依據 102 年核定之整治計畫，地下水監測區域包括場址內及場外空地，彙整已執行之地下水 VOCs 監測數據如附件九，說明如下：

- 監測頻率：每季 1 次。
- 監測點位：每次 10 口，包括污染區域 6 口 (MW4、MW5、MW6、MW8、MW10 及 MW11)，以及污染周界上游 2 口 (MW2、MW9) 與下游 2 口 (MW7、MW12)，位置圖 4.5-22 所示，井徑為 2 或 4 英吋之標準監測井，井深 8 公尺，開篩於地表下 2~8 公尺。
- 分析項目：揮發性有機物 (VOCs) 法規管制項目，特化廠、造粒廠及特化倉庫之監測井 MW5、MW6、MW10 與 MW11 另加測總酚；MW10 另加測重金屬砷。
- 地下水採樣及分析方法：遵照環境檢驗所相關公告與方法執行 (微洗井)，樣品委託環保署認證檢測機構分析。

彙整各監測井污染濃度變化如圖 4.5-23，其中 MW2、MW7、MW8、MW9、MW12 位於場外無污染或中低污染區域(圖 4.5-22)，監測結果地下水均符合標準顯示並無污染向外擴散情形；MW4、MW5、MW6 位於場內中污染區(圖 4.5-22(b) 藍色區域)，經 DPE 整治後近期氯苯濃度濃度已低於 5 mg/L，因此於 110 年 7 月改為好氧生物整治；MW10、MW11 鄰近污染源(圖 4.5-22 紫色區域)，原 DPE 整治於 110 年 9 月開始搭配化學氧化法整治。各監測井自開始整治至今污染濃度明顯降低，並自 109 年 3 月起地下水砷示皆低於管制標準，顯示 DPE 整治法能有效減少污染濃度並防止污染擴散，惟部分區域已達 DPE 整治工法極限，後續仍須搭配化學氧化、生物法等以加速污染移除速率。

三、污染團周界地下水監測

本計畫為評估整治期間污染團是否有擴散之虞，規劃每半年監測污染團周界地下水品質，彙整已執行之地下水 VOCs 監測數據如附件九，說明如下：

- 監測頻率：半年 1 次。
- 監測點位：包括 8 公尺淺層標準監測井（MW）、20 公尺深層井（DMW）及簡易井（SW），位置圖 4.5-24 所示，每次依各階段整治重點挑選觀測井位。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目。
- 地下水採樣及分析方法：遵照環境檢驗所相關公告與方法執行（微洗井），樣品委託環保署認證檢測機構分析。

自本計畫開始整治監測至今，僅有 SW03 及 SW46 近期有污染超標現象，其餘井位並無污染。彙整此兩口歷次氯苯監測結果如圖 4.5-24，SW46 於 109 年 4 月停止該區 DPE 操作後氯苯有慢慢回升情形，110 年 3 月氯苯濃度已回升至 5.08 mg/L，遂於，110 年 4 月改以好氧物整治法進行該區注藥作業，生物整治後氯苯濃度已由 5.08 mg/L 降至 1.21 mg/L，後續仍會持續進行該區整治作業與監測此區污染濃度變化。

SW03 於 109 年 9 月則有苯、甲苯超過管制標準，為整治行為開始監測後首次超標且甲苯濃度甚高，評估可能係因生產原料於搬運過程不慎漏出後自井口滲入，已緊急針對該口進行地下水抽水作業，並加強管理作業目前苯及甲苯濃度均已低於管制標準。此外，SW03 過去氯苯曾超過管制標準，經 DPE 整治後氯苯濃度已降至監測標準以下，目前尚無濃度上升之趨勢，之後仍會持續監測此區污染濃度變化，於必要時恢復整治作業。

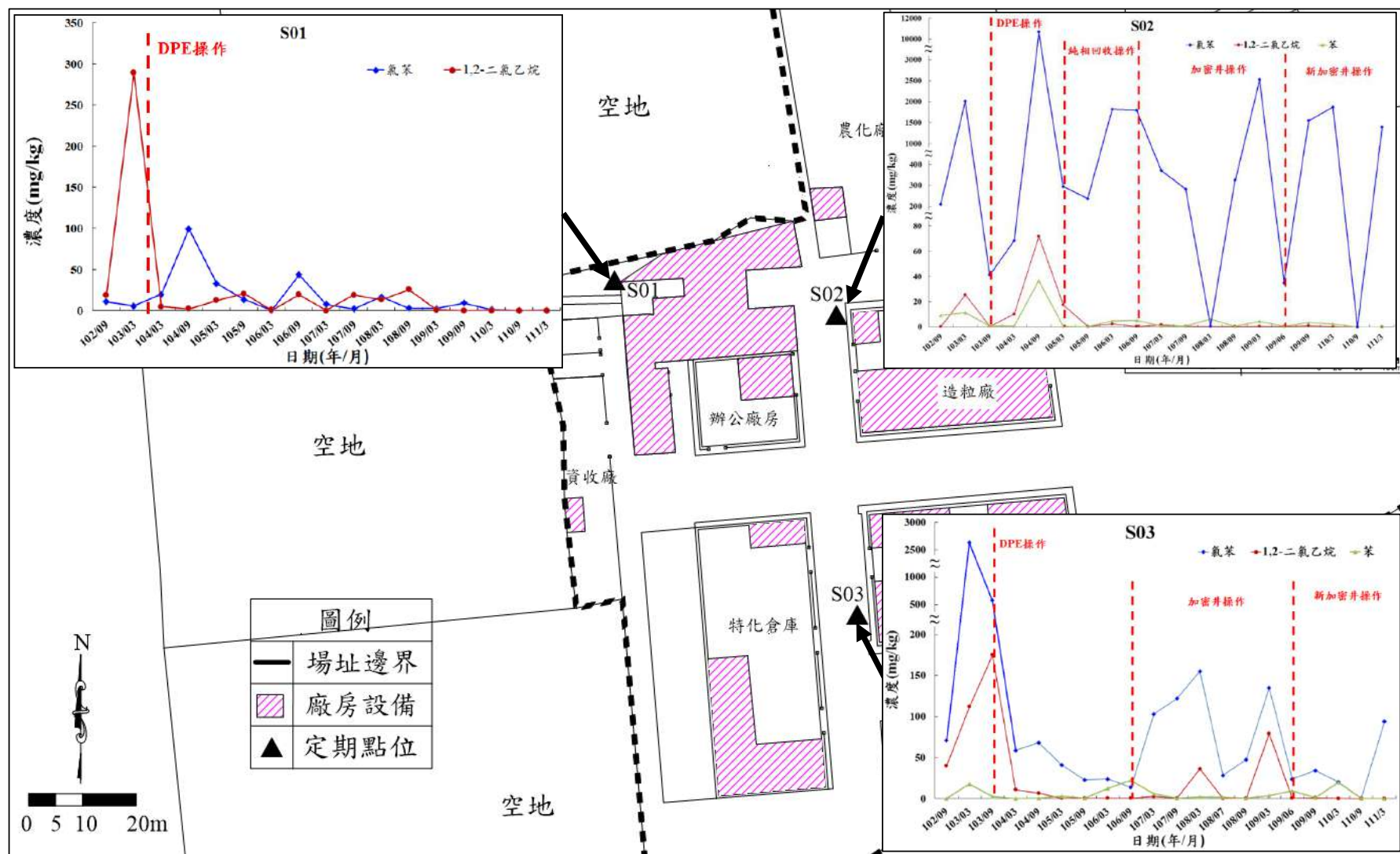


圖 4.5-20 歷次土壤檢測結果

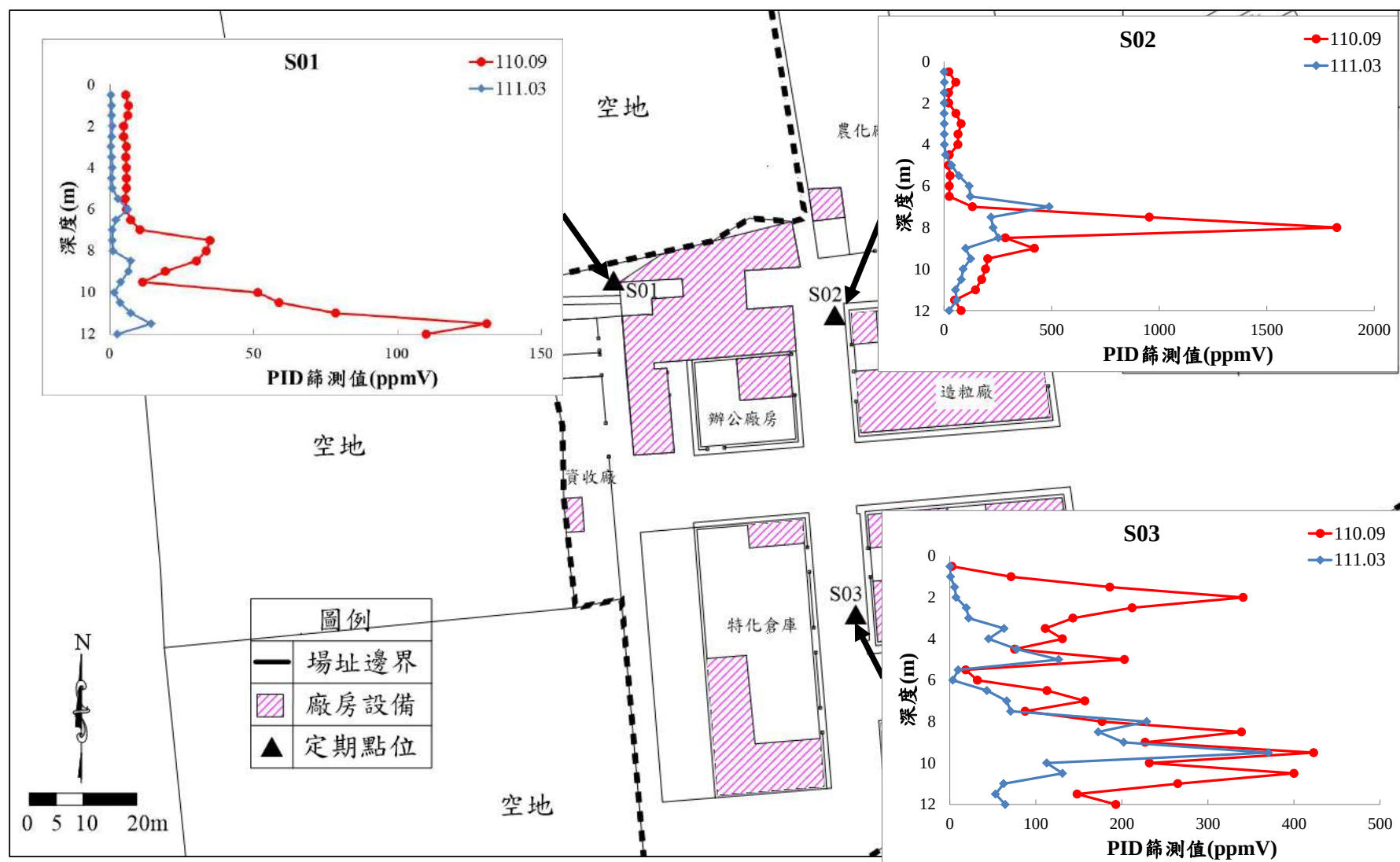


圖 4.5-21 土壤氣體現場篩測濃度變化

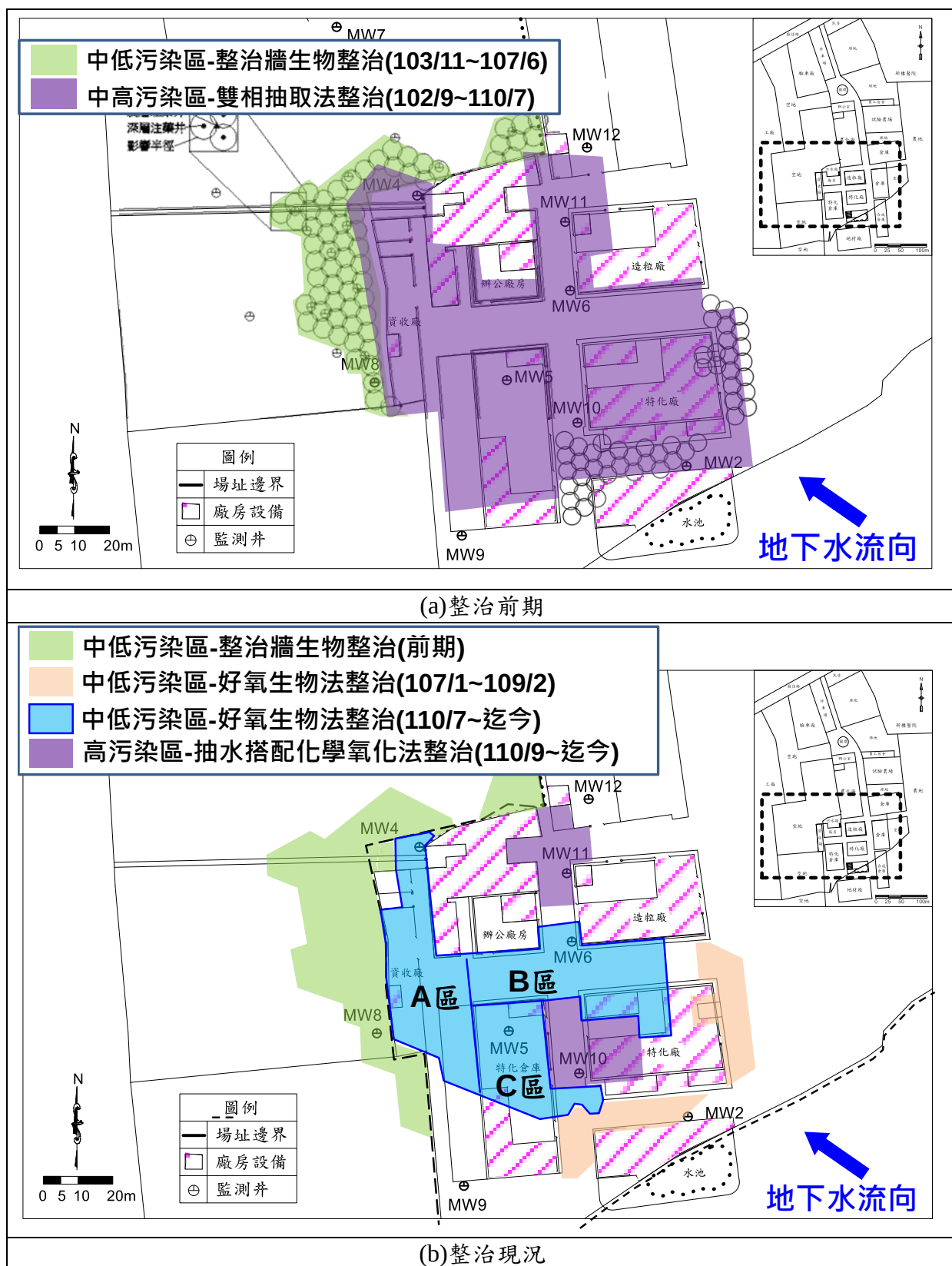


圖 4.5-22 地下水定期監測點位與整治分區圖

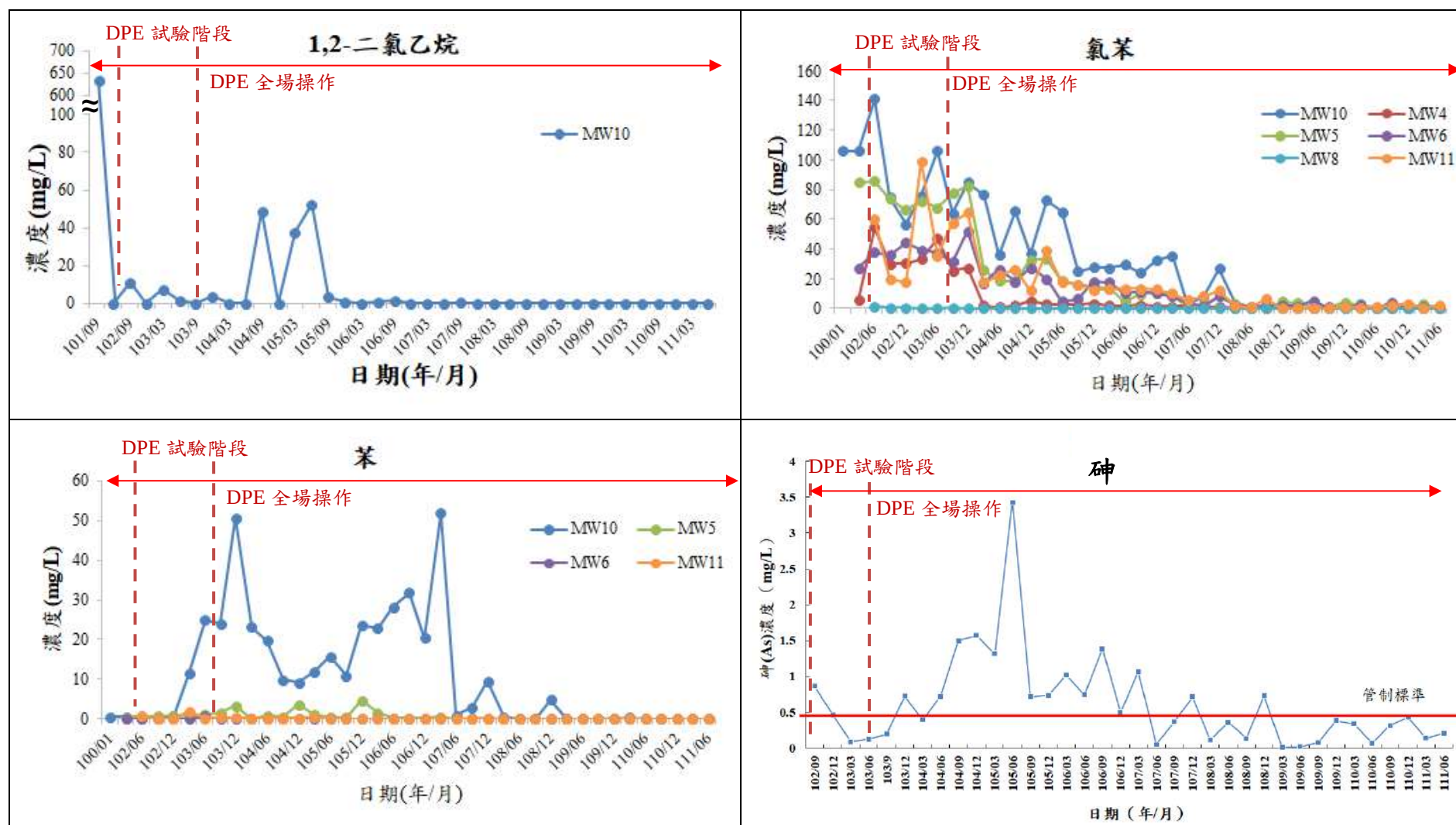


圖 4.5-23 本場址歷次標準監測井地下水定期監測曲線圖

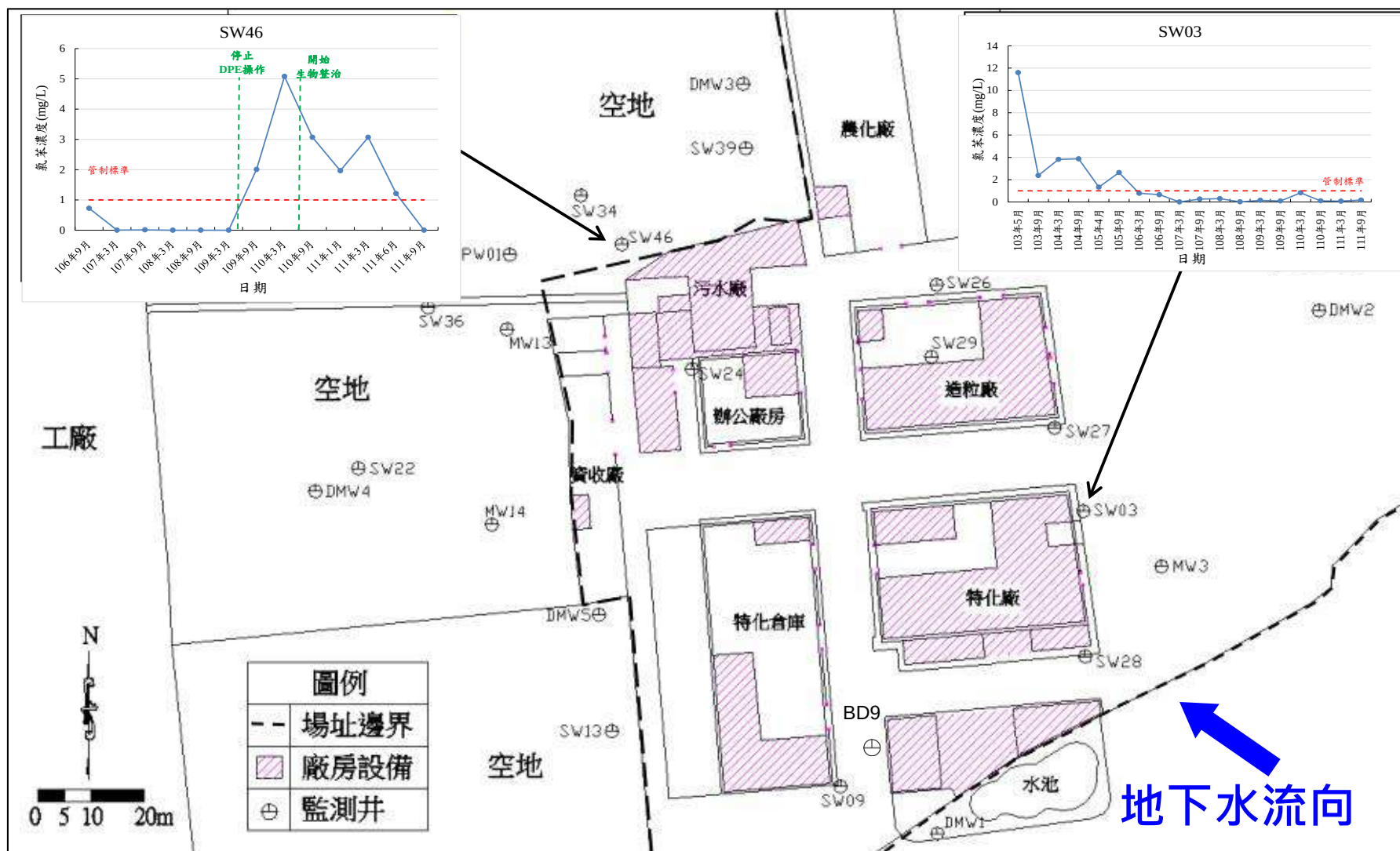


圖 4.5-24 污染團周界地下水監測點位及歷次氯苯濃度變化圖

4.5.5 已執行成果綜合評析

考量本場址整治範圍較廣且經費龐大，為減輕整治作業對工廠營運與運作影響，採取分階段、分區整治，以現地整治工法為主。整治初期場內及污染源區採取雙相抽取法為主，針對土壤及地下水污染進行整治，可大範圍縮減淺層(8公尺內)污染範圍與降低污染程度，惟對較深層(8~12公尺)整治成效不佳(深度較深不易抽除、滲透性較差)，且後期整治效率逐漸衰退，部分區域已改為現地化學氧化法及好氧生物法。場外中低污染區域採用厭氧生物整治，地下水監測濃度已低於管制標準達整治目標。茲對土壤及地下水整治成果說明如下。

一、土壤整治成果評析

由土壤定期監測顯示，污水廠、造粒廠及特化廠土壤污染濃度均已低於管制標準，然造粒廠(S02)及特化(S03)於111年3月土壤氯苯濃度分別為1,400 mg/L 及 93.9 mg/L，氯苯雖非為土壤管制項但會由土壤持續釋出溶於水造成地下水污染，且整治期間土壤氯苯濃度起伏變化明顯，表示現有整治工法雖有成效但該區域仍有土壤污染源持續釋出導致無法整治完成。因受鄰近建物與設備影響無法進行積極整治作為，整治成效有限，未來如何針對建物下方之污染源進行積極整治將是本場址實施重點。

二、地下水整治成果評析

由本場址地下水定期監測井以及雙相抽取法、化學氧化法、現地生物操作法等成效監測井之地下水分析結果，評估及計算目前場址分層污染面積及污染總量如表 4.5-6，以地表下 8~12 公尺污染程度最高，地表下 4~8 公尺污染程度最低但範圍最大，評估因該層地質多以粉土夾砂為主，污染物較易擴散但也較易抽除。分別計算近期一年不同深度污染量削減率如表 4.5-6 與圖 4.5-25 所示，除了深度 4~8 公尺之 1,2-二氯乙烷污染物總量升高外，其餘污染物 111 年 3 月總量均較 110 年 3 月低，各深度污染物範圍與濃度均有持續縮小與下降。氯苯、1,2-二氯乙烷、苯及甲苯污染量平均削減率分別達 44.4、66.6、47.5 及 88.6%，顯示本計畫調整整治工法為化學氧化法及現地好氧生物法後可有效移除污染。

此外，因本場址以氯苯之污染濃度及污染總量最高且污染範圍最大，是本場址能否整治成功之關鍵，為了解氧化劑及好氧生物對氯苯削減速率，以利於後續

整治規劃評估，亦計算一階反應速率常數，結果如圖 4.5-26 所示。採用化學氧化處理氯苯濃度較高之地下水，其反應速率常數約 $0.007\sim 0.013 \text{ day}^{-1}$ ，若地下水初始氯苯濃度為 100 mg/L ，採用化學氧化法推估約需 12~22 個月能使地下水氯苯濃度低於管制標準 1 mg/L ；若地下水初始氯苯濃度為 20 mg/L ，則約需 8~15 個月能使地下水氯苯濃度低於管制標準。採用好氧生物處理氯苯濃度較低之地下水，其反應速率常數約 $0.015\sim 0.0188 \text{ day}^{-1}$ ，若地下水初始氯苯濃度為 10 mg/L ，採用好氧生物法推估約需 5~6 個月能使地下水氯苯低於管制標準 1 mg/L 。

後續將持續掌握污染團變化、評估整治成效與監測濃度回復情形，針對改善成效不佳、效率較差之區域，分析原因並調整操作或整治工法，確保本計畫執行品質與進度。

表 4.5-6 地下水污染物不同深度污染面積與污染量削減率計算

污 染 物	深度(m)	110 年 3 月		111 年 3 月		污 染 面 積 削 減 (%)	污 染 量 削 減(%)
		污 染 面 積(m^2)	污 染 量 (kg)	污 染 面 積(m^2)	污 染 量 (kg)		
氯 苯	0~4	1,964	55.5	1,657	29.8	15.6	46.4
	4~8	3,507	36.5	2,257	25.1	35.6	31.1
	8~12	936	128.4	867	56.9	7.3	55.7
1,2-二 氯乙烷	0~4	401	0.5	332	0.3	17.2	45.3
	4~8	註 ²	—	121	0.05	—	—
	8~12	774	3.1	518	0.8	33.1	87.9
苯	0~4	1,351	13.6	993	6.9	26.5	49.3
	4~8	991	7.4	915	5.5	7.6	25.4
	8~12	852	19.9	841	6.4	1.3	67.9
甲 苯	0~4	240	9.2	85	2.1	64.5	77.1
	4~8	註 ²	—	註 ²	—	—	—
	8~12	109	2.7	註 ²	—	→100	→100

註：1. 污染量 = Surfer 推估污染面積*污染地下水層厚度*孔隙率(40%)*污染物濃度。

2. 表污染濃度低於地下水管制標準，故無列入污染面積計算。

3. →表趨近，無限接近某數值。

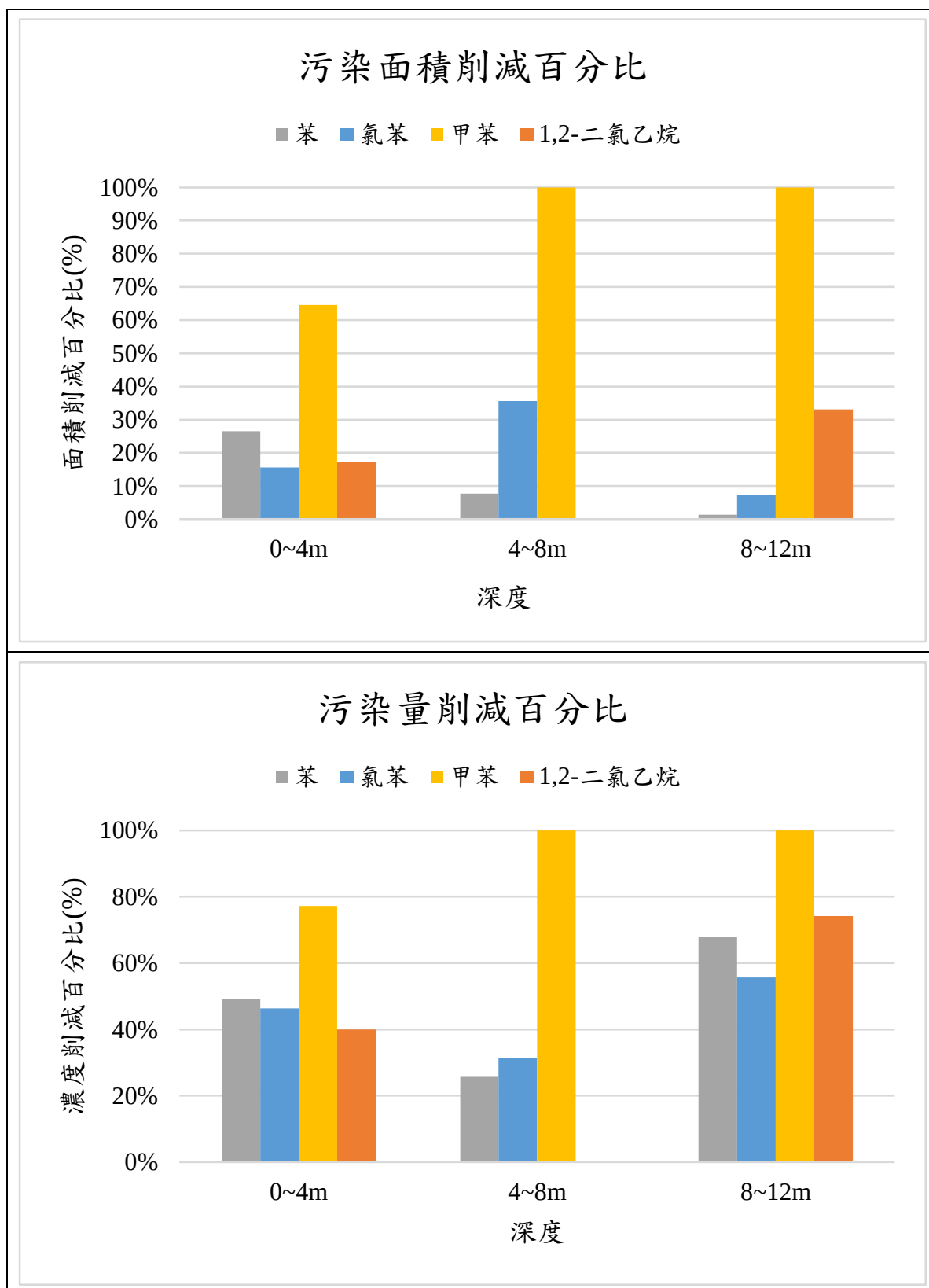


圖 4.5-25 地下水污染物不同深度污染面積與污染量削減百分比

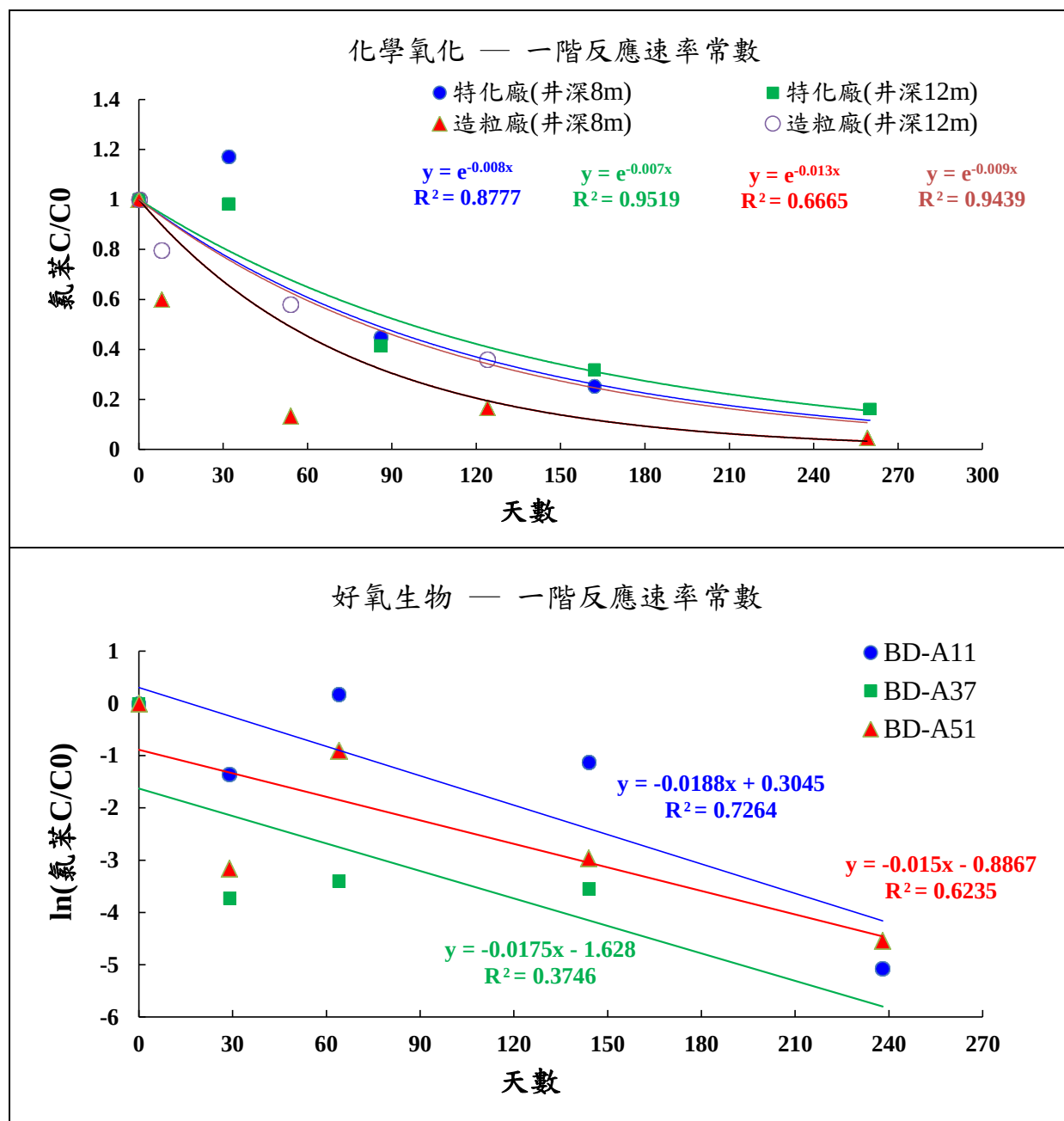


圖 4.5-26 不同整治工法之地下水氯苯降解反應速率常數

污染物、污染範圍及污染程度 **5**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第五章 污染物、污染範圍及污染程度

5.1 標的污染物及其特性

5.1.1 污染物物理、化學及危害特性

依據環保署、臺南市環保局及惠光公司之歷次調查結果發現本場址土壤及地下水污染物主要包含苯、甲苯、1,2-二氯乙烷、氯苯、三氯乙烯、氯乙烯等，均為非水溶液相液體，液體密度有大於水(Dense Non-aqueous Phase Liquid, DNAPL)亦有小於水者(Light Non-aqueous Phase Liquid, LNAPL)，但均有較高水中溶解度及沸點低、易於揮發等特性，部分區域地下水亦有重金屬砷污染，相關污染物之主要物理、化學參數及危害特性整理於表 5.1-1，並說明 LNAPL、DNAPL 及砷污染特性如下。

表 5.1-1 本場址污染物物理化學性質表

化合物	苯	甲苯	1,2-二氯乙烷	三氯乙烯	氯苯	氯乙烯	砷
分子/原子式	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₂ H ₄ Cl ₂	C ₂ HCl ₃	C ₆ H ₅ Cl	C ₂ H ₃ Cl	As
分子/原子量	78.11	92.14	99.0	131.4	112.56	62.5	74.92
沸點(°C)	80.1	110.6	83.5	87.2	131	-13.4	613
蒸氣壓(mmHg) (20~25°C)	95.2	28.4	62	57.9	8.8	2,500	0
密度(g/cm ³ , 20°C)	0.874	0.862	1.25	1.46	1.106	0.908	5.72
水中溶解度(mg/L, 25°C)	1,750	524	8,000	1,100	500	1,100	0
亨利常數(10 ⁻³ atm*m ³ /mole)(25°C)	5.43	5.49	1.18	11.7	3.46	—	0
Log K _{ow}	2.13	2.73	1.48	2.61	2.13	1.52	—
絕對黏度(cP)	0.652	0.590	0.80	0.57	0.75	—	—
LD ₅₀ (mg/kg)	930	5,000	670	5,650	—	5,480	763
LC ₅₀ (ppm/hr)	10,000/7	12,124 mg/m ³	4,050/7	26,300/1	—	285 mg/m ³	—
外觀及氣味	無色液體； 芳香氣味	無色液體； 芳香氣味	無色液體； 氣仿、甜味	無色液體； 氣仿味	無色液體	無色液體； 醚味	灰黑色固體； 無味
其他	—	—	第一類有機溶劑		—	—	—

註：LD₅₀ 表動物半致死劑量（大鼠吞食）；LC₅₀ 表動物半致死濃度（大鼠吸入）

5.1.2 污染物地下環境分布特性

一、LNAPL 地下環境污染特性

當 LNAPL 進入地下環境後，其在地下的移動主要受重力、毛細管作用及浮力等影響而向下或水平移動（如圖 5.1-1 所示）。污染物在不飽和層中可能會揮發至氣相、溶於水中或吸附於土壤顆粒，亦可能於各種不同相中進行化學或生物反應，依其化學組成及環境而有不同，最終將漂浮於地下水面上（形成浮油）或是溶於飽和層隨著地下水流佈擴散。地下水層若含 LNAPL，易因 LNAPL 進入土壤孔隙中，而緩慢釋出污染物，成為一持續之污染源，故若無法有效移除 LNAPL，則會導致整治地下水污染所需之時間拉長。

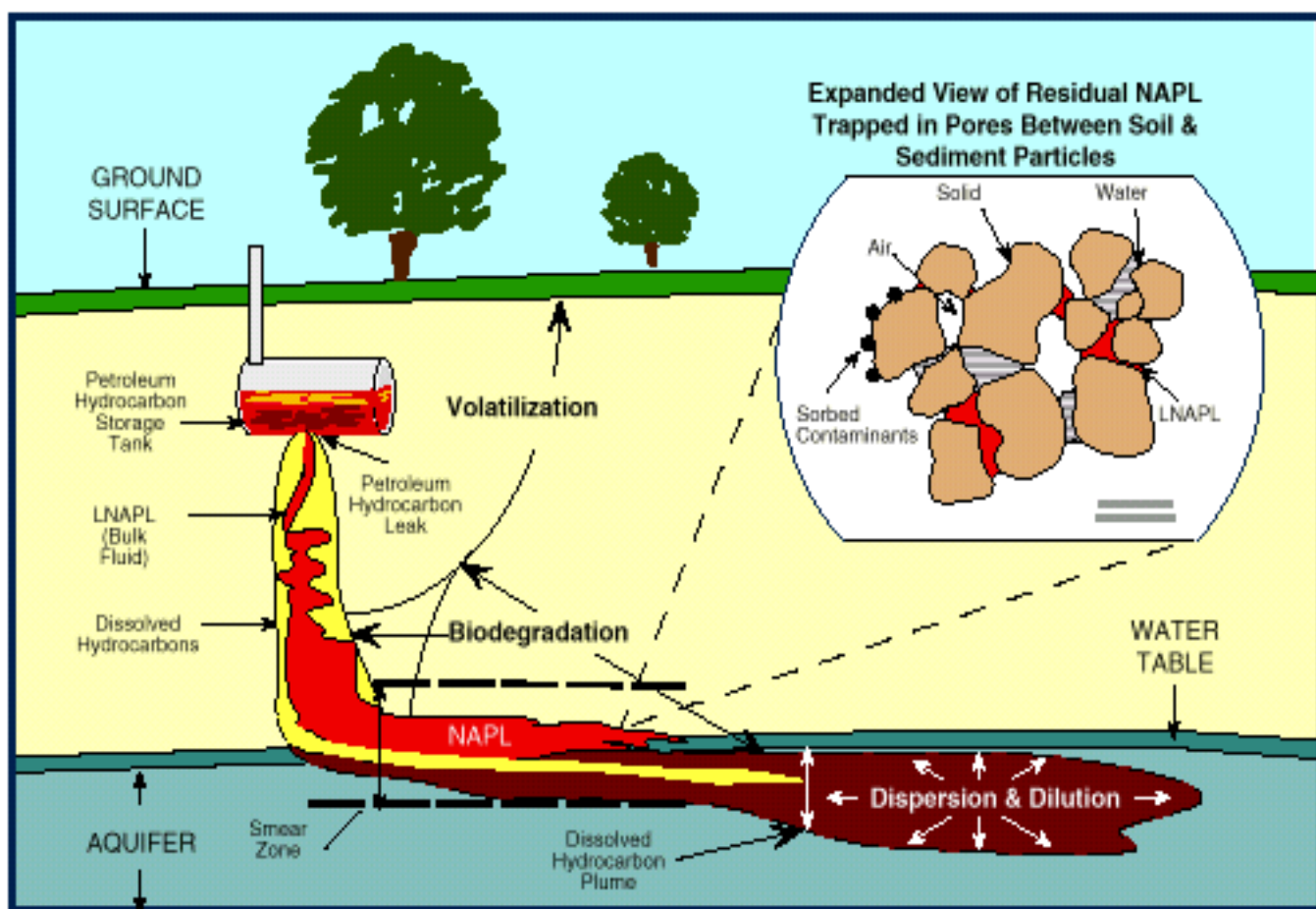


圖 5.1-1 LNAPL 於地下環境移動路徑示意圖

二、DNAPL 地下環境污染特性

DNAPL 主要種類包含氯類溶劑（Chlorinated Solvents）、多氯聯苯（Polychlorinated Biphenyls, PCB）、油品類之DNAPL 如雜酚油（Creosote）及煤焦油（Coal Tar）等。本場址為含氯類溶劑污染，大部分含氯類溶劑密度範圍在 $1.1\sim 1.6\text{ g/cm}^3$ 間，黏度範圍在 $0.57\sim 1.0\text{ cp}$ 間，具有比水重且黏度較水低之特性。此外，含氯類溶劑通常具有較低的辛醇/水分配係數（Octanol/ Water Partition Coefficient, Kow），Kow 代表化學物質在辛醇及水之間的分配傾向，Kow 值越低，表示化學物質親水性較大，較不易被土壤中之疏水性有機物所吸附，因此，當含氯類溶劑污染物洩漏後會快速移動至含水層底部。

DNAPL在地下環境之移動分佈過程如圖5.1-2所示，DNAPL同時受到重力、毛細作用及地質異質性等交互影響。當DNAPL 洩漏至地表下，自由相（free phase）DNAPL受重力的影響向下傳輸滲透至土壤介質中，或是受質地細密之地質阻礙而向水平方向流動，自由相DNAPL會受到毛細作用（capillary forces）影響而有少部分會滯留於土壤孔隙或是裂縫中，這些被土壤孔隙或是裂縫中侷限的DNAPL即稱為殘留相（residual phase），殘留相DNAPL 約佔孔隙體積之 $5\%\sim 50\%$ ，如地質滲透性較佳或洩漏較多或夠久，自由相將向下傳輸穿過整個通氣層到達地下水含層，由於DNAPL比重比水大，傳輸至地下水位面後將繼續向下移動，直到所有的DNAPL 受到毛細作用，被侷限於含水層之土壤孔隙中形成殘留相為止。

當 DNAPL 由較高滲透地層流至較低滲透性地層時，常因無法克服土壤進入壓（細砂約為 100cm 、黏土約 $400\sim 2,000\text{cm}$ 水柱高），而逐漸堆積並在土壤空隙中形成連續狀之 DNAPL 游移相（DNAPL Pool），其飽和度可接近 70% ；但也有實驗指出 DNAPL 飽和度超過 15% 便可能形成 DNAPL Pool，DNAPL Pool 在堆積過程，除垂直方向之堆積外，亦會因水平方向的壓力梯度增加而沿著較低滲透層頂部作橫向移動，DNAPL 之密度愈小，黏滯度愈高，或 DNAPL 與水之界面張力愈大，將導致較大的橫向移動。利用二維砂箱觀察細砂層上的 TCE 池，其長度與厚度之比例超過 100 ，亦即含氯有機溶劑之 DNAPL 池較傾向形成薄薄一層（有時可能僅幾公分），造成污染源區之界定不易。（董，2010）

DNAPL殘留相與DNAPL Pool均屬於地下水之「持久性」污染源，均會持續地溶解於地下水造成含水層污染，此外，一般地層夾層或互層與周遭地質材料之滲透性（水力傳導係數K值）差距2個數量級以上，則該夾層或互層可視為低滲透

性層或地下水停滯區，而低滲透性地層土壤顆粒之表面積可能會比高滲透層高出幾個數量級，一般正常情況下含水層中污染團會先在高K區中傳輸，但隨著接觸時間延長，高K區的溶質會經由互層間之濃度梯度而擴散（Forward Diffusion）進入低K區；當經過一段時間後（如幾年或10多年），高K區之污染團已離開或因整治清除，低K區的溶質又會因濃度梯度逆向而將溶質回擴（Back Diffusion）至高K區（再次遭受污染），而成為另一持久性污染源。

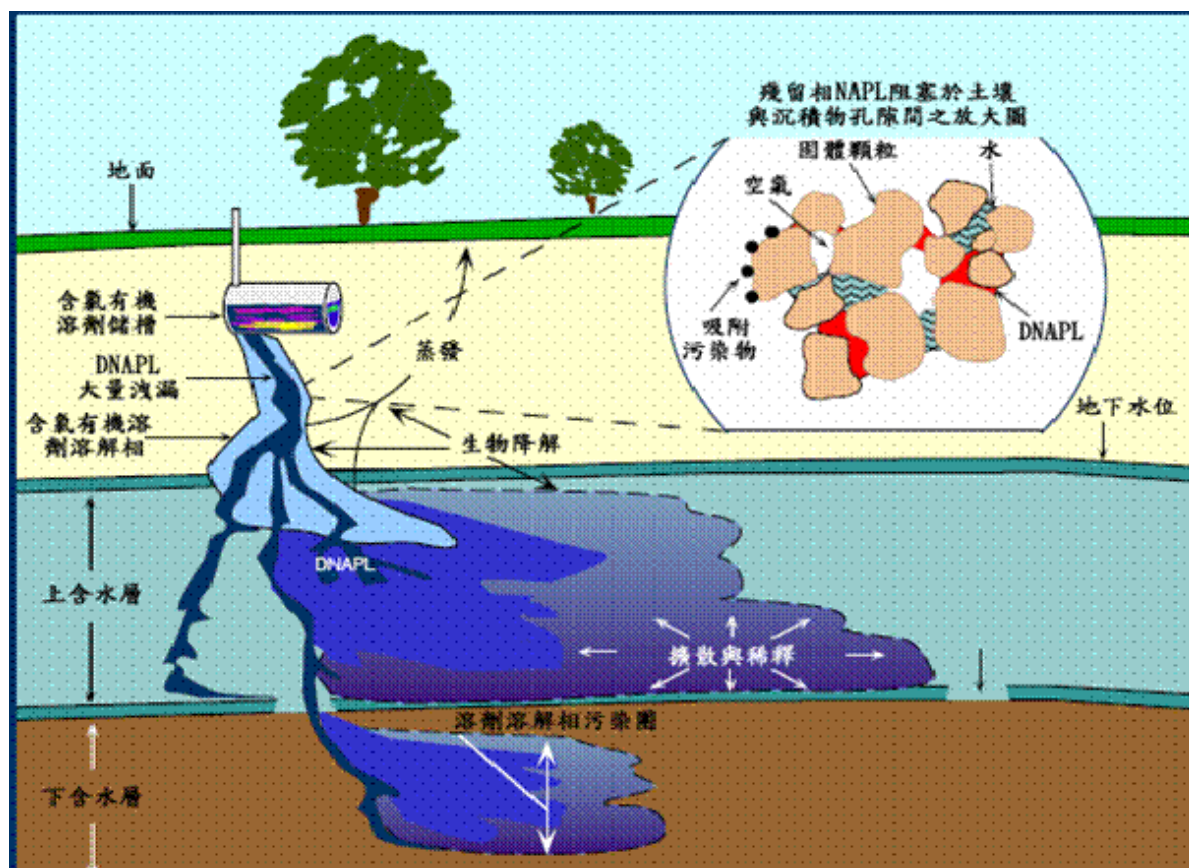


圖 5.1-2 DNAPL 於地下環境移動路徑示意圖

三、砷之地下環境污染特性

本計畫關切污染物為地下水中重金屬砷，砷是一種廣泛存在地殼中的自然元素，原子量為 74.9，密度 5.727 g/cm^3 ，化學性質介於金屬與非金屬之間，廣泛應用於合成農藥、除草劑及殺蟲劑等。在環境水域中砷可分成有機砷及無機砷，有四種較為穩定的氧化型態（+5、+3、0、-3），多以 As(III)及 As(V)型態存在，其氧化型態主要與水中氧化還原電位及 pH 值有關。在氧化環境中，以砷酸鹽（ H_2AsO_4^- 及 HAsO_4^{2-} 、As(V)）為主，在還原環境則以亞砷酸鹽（ H_3AsO_3 及 H_2AsO_3^- 、As(III)）為主。在氧化環境下 pH 值低時優勢物種為 H_2AsO_4^- ，在高 pH 值下則為

HAsO_4^{2-} ，在還原環境下 pH 值低時主要為 H_3AsO_3 ，在高 pH 值時以 H_2AsO_3^- 為主，砷物種與水質關係圖如圖 5.1-3。

而砷是一種毒性物質，長期飲用含砷量高的地下水，可能使罹患皮膚癌、肝癌、膀胱癌和肺癌的風險增加，美國衛生及社會福利部（Department of Health and Human Services, DHHS）和美國環境保護署（U.S. EPA）已證實無機砷是已知的人類致癌物，國際癌症研究組織（IARC, International Agency for Research on Cancer）已將之列為第一級致癌物之一。曾於臺灣西南部流行之烏腳病即為長期攝入高濃度砷之地下水所造成，我國已設限飲用水中含砷的最高限值為 0.01 mg/L。

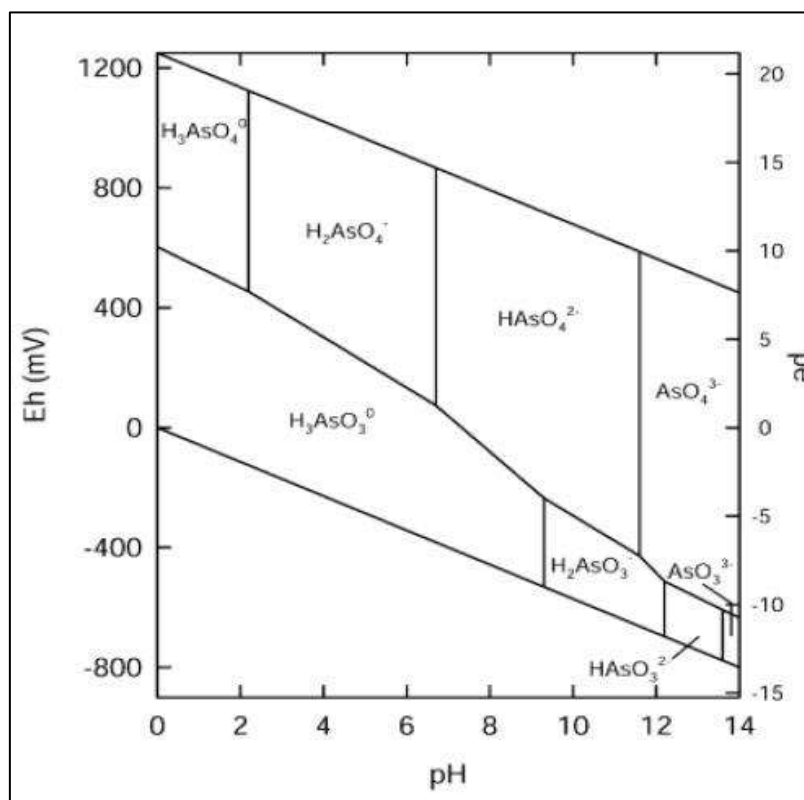


圖 5.1-3 不同 Eh 及 pH 值時水中砷物種（25°C、1atm）
（Smedley and Kinniburgh, 2002）

5.2 污染範圍及污染程度

本場址整治計畫於 102 年 4 月 1 日核定，預定於 112 年 3 月 31 日完成改善計畫。因本場址污染源區特化廠及造粒廠旁道路土壤污染程度較高，為提高污染源區污染移除效率，於 106 年下旬及 108 年下旬進行該區域增加抽除井密度，抽除井分別開篩於地表下 2~8 公尺、9 ~12 公尺加強分層處理，並於 107 年初及 109 年初開始全面進行抽除作業。而由定期監測觀察到於加密井設置期間或開始加密抽除後土壤濃度有明顯上升現象，推測為抽取過程將周邊污染物往整治井集中，導致累積於建物、槽體、管線下方之污染團被帶出，造成濃度升高之現象。因此為確認建物、槽體等下方土壤是否有污染物殘留，並掌握全場污染程度及污染範圍現況，以利後續工法轉換及調整操作參數，111 年分別針對特化廠建物下方進行 MIP 探測、土壤及地下水補充調查，以及全場地下水補充調查，補充調查結果分別說明如后。

5.2.1 薄膜介面(MIP)調查結果

惠光公司為能加速整治成效，於 109 年起拆除污染源區特化廠洗滌塔區域之部分設備，本場址因此於設備拆除後為深入了解此區域之土壤污染狀況，規劃辦理 MIP 補充調查，希冀能找出污染濃度高點及其分布之深度。

MIP 補充調查係針對特化廠與造粒廠土壤污染及地下水高污染區佈點，並藉由調查結果規劃後續改善井之設置地點。MIP 調查於 111 年 7 月 4 日~12 日執行，共施作 17 點，施做點位如圖 5.2-1；探測結果如圖 5.2-2；污染範圍推估圖及剖面圖如圖 5.2-3~圖 5.2-4。

調查結果顯示，特化廠區域以 M02、M03、M04 及 M05 之測值較高，主要位於污染洩漏區廠房下及其周邊，深度於污染洩漏區(M04、M05)為地表下 1 至 12 公尺，污染洩漏區周邊(M02、M03)之主要深度則為地表下 7 至 12 公尺。造粒廠區域以 M12、M16 及 M17 之測值較高，主要位於集水坑周邊，主要污染深度為地表下 7 至 12 公尺。

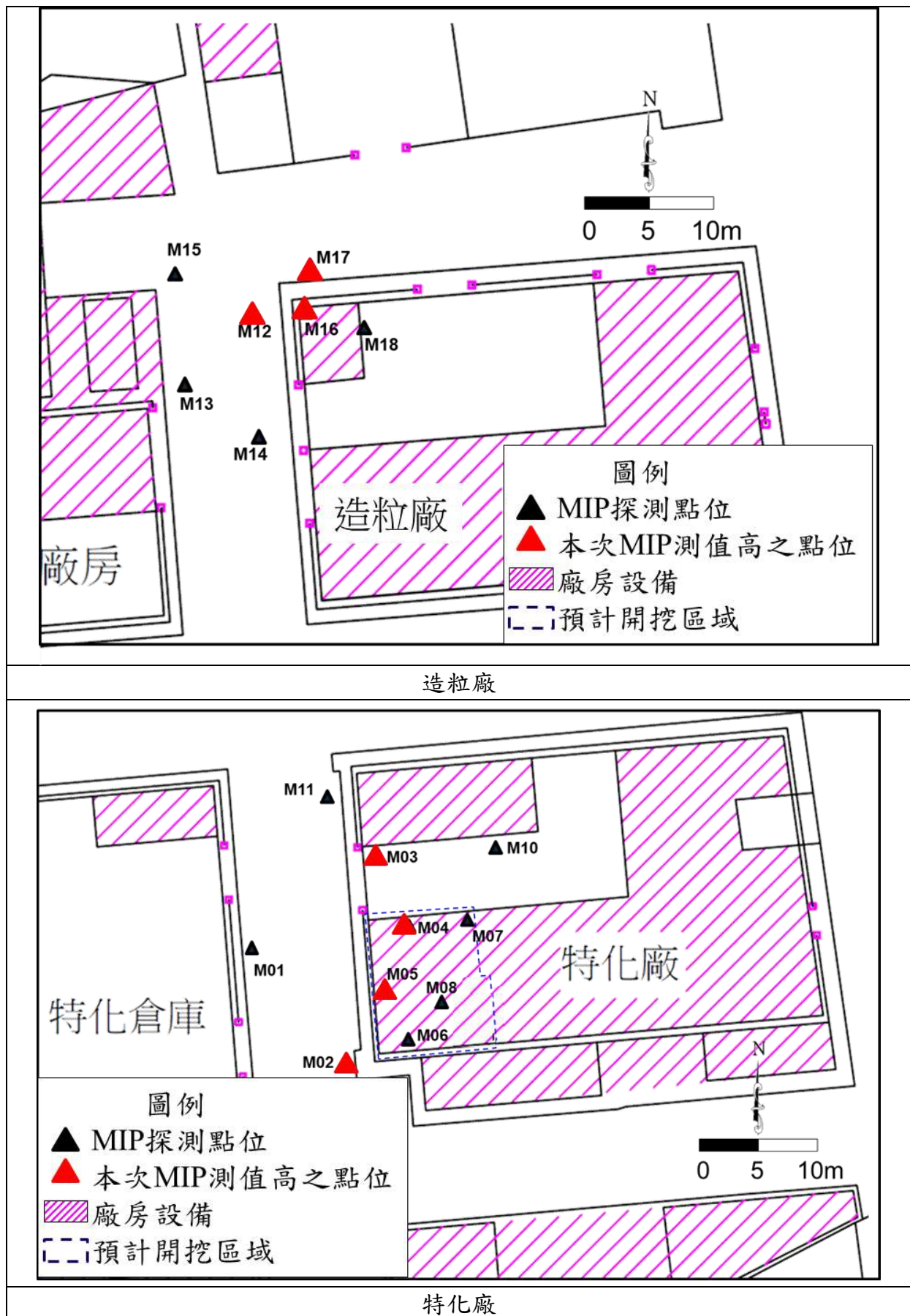


圖 5.2-1 111 年 MIP 調查點位

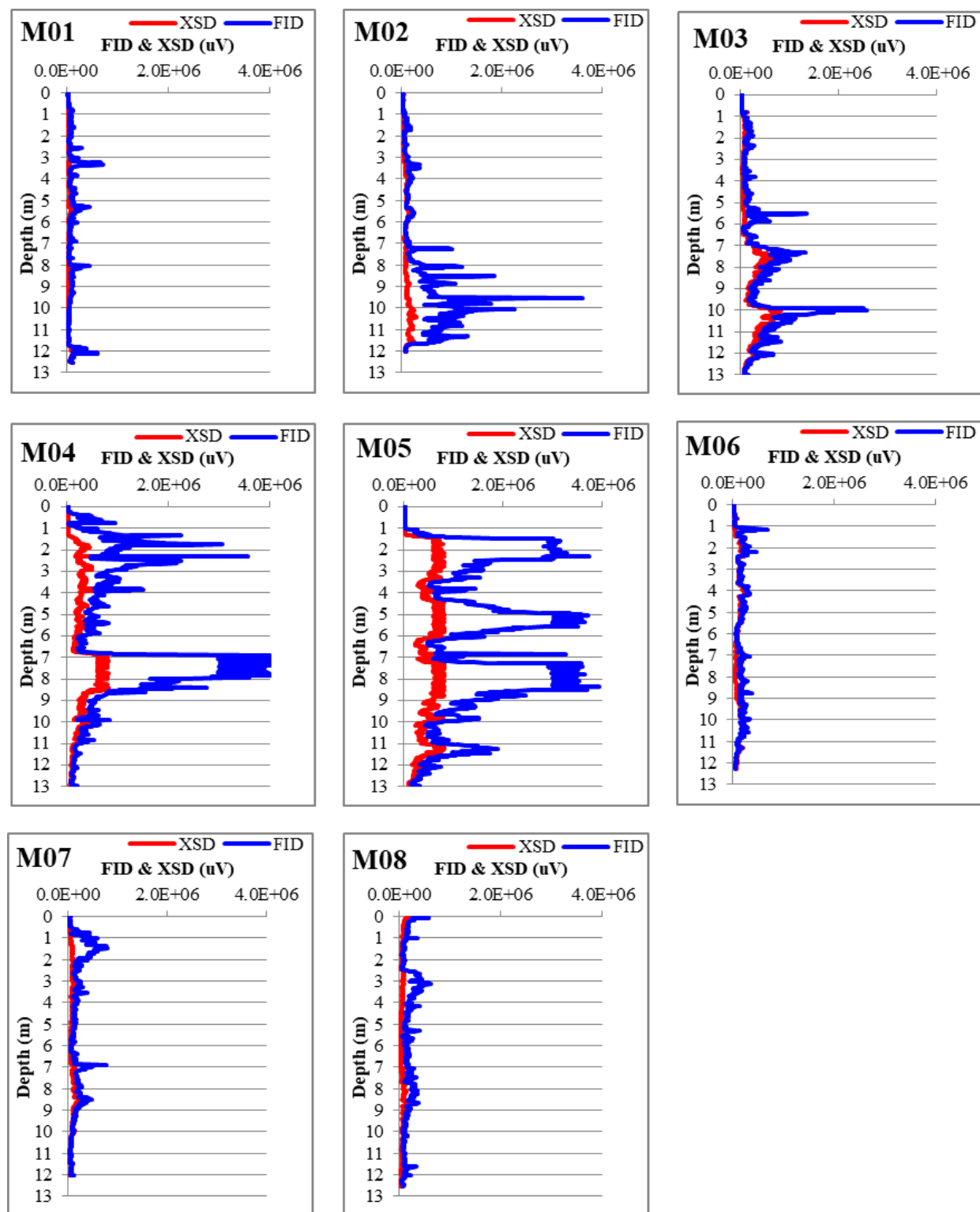


圖 5.2-2 111 年 MIP 探測點 FID/XSD 訊號(1/2)

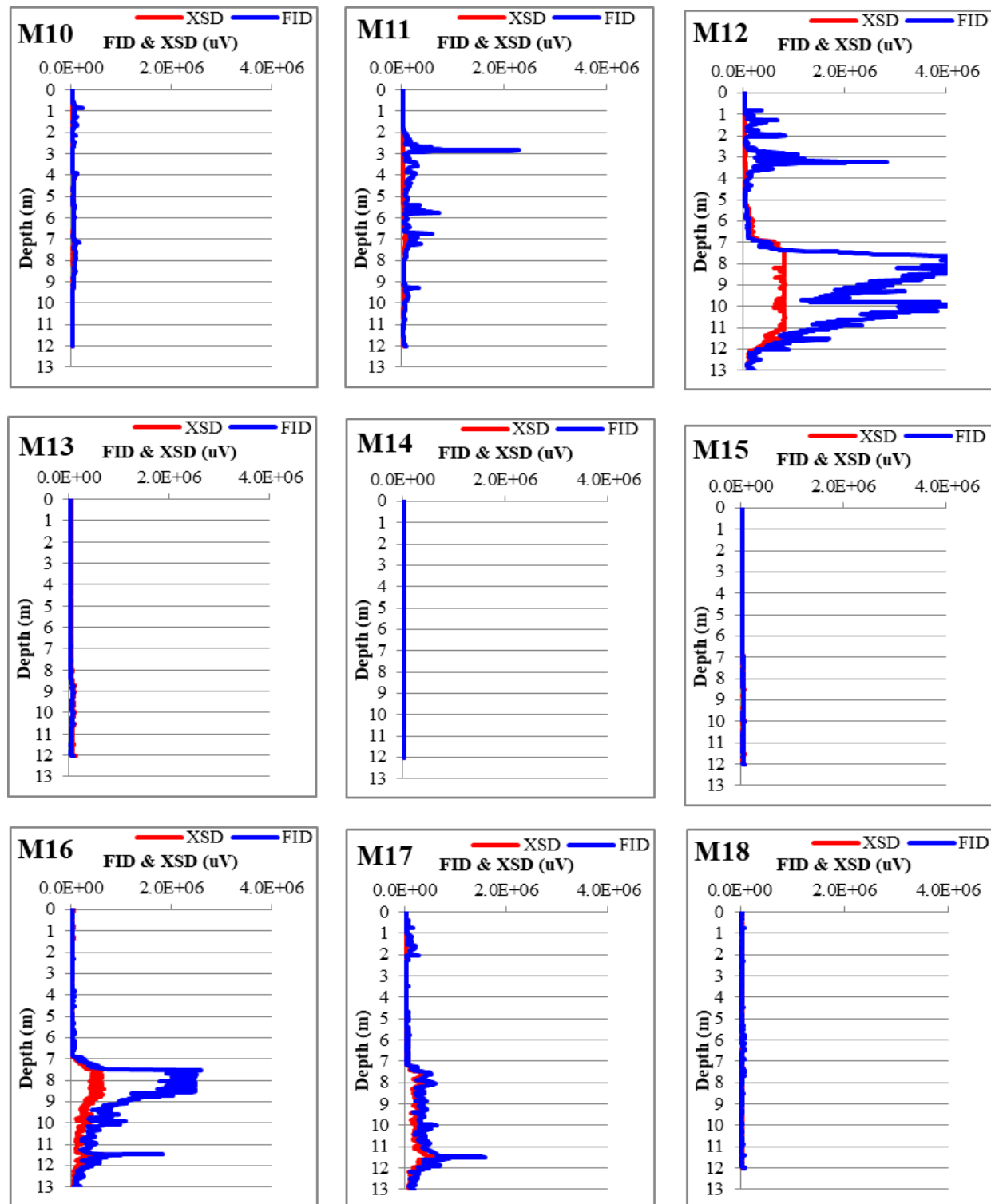


圖 5.2-2 111 年 MIP 探測點 FID/XSD 訊號(2/2)

5 - 10

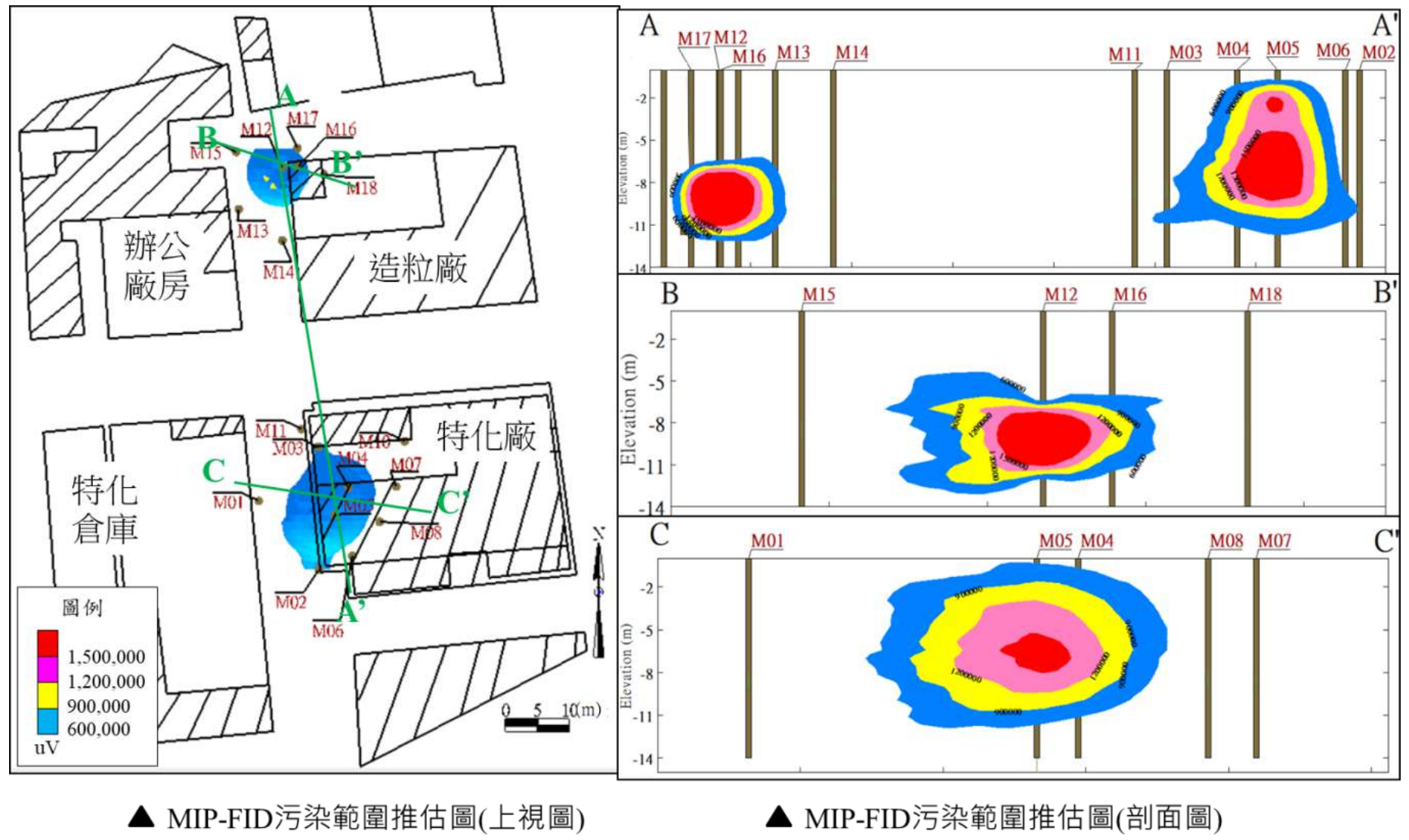
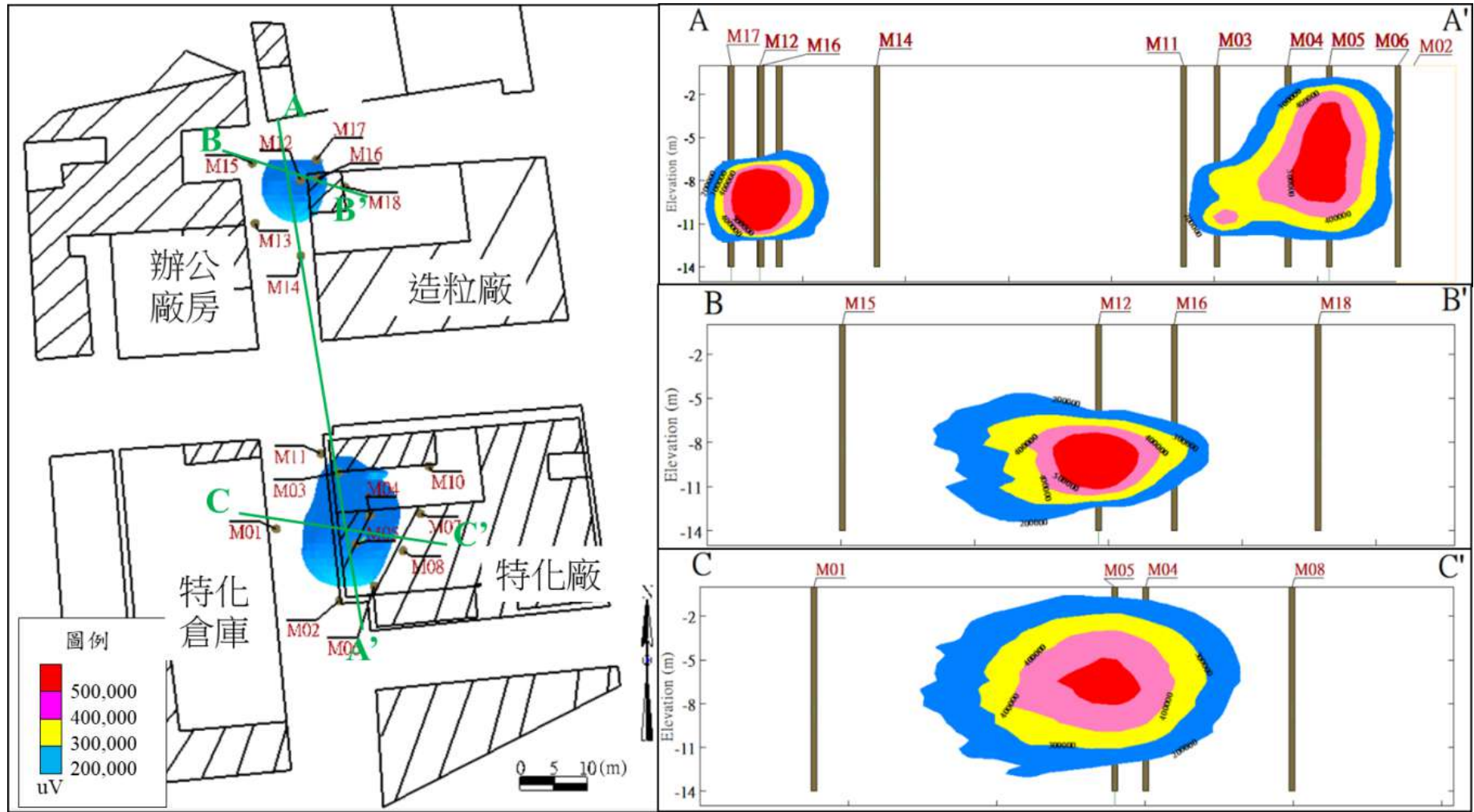


圖 5.2-3 111 年 MIP-FID 污染範圍推估圖



▲ MIP-XSD污染範圍推估圖(上視圖)

▲ MIP-XSD污染範圍推估圖(剖面圖)

圖 5.2-4 111 年 MIP-XSD 污染範圍推估圖

5.2.2 土壤污染調查評估與污染現況

本場址依據 5.2.1 節之 MIP 探測結果，挑選污染濃度較高位置確認污染程度與濃度較低位置確認污染邊界，於 111 年 8 月 31 日至 9 月 1 日辦理 9 點次之土壤補充調查，採樣點位如圖 5.2-5，本次採樣單位為捷博科技股份有限公司（環署環檢字第 170 號），檢測單位為泓景環保科技股份有限公司（環署環檢字第 190 號），篩測結果彙整於表 5.2-1，檢測結果彙整如表 5.2-2（詳附件十）。調查結果顯示，所有點位之 VOCs 濃度皆符合土壤污染管制標準，然 S03 之 1,2-二氯乙烷濃度 5.94 mg/kg 及 S06、S09、S11 之苯濃度分別為 3.32 mg/kg、2.61 mg/kg、2.79 mg/kg 接近土壤污染管制標準，後續將持續關注土壤及地下水中的濃度變化。而氯苯雖未被列為土壤管制污染物，然特化廠建物下方之土壤（S06）於地表下約 9.5 公尺處之氯苯濃度最高為 627 mg/kg，顯示此區域土壤孔隙仍有高濃度氯苯殘留，造成地下水持續污染。

將本次調查土壤污染邊界與第 5.2.1 節調查所得之 MIP-XSD 測得各分層最高訊號值，繪製出本場址目前土壤於地表下 1~4 公尺、4~8 公尺及 9~12 公尺污染分布圖，如圖 5.2-6~圖 5.2-8 所示，污染邊界 MIP-XSD 訊號值均低於 200000uV 以下，污染邊界檢測氯苯濃度均小於 60mg/kg(計畫管控目標為 150mg/kg)，因此推估 MIP-XSD 訊號值大於 200000uV 為土壤污染範圍。

造粒廠土壤污染主要位於暫存槽與廠房設備（M12、M16 與 M17）之間，其中 M12 於地表下 8~11 公尺處污染程度最高；特化廠土壤污染主要位於廠房邊界與廠房設備（M03、M04 與 M05）之間，其中 M04 於地表下 7~8 公尺處污染程度最高。

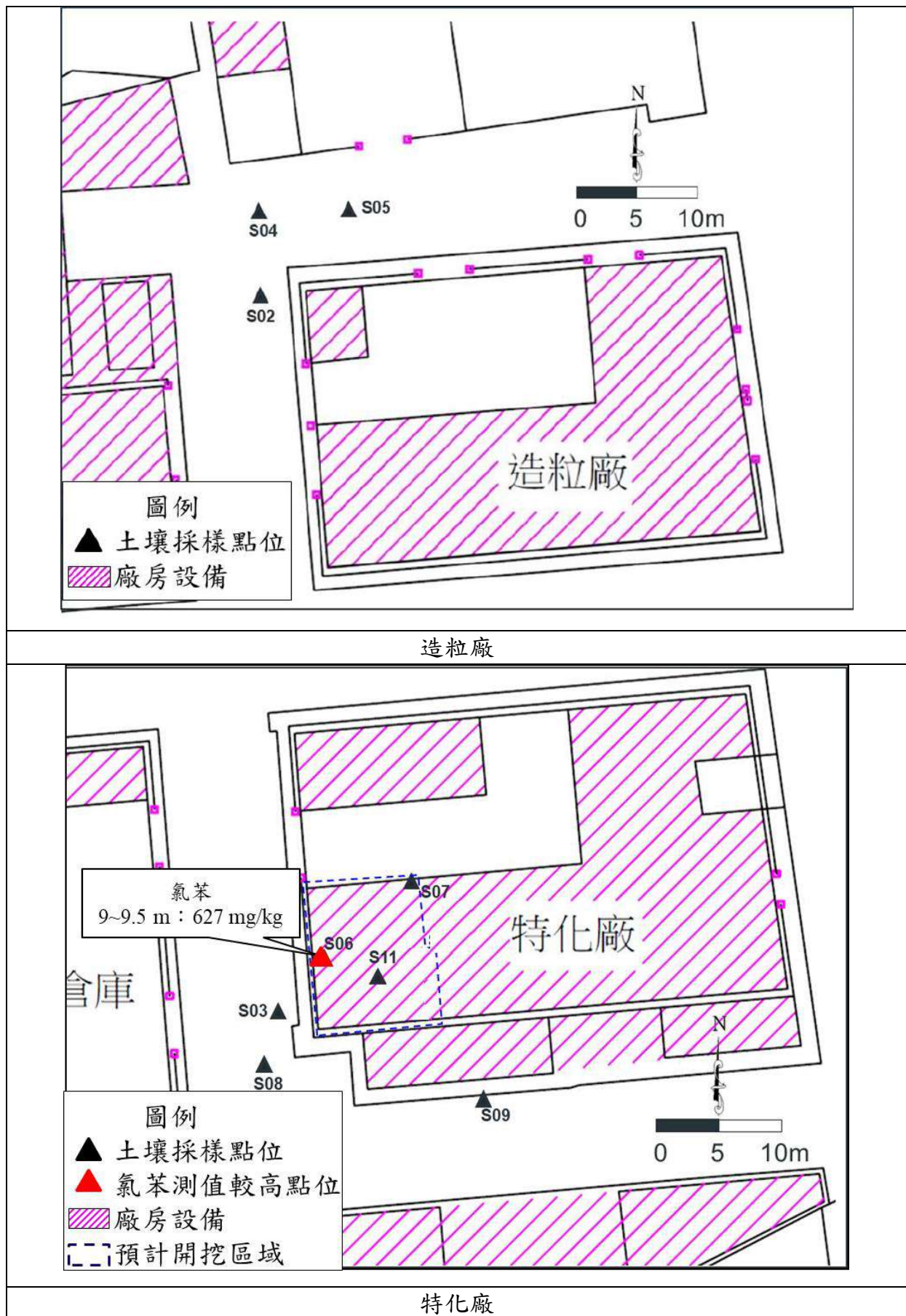


圖 5.2-5 土壤補充調查點位(111 年 9 月)

表 5.2-1 土壤補充調查篩測數據彙整（111 年 9 月）(1/3)

深度(m)	S02		S03		S04	
	PID	FID	PID	FID	PID	FID
0.5	—	—	4.9	24.2	2	78.2
1	60.3	4.2	5.3	59.2	2.2	76.5
1.5	205	45.9	0.8	32.1	2.3	30.5
2	220	55.3	0.9	9.7	1.8	10.1
2.5	—	—	2	10.7	1.6	0.9
3	90.4	101	3	11.6	1.7	0.8
3.5	39.2	27.8	5.3	15.2	3.8	10.6
4	32.5	31.4	3.7	2.8	5.2	5.1
4.5	13.2	39.2	3.4	4.2	7.2	8.1
5	20.2	58.3	10.3	19.2	13.3	20.4
5.5	13.8	52.4	10.2	27.4	11.6	17.5
6	9.2	19.2	1.1	6.5	2.3	0.8
6.5	162	325	0.7	6.8	3.9	5.7
7	60.5	111	3	8.4	10.7	14.2
7.5	290	550	13.5	60.7	46.1	92.5
8	60.5	121	12.1	140	84.5	236
8.5	173	421	37.9	232	140	251
9	109	200	67.2	320	340	1,229
9.5	130	315	98.3	780	203	534
10	37.4	92.1	142	581	19.4	58.3
10.5	107	248	327	1,002	62.5	125
11	13.9	41.2	20.8	401	39.5	62.3
11.5	15.2	61.3	6.9	50.8	70.4	156
12	27.3	31.7	2	16.1	32.8	35.4

註：灰底表送樣深度；單位 ppmV

表 5.2-1 土壤補充調查篩測數據彙整（111 年 9 月）(2/3)

深度(m)	S05		S06		S07	
	PID	FID	PID	FID	PID	FID
0.5	—	—	1.8	130	15.2	40.3
1	1.2	0.9	4.3	173	22.5	219
1.5	2	0.8	1.4	75.2	2.5	35.1
2	2.1	0.7	1.3	43.7	2.2	3.4
2.5	1.6	0.6	2.2	102	7.6	27.3
3	2.2	0.7	3.2	152	3.8	35.2
3.5	1.7	0.8	2.1	48.7	3.9	24.5
4	2	0.8	92.5	137	13.2	48.5
4.5	2.2	0.7	329	421	8.5	39.7
5	2.2	0.6	361	609	6.2	32.8
5.5	2	0.5	280	430	4.5	26.3
6	1.6	0.3	19.7	142	14.3	60.5
6.5	2.3	0.7	63.7	102	2.2	12.8
7	2	0.7	520	831	12.6	125
7.5	2.1	0.8	1,032	1,521	77.3	243
8	1.3	0.2	111	206	202	417
8.5	1.3	0.9	149	404	67.8	242
9	2.2	0.9	82.7	178	62.5	213
9.5	2.2	0.8	7,253	10,900	24.7	56.2
10	2.3	0.9	109	203	15.4	31.7
10.5	2.3	0.6	54.6	138	3.1	4.5
11	3.7	1.6	132	409	2	0.3
11.5	2.3	0.5	—	—	1.3	0.7
12	2.3	1.5	—	—	2.2	1.2

註：灰底表送樣深度；單位 ppmV

表 5.2-1 土壤補充調查篩測數據彙整（111 年 9 月）(3/3)

深度(m)	S08		S09		S11	
	PID	FID	PID	FID	PID	FID
0.5	13.7	24.6	4.9	1.8	—	—
1	10.1	27.3	18.4	4.5	72.4	178
1.5	11.2	31.2	22	4.3	3.2	89.7
2	6.3	9.7	20.3	5.8	1.2	221
2.5	2.5	3.7	6.7	4.1	2.4	90.3
3	2.7	1.2	12.5	3.2	2.4	138
3.5	1.5	1.3	12.2	2.5	2.7	92.4
4	2.1	0.9	6.7	1.2	0.9	14.9
4.5	2	6.9	3.2	2.4	1.7	60.5
5	1.2	2.8	1.2	1.1	1.9	13.5
5.5	1.1	7.3	1.2	0.9	4.3	315
6	10.9	26.1	3.6	1.2	3.2	192
6.5	9.2	16.8	1.5	1.1	26.5	133
7	1.1	6.9	7	28.5	102	367
7.5	1.8	102	16.5	54.2	78.2	237
8	1.9	104	23.7	86.5	23.7	81.2
8.5	6.9	320	2.5	8.1	69.2	301
9	5.7	85.1	0.9	8.1	15.9	109
9.5	1.2	20.7	0.2	0.3	2.9	22.7
10	0.8	21.6	0.4	0.2	2.1	6.8
10.5	0.5	14.1	0.2	0.4	0.9	4.2
11	0.7	5.8	0.4	0.3	12.7	60.5
11.5	1	2.2	0.2	0.4	23.5	140
12	1.4	0.8	1.2	4.7	34.8	270
12.5	-	-	-	-	14.6	90.2
13	-	-	-	-	42.5	235

註：灰底表送樣深度；單位 ppmV

表 5.2-2 土壤補充調查檢測結果（111 年 9 月）(1/2)

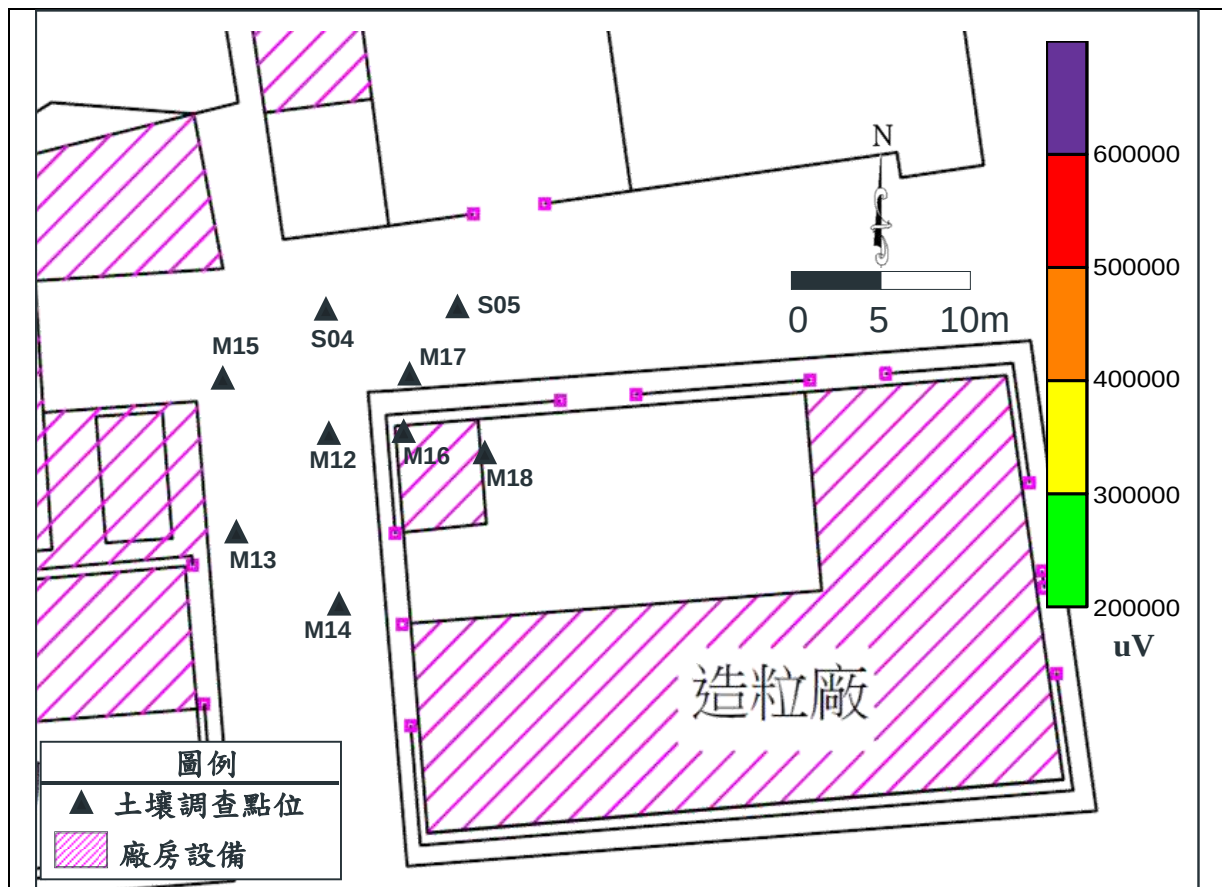
檢測項目 (mg/kg)	S02		S03	S04	S05	偵測 極限	管制 標準
	7~7.5 m	11.5~12 m	10~10.5 m	8.5~9 m	10.5~11 m		
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	10
反-1,2-二氯 乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	50
順-1,2-二氯 乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	5
苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	5
1,2-二氯乙 烷	ND	ND	4	ND	ND	0.005	8
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	60
1,2-二氯丙 烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	0.5
甲苯	ND	ND	<2.00 (0.53)	ND	ND	0.004	500
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	10
乙苯	<2.00 (1.18)	ND	ND	ND	ND	0.004	250
間、對-二甲 苯	<3.99 (3.30)	ND	ND	ND	ND	0.009	—
鄰-二甲苯	<1.99 (0.71)	ND	ND	ND	ND	0.005	—
二甲苯	<5.98	ND	ND	ND	ND	0.007	500
1,3-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
1,2-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
氯苯	137	21.2	22.40	18.6	19.2	0.004	—

註：單位為 mg/kg；粗體、灰底表超過土壤污染管制標準

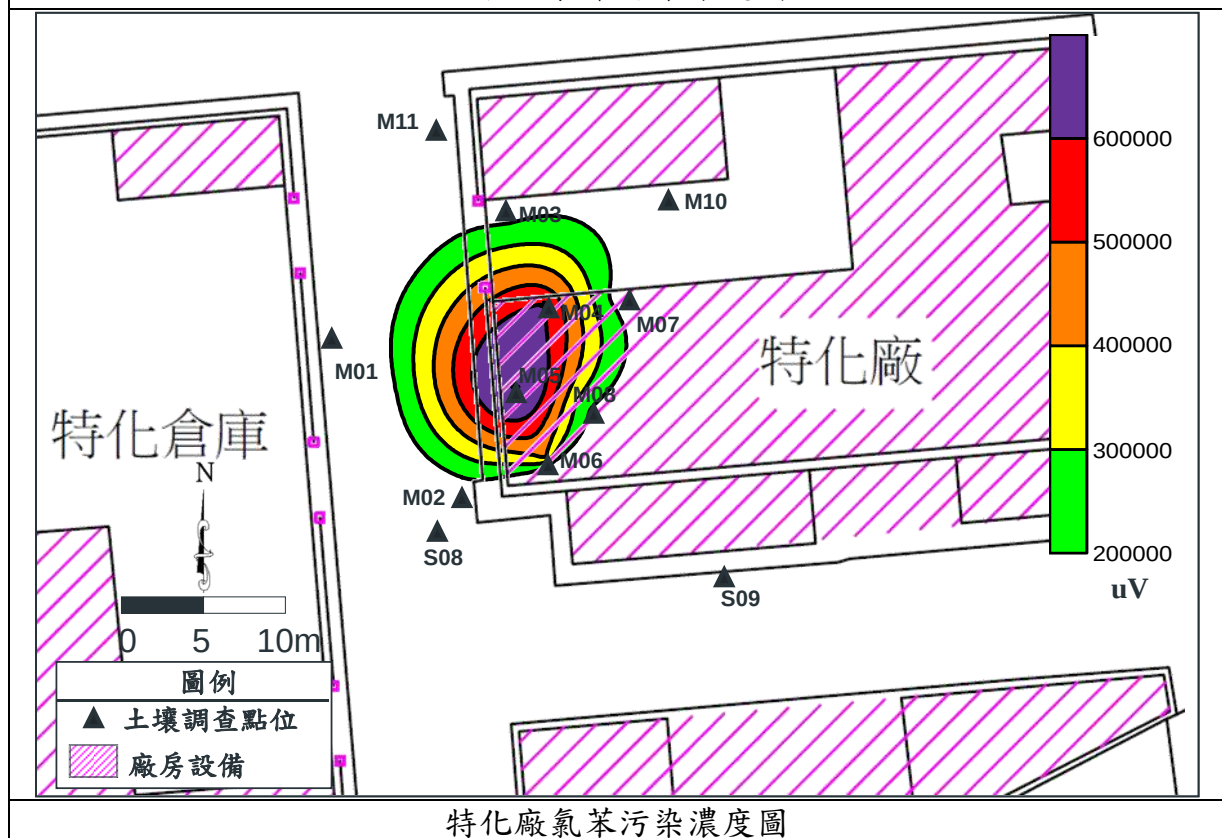
表 5.2-2 土壤補充調查檢測結果（111 年 9 月）(2/2)

檢測項目 (mg/kg)	S06	S07	S08	S09	S11	偵測 極限	管制 標準
	9~9.5 m	7.5~8 m	8~8.5 m	7.5~8 m	6.5~7 m		
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	10
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	50
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	7
氯仿	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
四氯化碳	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	5
苯	3.32	<2.00 (0.72)	<0.02 (0.01)	2.61	2.79	0.004	5
1,2-二氯乙烷	5.94	ND	ND	ND	ND	0.005	8
三氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	60
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	0.5
甲苯	<2.00 (1.90)	ND	ND	ND	<2.00 (0.70)	0.004	500
四氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	10
乙苯	3.09	ND	ND	ND	ND	0.004	250
間、對-二甲苯	8.79	ND	ND	ND	ND	0.009	—
鄰-二甲苯	2.37	ND	ND	ND	ND	0.005	—
二甲苯	11.2	ND	ND	ND	ND	0.007	500
1,3-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
1,2-二氯苯	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	100
氯苯	627	16.8	0.65	11.9	59.5	0.004	—

註：單位為 mg/kg；粗體、灰底表超過土壤污染管制標準



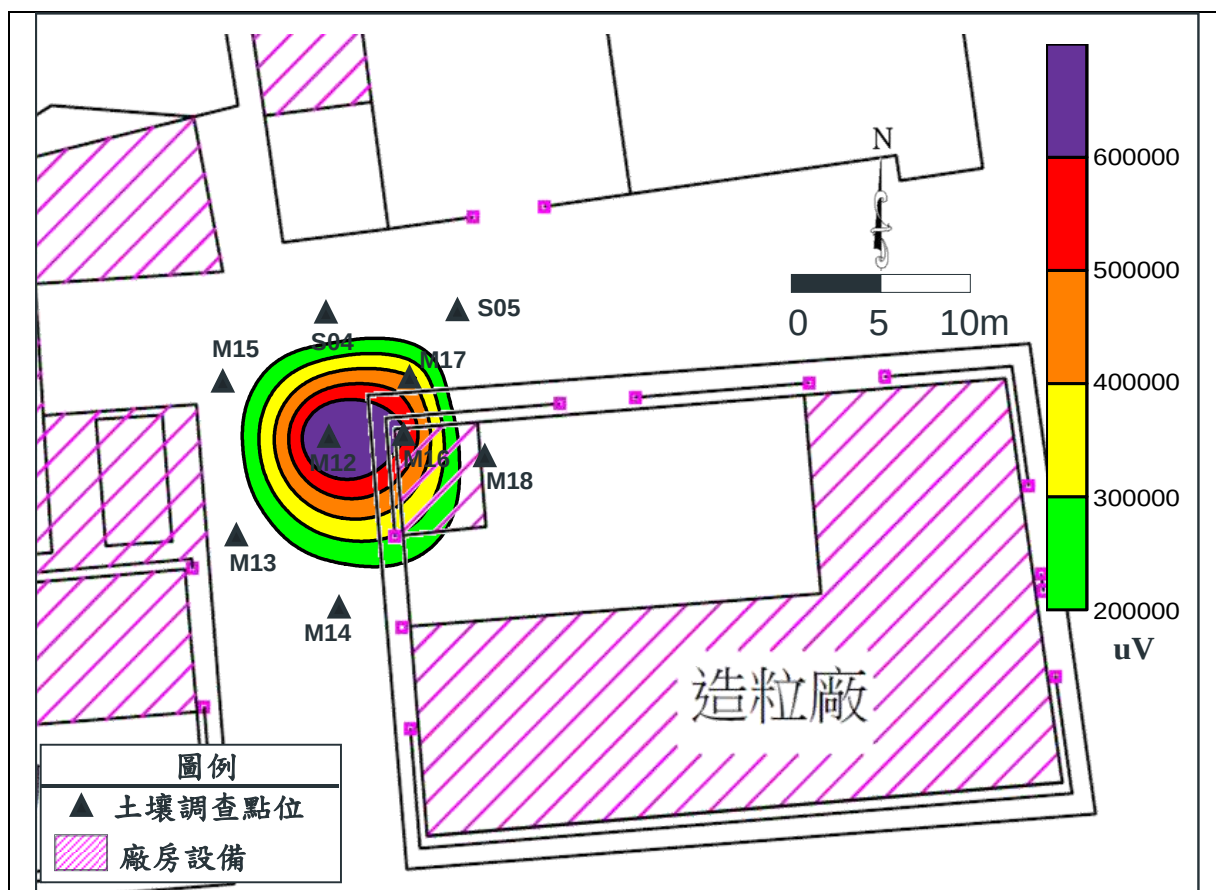
造粒廠氯苯污染濃度圖



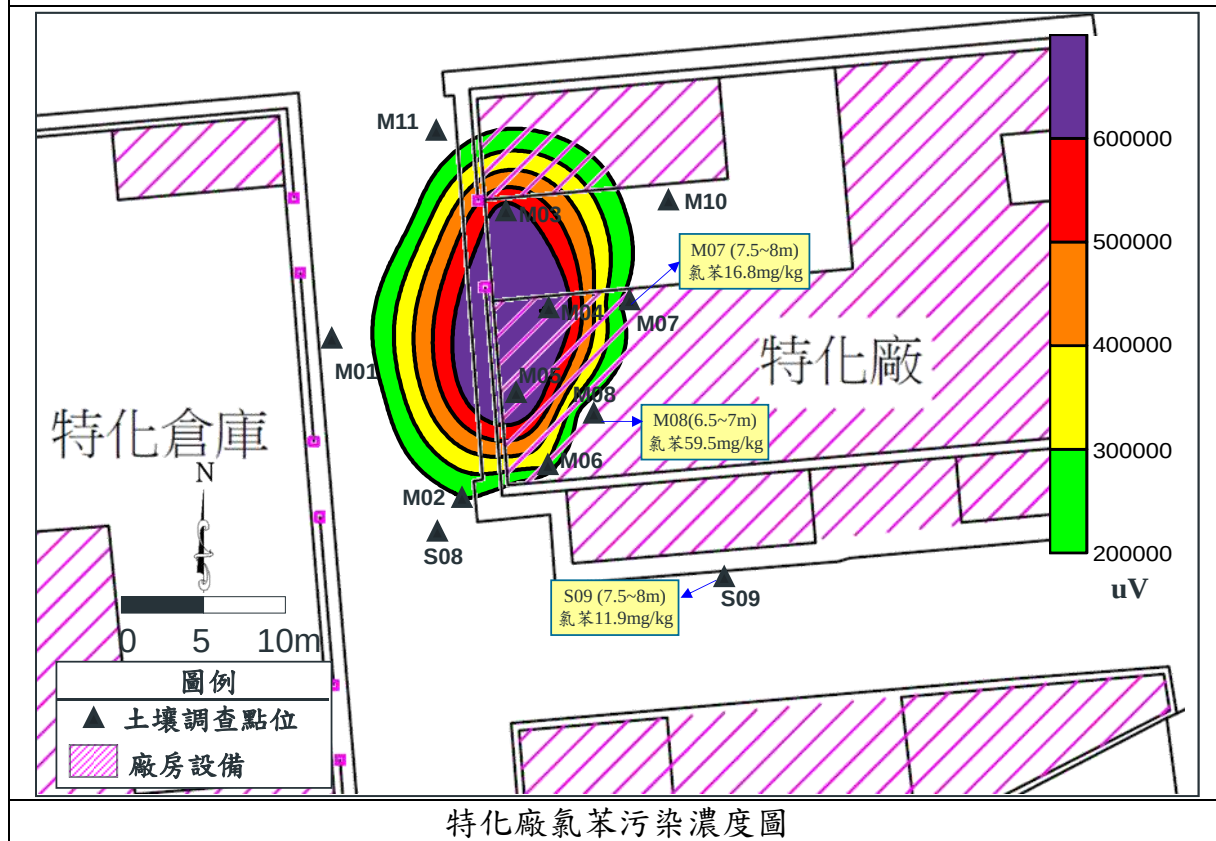
特化廠氯苯污染濃度圖

註：造粒廠地表下 1~4 公尺氯苯均低於 200000uV

圖 5.2-6 土壤(1~4 公尺)污染範圍(111 年 9 月)

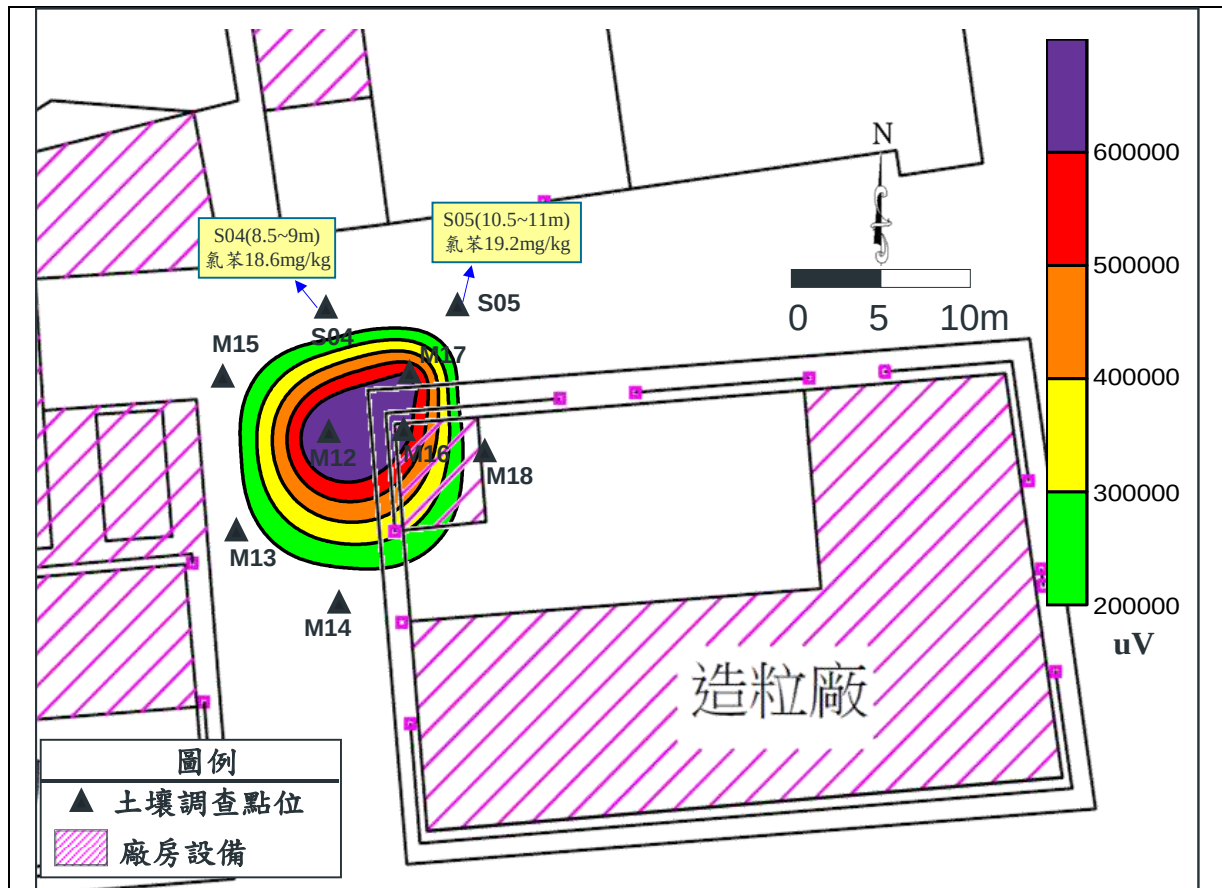


造粒廠氯苯污染濃度圖

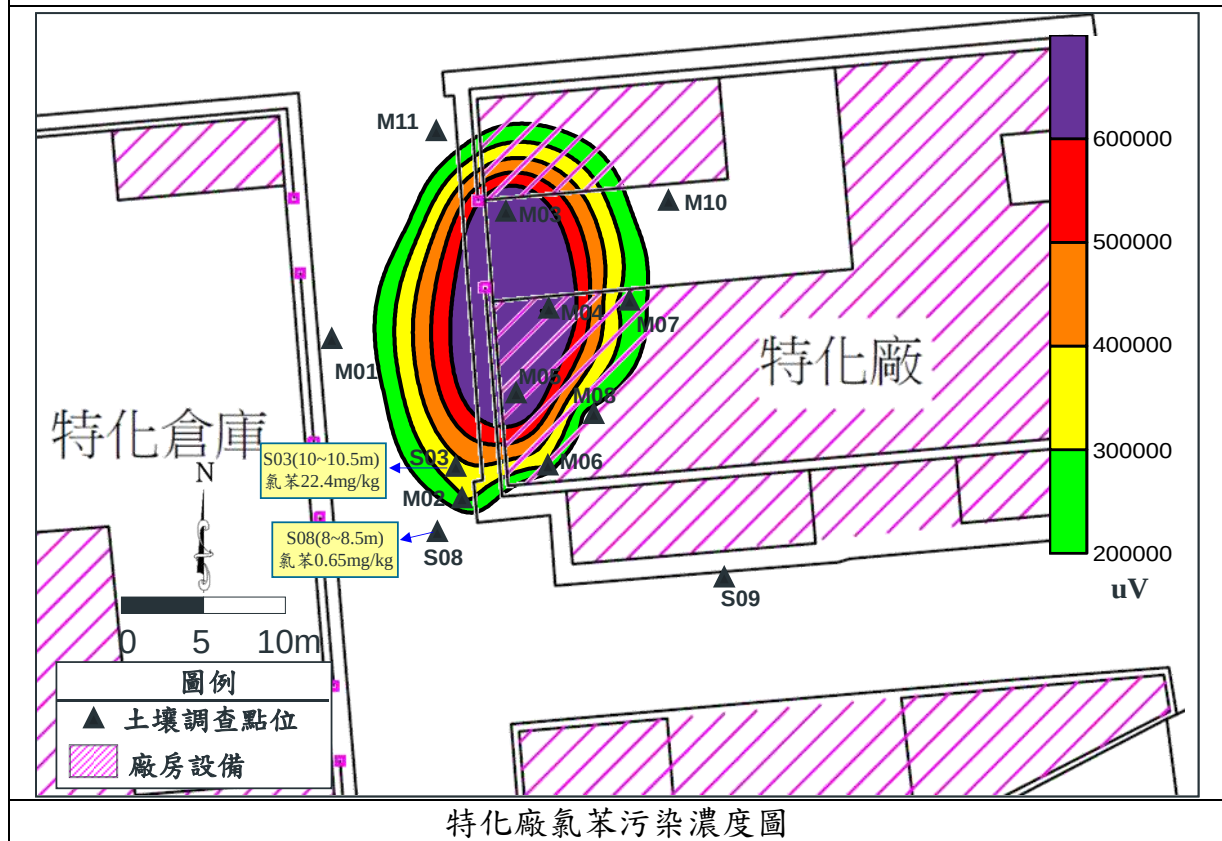


特化廠氯苯污染濃度圖

圖 5.2-7 土壤(4~8 公尺)污染範圍(111 年 9 月)



造粒廠氣苯污染濃度圖



特化廠氣苯污染濃度圖

圖 5.2-8 土壤(8~12 公尺)污染範圍(111 年 9 月)

5.2.3 地下水污染調查評估與污染現況

本場址污染深度至地表下 12 公尺，質地大致可分成三層，地表下 1~4 公尺主要為粉砂質土質黏土(滲透性差)；地表下 5~8 公尺主要為粉砂質土夾細砂(滲透性較好)；地表下 9~12 公尺主要為粉砂質土質黏土夾細砂(滲透性差)。而本場址為掌握全區地下水污染情形，及評估不同層污染狀況，於 111 年 4 月挑選 19 處廠內前期監測超過地下水管制標準監測井叢(井深分別為 4 公尺、8 公尺及 12 公尺之 1 吋簡易井)辦理地下水分層採樣檢測作業，以利後續工法轉換及調整操作參數(井叢井位如圖 5.2-9) (檢測報告書詳附件十一)。

本次採樣單位為富立業工程顧問股份有限公司，檢測單位為泓景環保科技股份有限公司(環署環檢字第 190 號)，各分層檢測結果彙整如表 5.2-4；污染濃度分布圖如圖 5.2-10 至圖 5.2-12)，分層調查相關結果彙整如表 5.2-3，地下水以特化廠建物下及西側道路污染程度最高，且以地表下 9~12 公尺污染程度最高；根據過往資料顯示，特化廠區域 AW2 氯苯濃度曾達 529 mg/L(管制標準 1 mg/L)，苯濃度 56.2 mg/L(管制標準 0.05 mg/L)，對照特化廠土壤補充調查結果推測該區域有純相污染物殘留之可能，目前 AW2 氯苯與苯濃度已降至 135 mg/L 與 12.6 mg/L，且以地表下 5~8 公尺污染程度最低但範圍最大，然該層地質多以粉土夾砂為主，污染物較易擴散但也較易抽除。目前除特化廠建物下及周邊與造粒廠建物下及周邊之外，其餘區域氯苯污染濃度均低於 20 mg/L。

表 5.2-3 分層地下水補充調查比較結果

污染深度	地表下 1~4 公尺	地表下 5~8 公尺	地表下 9~12 公尺
污染物	<u>氯苯</u> 、 <u>苯</u> 、 <u>甲苯</u> 、 <u>1,2-二氯乙烷</u>	<u>氯苯</u> 、 <u>苯</u> 、 <u>二氯甲烷</u> 、 <u>氯乙烯</u>	<u>氯苯</u> 、 <u>苯</u> 、 <u>1,2-二氯乙烷</u> 、 <u>氯乙烯</u> 、 <u>二氯甲烷</u>
氯苯污染最高濃度	97.9 mg/L	68.4mg/L	197 mg/L
污染面積	1,657 m ²	2,257 m ²	867 m ²
污染情形評估	高污染區集中於特化廠污染洩漏區	• 污染範圍最大 • 污染程度最低	• 污染範圍最小 • 污染程度最高

備註：粗體底線表本場址為主要污染物

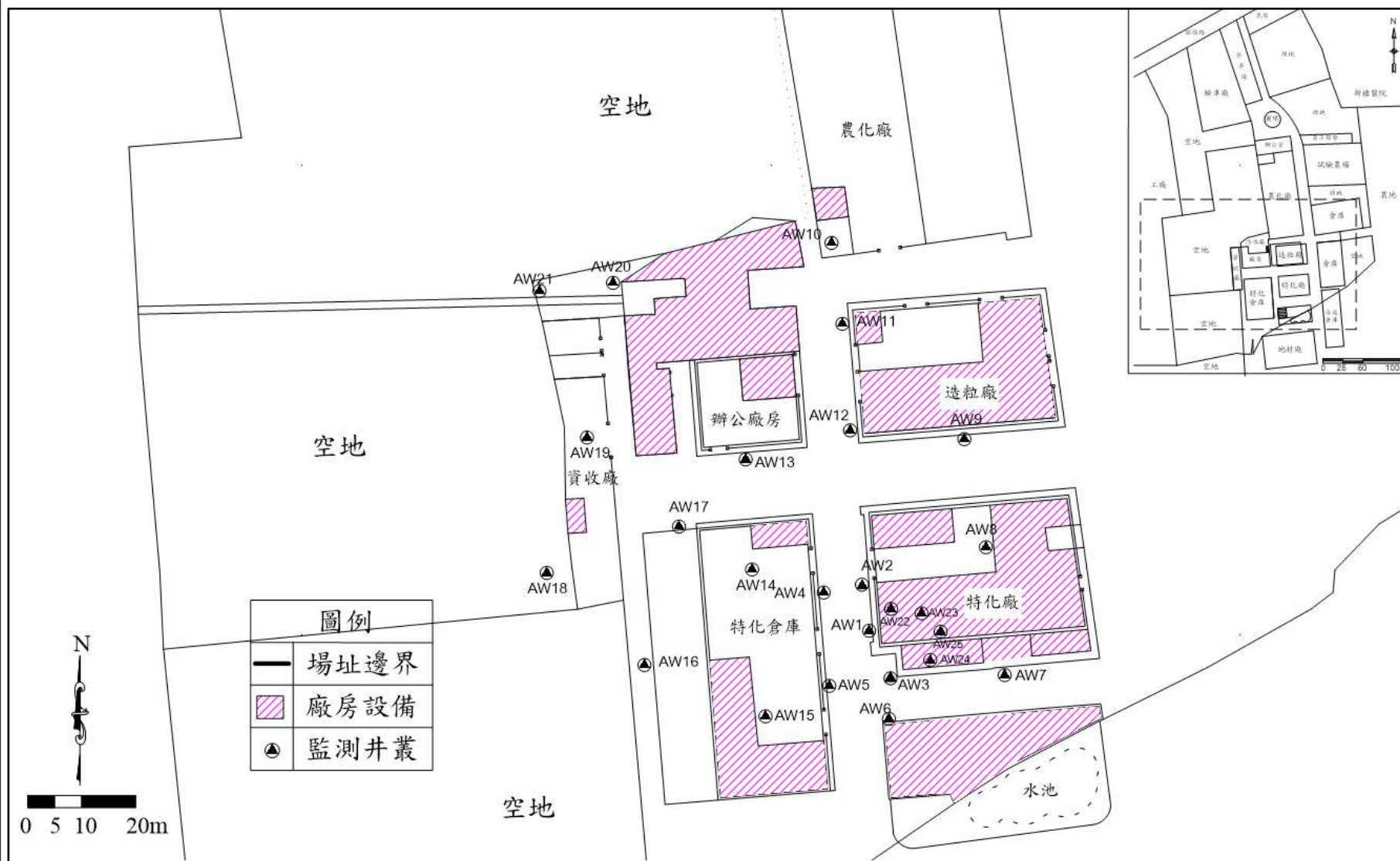


圖 5.2-9 地下水監測井叢位置圖

表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果(1/4)

井號	AW1			AW2			AW3			偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04			111.04			111.04				
採樣深度/井深(m)	3.50/4.14	7.00/7.62	11.0/11.7	3.00/3.90	7.00/7.90	11.0/11.9	3.00/3.87	7.00/7.61	11.0/11.5		
氯乙烯	ND	0.004	0.080	ND	0.025	0.200	0.0074	0.0037	0.0185	0.00037	0.02
二氯甲烷	0.216	0.058	ND	0.240	0.575	4.40	0.0102	0.0047	0.0245	0.00033	0.05
苯	0.144	0.260	11.6	0.150	15.9	12.6	0.0274	0.0029	0.0145	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	0.024	1.20	ND	ND	ND	0.0064	0.0032	0.0160	0.00032	0.05
甲苯	0.072	0.032	1.68	0.060	0.950	6.40	0.0076	0.0038	0.0190	0.00038	10
氯苯	3.22	1.64	45.6	7.91	13.6	135	0.221	0.0676	0.447	0.00035	1
井號	AW4			AW5			AW6		AW7	偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04			111.04			110.03		111.04		
採樣深度/井深(m)	3.50/3.92	6.50/7.10	11.0/11.7	4.00/4.14	6.50/7.09	11.5/11.9	3.40/4.0	7.50/8.0	3.50/4.06		
氯乙烯	ND	ND	ND	0.0037	0.0037	0.0037	ND	<0.00660	ND	0.00037	0.02
二氯甲烷	ND	0.112	0.300	0.005	0.006	0.005	ND	<0.00650	0.360	0.00033	0.05
苯	0.032	0.020	0.220	0.0029	0.0029	0.029	ND	<0.00620	0.080	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	0.0032	0.0032	0.032	ND	<0.00680	ND	0.00032	0.05
甲苯	0.036	0.040	0.070	0.0038	0.0048	0.038	ND	<0.00690	1.66	0.00038	10
氯苯	1.63	2.17	9.53	0.125	0.124	0.409	0.0106	0.0598	1.02	0.00035	1

註：僅列出超標污染物；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限；地下水 VOCs 檢測數據單位為 mg/L；井號 AW 為 1 吋簡易井。

表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果(2/4)

井號	AW7	AW8		AW9		AW10		AW11		偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04	111.04		110.03		111.04		111.04			
採樣深度/井深(m)	6.50/7.19	3.50/4.13	7.00/7.85	3.40/4.0	7.50/8.0	3.50/4.08	7.50/8.28	3.00/3.85	7.00/7.43		
氯乙烯	0.0002	ND	ND	ND	<0.0132	ND	ND	ND	ND	0.00037	0.02
二氯甲烷	0.0036	0.080	0.085	ND	<0.0130	0.100	ND	ND	ND	0.00033	0.05
苯	0.0004	0.010	0.005	ND	<0.0124	0.015	0.015	0.980	0.200	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	<0.0136	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.05
甲苯	0.0008	0.035	0.015	ND	<0.0138	0.015	0.020	0.100	0.150	0.00038	10
氯苯	0.155	3.41	3.21	0.0245	0.271	5.85	6.96	19.9	25.0	0.00035	1
井號	AW11	AW12		AW13		AW14			AW15	偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04	111.04		111.04		111.04			111.04		
採樣深度/井深(m)	11.0/11.9	4.00/4.11	7.50/8.12	3.50/4.08	7.50/7.93	3.50/4.10	7.50/8.21	11.5/12.1	3.50/4.08		
氯乙烯	ND	0.0037	ND	0.0037	0.0185	0.0002	ND	ND	ND	0.00037	0.02
二氯甲烷	6.80	0.0051	0.046	0.0042	0.0165	0.0035	0.360	0.0195	0.0039	0.00033	0.05
苯	1.60	0.0029	0.029	0.0029	0.0145	0.0008	0.020	0.0015	0.0003	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	0.0032	0.032	0.0032	0.016	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.05
甲苯	1.60	0.0038	0.038	0.0038	0.019	0.0016	0.070	0.0045	0.0022	0.00038	10
氯苯	211	0.125	0.90	0.534	0.319	0.0814	5.07	0.3555	0.0914	0.00035	1

註：僅列出超標污染物；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限；地下水 VOCs 檢測數據單位為 mg/L；井號 AW 為 1 吋簡易井。

表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果(3/4)

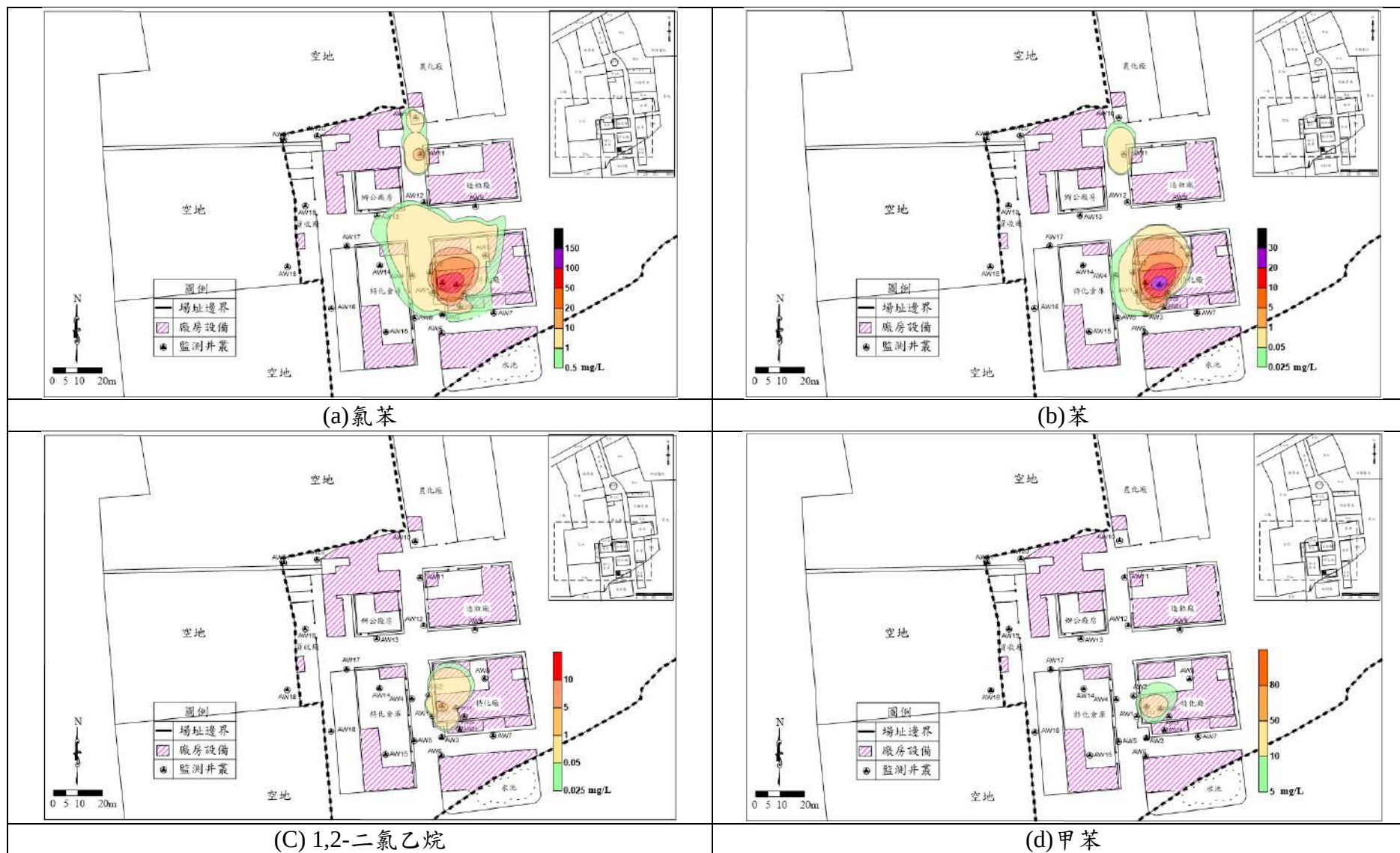
井號	AW15	AW16		AW17		AW18			AW19	偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04	111.04		110.03		110.03			110.03		
採樣深度/井深(m)	7.50/8.02	3.50/4.12	7.50/8.13	3.40/4.0	7.50/8.0	3.40/4.0	7.50/8.0	11.5/12.0	4m		
氯乙烯	ND	ND	ND	<0.0132	<0.0132	ND	ND	ND	ND	0.00037	0.02
二氯甲烷	ND	0.030	0.034	<0.0130	<0.0130	ND	ND	ND	ND	0.00033	0.05
苯	0.0015	0.002	0.002	<0.0124	<0.0124	ND	ND	ND	ND	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	<0.0136	<0.0136	ND	ND	ND	ND	0.00032	0.05
甲苯	0.0035	0.006	0.004	<0.0138	<0.0138	ND	ND	ND	ND	0.00038	10
氯苯	0.4255	0.548	0.686	0.308	5.04	0.00104	0.00142	0.00210	0.0375	0.00035	1
井號	AW19	AW20		AW21		AW22			AW23	偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	110.03	111.04		110.03		111.04			111.04		
採樣深度/井深(m)	8m	3.50/4.02	6.50/7.15	3.50/4.0	7.50/8.0	4.00/4.55	6.50/7.25	11.5/12.2	4.00/4.58		
氯乙烯	<0.00660	ND	ND	ND	ND	0.140	0.010	0.2	ND	0.00037	0.02
二氯甲烷	<0.00650	0.036	0.080	ND	ND	0.440	0.230	0.440	6.20	0.00033	0.05
苯	<0.00620	0.006	0.012	ND	ND	10.62	9.69	8.14	36.8	0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	<0.00680	ND	0.052	ND	ND	2.12	0.550	0.960	ND	0.00032	0.05
甲苯	<0.00690	0.007	0.016	ND	ND	26.82	5.49	4.18	17.4	0.00038	10
氯苯	0.704	0.479	1.67	0.00386	0.00671	97.9	68.40	197	91.0	0.00035	1

註：僅列出超標污染物；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限；地下水 VOCs 檢測數據單位為 mg/L；井號 AW 為 1 吋簡易井。

表 5.2-4 地下水井叢自行調查檢測結果(4/4)

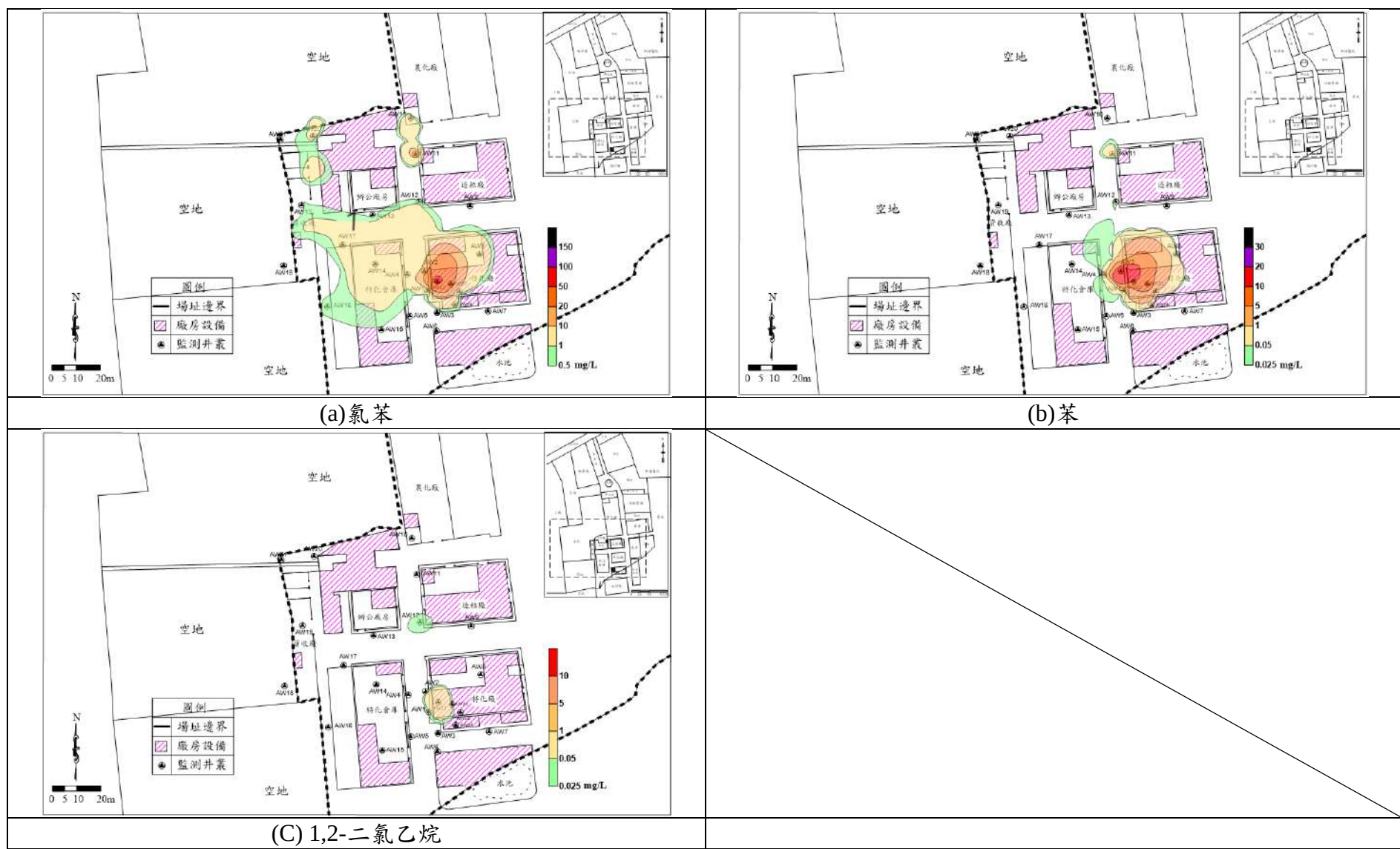
井號	AW23		AW24			AW25				偵測 極限	管制標準 (第二類)
採樣年月	111.04		111.04			111.04					
採樣深度/井深(m)	8.50/8.90	12.0/13.2	3.50/4.03	8.00/8.50	11.5/11.9	3.50/3.95	8.00/8.32	12.0/12.5			
氯乙烯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		0.00037	0.02
二氯甲烷	1.00	2.60	0.061	0.0265	0.0295	0.019	0.1075	0.100		0.00033	0.05
苯	9.80	13.9	0.007	0.0035	0.003	0.051	0.0125	0.01		0.00029	0.05
1,2-二氯乙烷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		0.00032	0.05
甲苯	4.10	4.20	0.013	0.008	0.007	0.015	0.020	0.018		0.00038	10
氯苯	25.2	34.5	0.701	0.423	0.624	1.60	1.57	1.74		0.00035	1

註：僅列出超標污染物；粗體、灰底表超過管制標準；ND 表低於偵測極限；地下水 VOCs 檢測數據單位為 mg/L；井號 AW 為 1 吋簡易井。



註：監測井開篩範圍 1~4 公尺

圖 5.2-10 地下水(1~4 公尺)污染濃度分布圖



註：1.監測井開篩範圍 5~8 公尺；2.甲苯均低於管制標準

圖 5.2-11 地下水(5~8 公尺)污染濃度分布圖



註：1.監測井開篩範圍 9~12 公尺；2.甲苯均低於管制標準

圖 5.2-12 地下水(9~12 公尺)污染濃度分布圖

5.2.4 污染場址概念模型

將 101 年本場址辦理之鑽探調查結果繪製成地質概念模型圖(如圖 5.2-13)顯示，本場址地表下 1 至 12 公尺處，除 4 至 6 公尺及 7 至 9 公尺分別有粉土夾細砂層及細砂質黏土層外，其餘皆為黏土層。而場址北側(造粒廠)相較於場址南側(特化廠)有較厚之細砂質黏土層。另將土壤污染團套繪地質概念模型圖(如圖 5.2-14)，可發現土壤污染團目前幾乎皆殘留於黏土層，污染團的範圍侷限於污染洩漏區，造粒廠暫存槽周邊及特化廠區域之污染團深度則分別位於 6 至 12 公尺處及 1 至 12 公尺處。

地下水污染團各層分布的俯視圖如圖 5.2-10 至圖 5.2-12，由於污染物係自地表洩漏往下流至地下水中，因此地下水高污染區與土壤污染團所在之處相符，皆位於造粒廠暫存槽周邊及特化廠建物下方之區域，爾後地下水污染團再隨著區域地下水流往下游移動及擴散。由地下水污染團四個方向之側視圖(圖 5.2-15)顯示出，氯苯濃度高於 1 mg/L 之污染團深度，無論是造粒廠暫存槽周邊或特化廠區域皆位於地表下 1 至 12 公尺處；氯苯濃度高於 20 mg/L 之主要污染團深度，造粒廠暫存槽周邊及特化廠區域分別位於之地表下 8 至 12 公尺處及 1 至 12 公尺處；氯苯濃度高於 50 mg/L 之主要污染團深度，造粒廠暫存槽周邊及特化廠區域則分別位於地表下 10 至 12 公尺處及 2 至 12 公尺處，而污染團的分布範圍則隨著氯苯濃度升高而縮小，且高濃度污染團的範圍侷限於污染洩漏區。

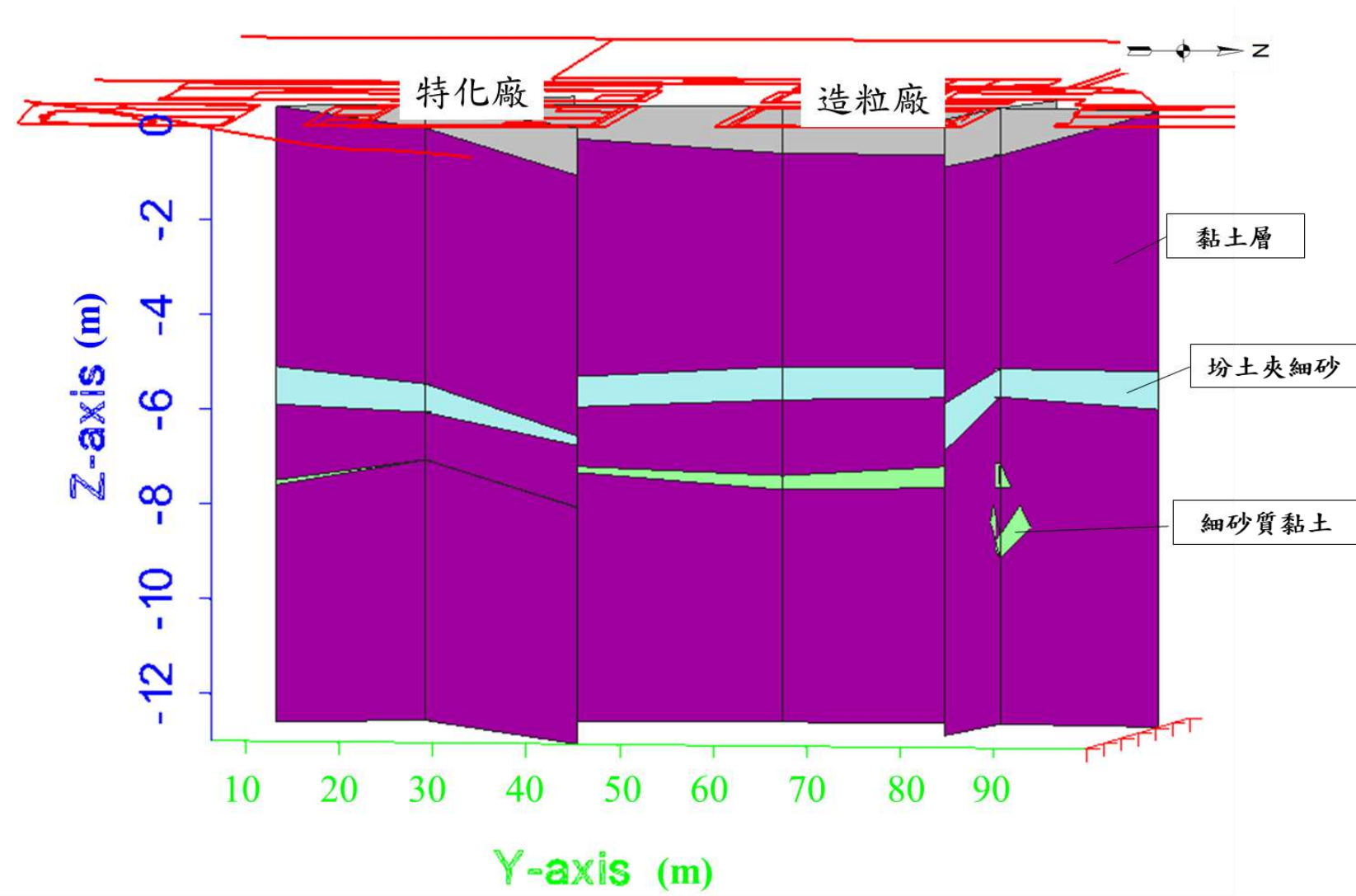
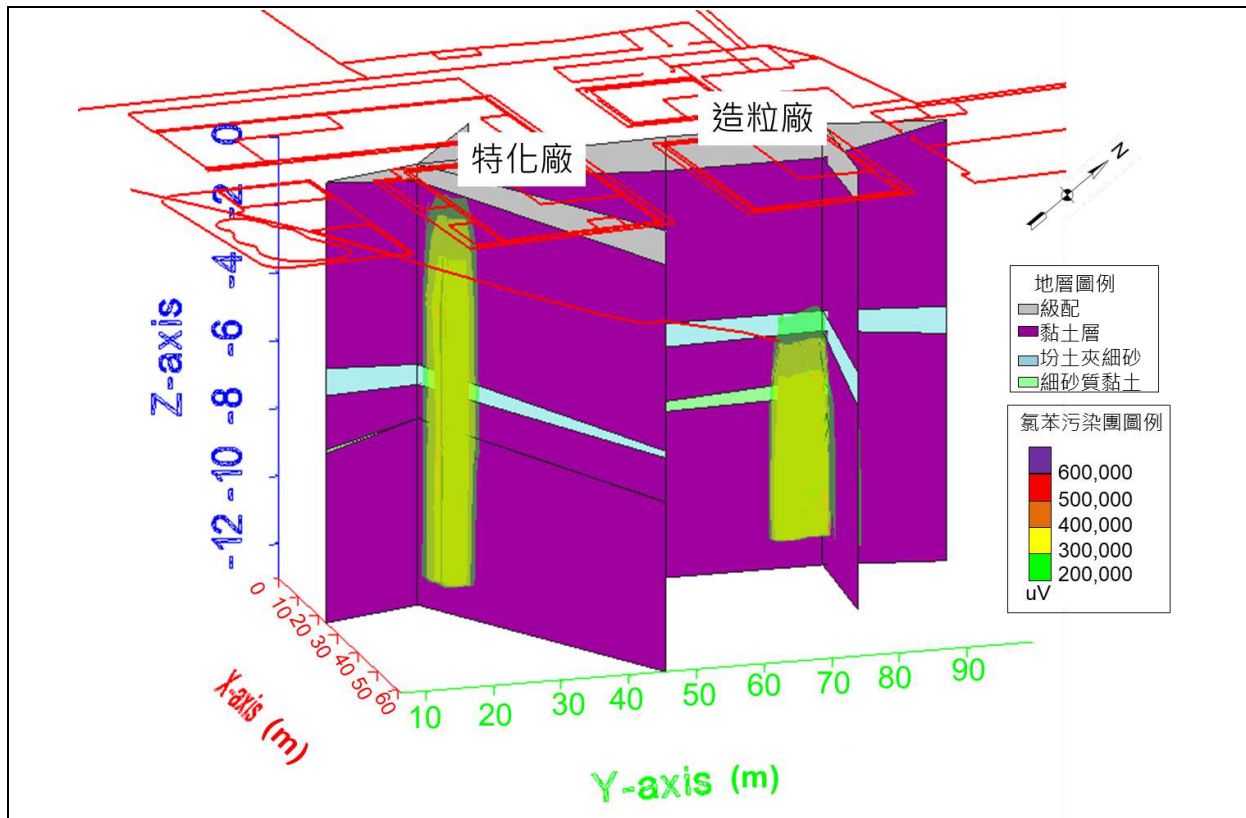
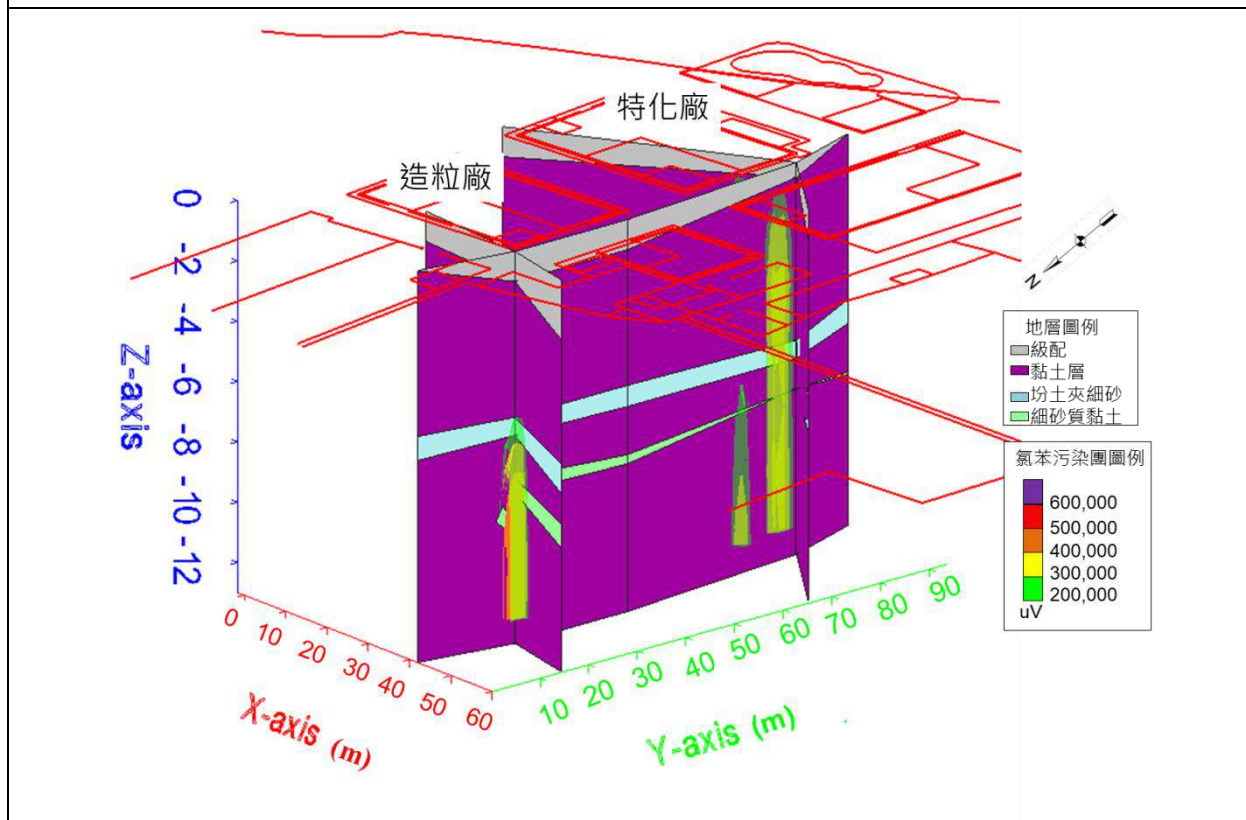


圖 5.2-13 地質概念模型圖(由東往西側視圖)

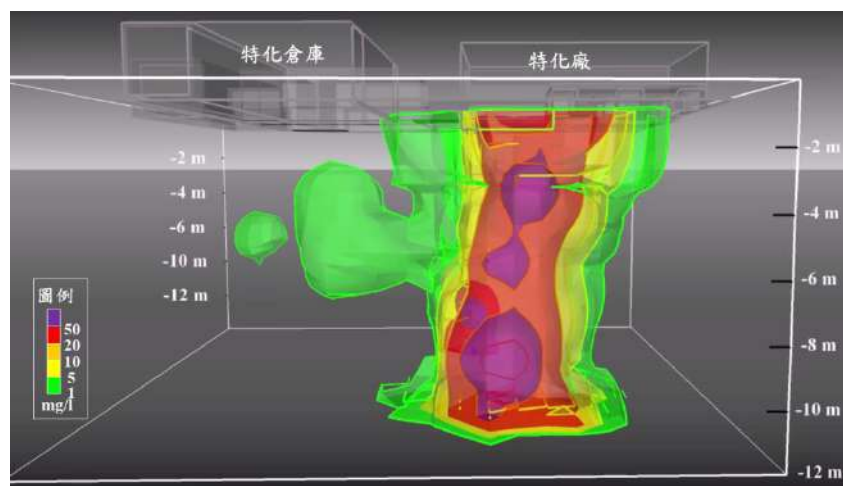


由東南往西北側視圖

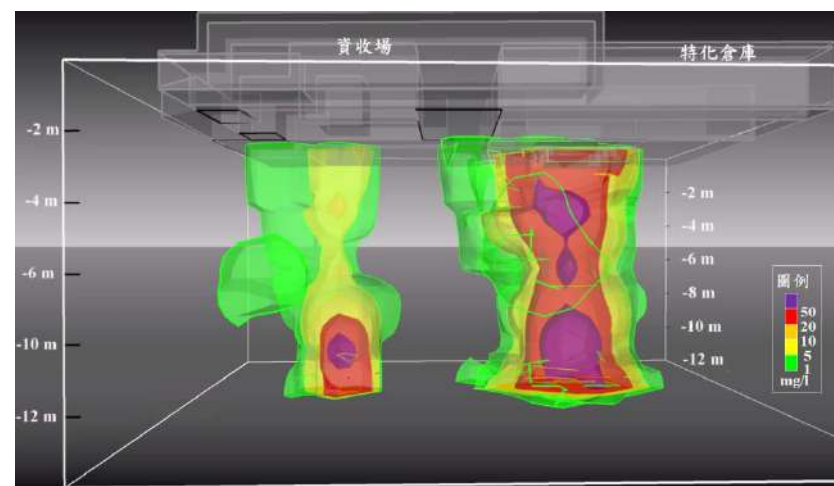


由西北往東南側視圖

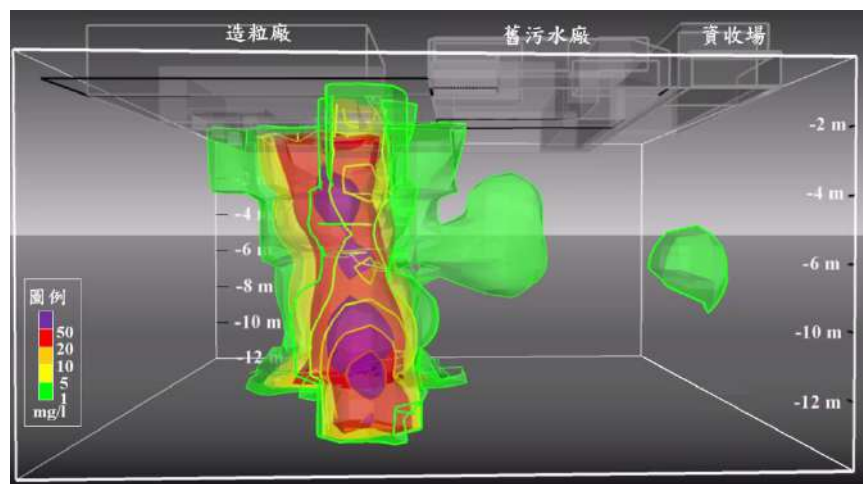
圖 5.2-14 土壤污染概念模型圖



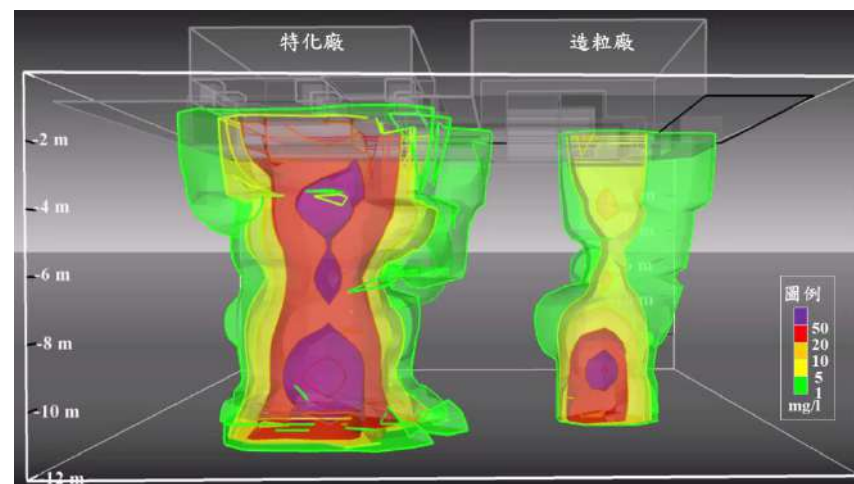
由南往北側視圖



由西往東側視圖

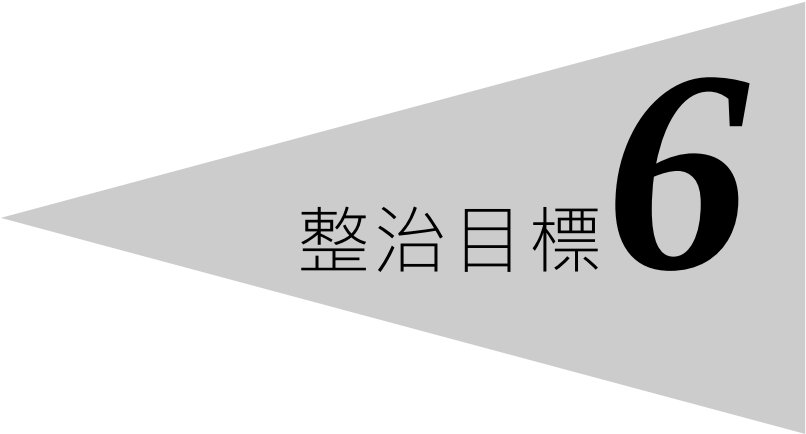


由北往南側視圖



由東往西側視圖

圖 5.2-15 地下水氯苯污染概念模型



整治目標 6

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

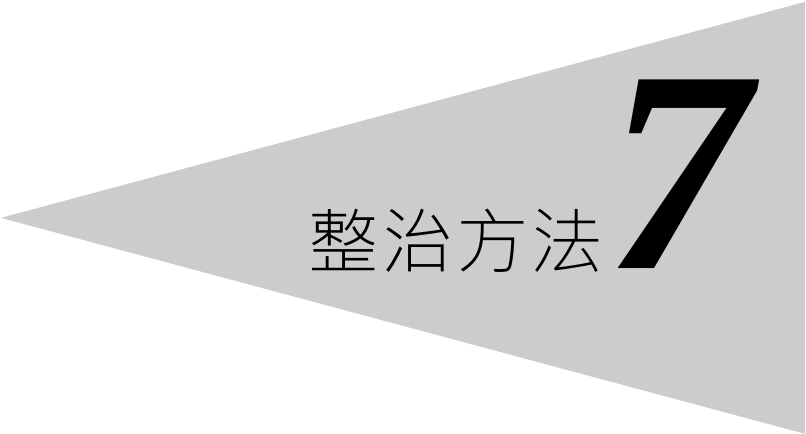
第六章 整治目標

依據「土壤及地下水污染整治法」第二十四條第一項規定，土壤、地下水污染整治計畫，應列明污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準之土壤、地下水污染整治目標。

由本場址相關調查資料顯示，本場址土壤超過管制標準值之管制項目為苯及1,2-二氯乙烷，而地下水超過管制標準值之管制項目為苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、砷，除砷外均為揮發性有機物（VOCs），此外考量整治過程可能產生相關 VOCs 副產物如二氯乙烯，亦將與上述管制項目納入本計畫之土壤及地下水整治目標（如表 6-1 所列）。

表 6-1 土壤及地下水整治目標

管制項目	管制標準值	
	土壤（mg/kg）	第二類地下水（mg/L）
苯（Benzene）	5	0.050
甲苯（Toluene）	500	10
氯苯（Chlorobenzene）	—	1.0
1,2-二氯乙烷 （1,2-Dichloroethane）	8	0.050
三氯乙烯 （Trichloroethylene）	60	0.050
氯乙烯（Vinyl chloride）	10	0.020
順-1,2-二氯乙烯 （cis-1,2-Dichloroethylene）	7	0.70
反-1,2-二氯乙烯 （trans-1,2-Dichloroethylene）	50	1.0
砷（As）	60	0.5



整治方法 7

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第七章 整治方法

7.1 整治方法篩選說明

7.1.1 整治方法概述

各類污染整治技術就使用之方法原理不同，大致可區分為：

1. 物理處理：以污染物抽除或圍堵方式，來分離或侷限污染物，或利用熱分離、脫附將污染物分離去除，或採用熱破壞方式將污染介質熔融等物理性方法。
2. 化學處理：利用添加氧化劑等物質與污染物產生化學反應，將有害污染物轉化成無害或毒性較低之化合物。
3. 生物處理：藉由營造適合微生物生長之環境來激發微生物活性，並利用微生物代謝反應將污染物轉化成無害或毒性較低之化合物。
4. 其他或特殊處理方法。

另就技術使用地點又可區分為下列三種：

1. 現地處理（in-situ）：指不移除污染物，直接於污染區內進行相關整治工作。此方法通常具有對場址現狀干擾最少、整治之初設費較低等優點，但也有整治期間較長及操作費用較高之缺點。此外，此方法易受土壤不均質之影響，而較難掌握整治成效。
2. 現場處理（on-site）：此方法與下述之離場（off-site）處理方法同屬離地處理方法（ex-situ），係指移除污染物後，於場址內處理而不外運至場址外。此方法因需移除污染物，而有對場址現況干擾較大及整治初設費用較高等缺點，故常用於高濃度區（污染源）之污染整治。此方法最大優點在於可不受土壤不均質性之干擾，易於掌握整治成效。
3. 離場（off-site）處理：此方法與上述現場處理方法類似，具有相同之優缺點，其差異僅在於移除污染物後，需外運至其他場所處理。

7.1.2 可行整治方法篩選

一、場址特徵與技術限制分析

(一) 污染物種類與濃度

本場址之污染物主要為苯、氯苯、甲苯、1,2-二氯烷類及氯乙烯等 VOCs，種類多樣皆屬非水溶液相液體，有液體密度有大於水 (DNAPL) 亦有小於水者 (LNAPL)，其中含多氯污染物於自然降解或整治過程中多會衍生二氯或單氯等含氯有機污染物，更加劇對環境的衝擊，故整治工法的選擇，除能有效去除污染物，亦需考量盡可能減少衍生物或副產物的產生或殘留及對選用對環境衝擊性小之工法，避免對環境的危害。

而本場址以氯苯污染濃度最高、濃度梯度大、污染範圍也最廣，造粒廠土壤氯苯濃度推估達 1,223 mg/kg、特化廠土壤氯苯濃度推估達 1,054 mg/kg，地下水氯苯污染濃度介於 45.6 mg/L~197 mg/L，污染深度皆達地表下 12 公尺。氯苯雖非土壤污染管制項目，但其會持續釋出溶於地下水，造成地下水持續污染。其餘污染物污染範圍皆與氯苯重疊，因此本計畫評估整治工法時優先考量氯苯污染處理成效，移除氯苯的同時可一併移除其餘污染物。

(二) 污染分布

1. 土壤

本場址土壤污染位於特化廠洗滌塔及造粒廠廢水暫存坑，經約 9 年整治後污染濃度及範圍已明顯降低，然因廠房內無法設置整治井，拆除該區設備後於 111 年 7~9 月 MIP 探測與土壤採樣補充調查發現，特化廠房下污染由地表下 1 至 12 公尺，最高約於 9~9.5 公尺處，氯苯濃度達達 627 mg/kg，另有苯與 1,2-二氯乙烷濃度有偏高情形。因此評估將先採用開挖法搭配現場離地生物處理，以快速移除污染；無法開挖區域考量本場址為運作中工廠，較適合以現地處理方式改善本場址土壤及地下水品質。

2. 地下水

本場址地下水污染源位於特化廠洗滌塔及造粒廠廢水暫存坑，整治前評估地下水污染面積約 13,000 平方公尺，並已擴散至場外，經約 9 年整治後污染濃度及範圍(下水污染面積約 2,257 平方公尺)已明顯降低，為掌握場址地下水污染情形，以利後續工法轉換及調整操作參數，於 110 年 4 月針對不同深

度的井(井深分別為 4 公尺、8 公尺及 12 公尺)進行地下水補充調查，並繪製不同深度不同污染物的分布如圖 7.1-1 所示。顯示不同深度之地下水皆以特化廠建物下及西側道路污染程度最高，且以地表下 9~12 公尺污染程度最高，氯苯濃度達 197 mg/L(管制標準 1 mg/L)，苯濃度達 13.9mg/L(管制標準 0.05 mg/L)。地表下 5~8 公尺污染程度最低但範圍最大，評估因該層地質多以粉土夾砂為主，污染物較易擴散但也較易抽除，目前除特化廠建物下及周邊之外，其餘區域氯苯污染濃度均低於 20mg/L。

(三) 水文地質特徵

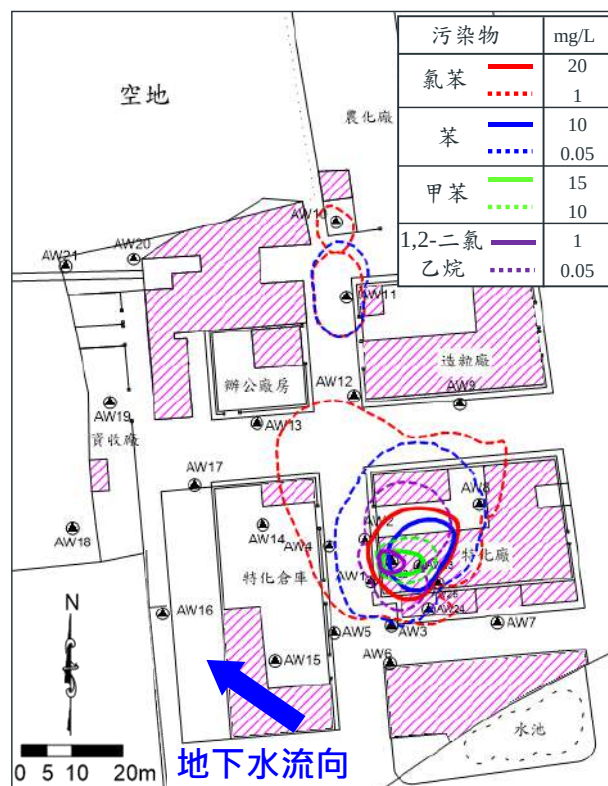
本場址地質條件不佳，水力傳導係數約為 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ cm/s 屬於低滲透性地質，地下水位約地表下 1 公尺，現地整治技術較易受到限制。且土壤質地有分層現象，地表下約 1~5 公尺地質以粉土、粉土質黏土為主，約 5~10 公尺有夾細砂之情形，造粒廠以西、以北之區域夾砂地層較多（2~3 層），15 公尺以下為細砂，在約 18~19 公尺有一層黏土層，加上污染物種類多其特性不盡相同，整治規劃須依不同深度污染情況分層評估。

本計畫現已設置多口不同深度及不同開篩範圍之整治井，經整治約 9 年所得數據及經驗，現有抽水設備能有效抽除污染並使水位洩降約約 1~2 公尺，可有效控制污染團避免污染擴散；使用化學氧化法及生物法之區域藥劑影響範圍可達 2~4 公尺(視搭配抽水情形)。後續整治評估規劃將參考上述經驗，採分階段、分區域操作、工法調整與變更之整治列車概念。

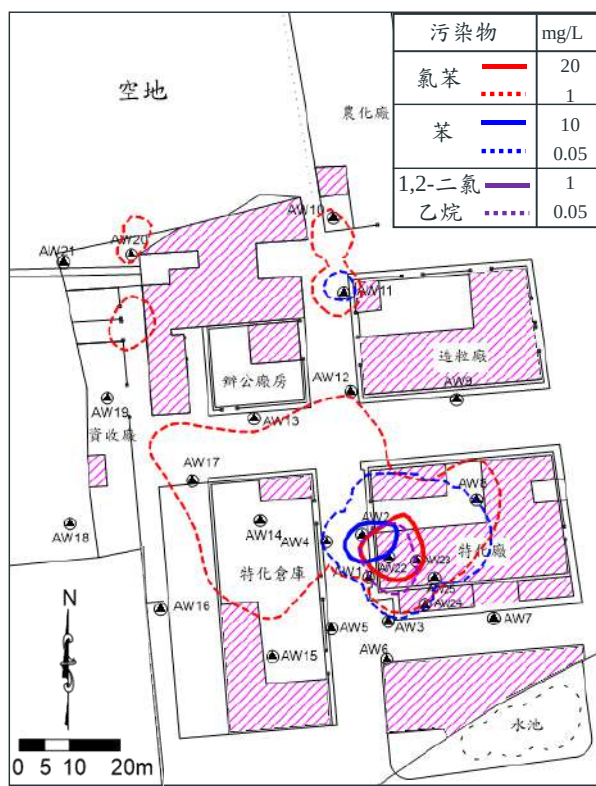
(四) 地下環境與微生物評估

本場址地下環境偏還原狀態，然相關文獻指出氯苯類化合物可以經由厭氧及好氧生物降解，且含氯數低者較適合以好氧生物降解。因此本計畫委託國立成功大學執行功能性基因定量分析，採即時定量聚合酶連鎖反應 (real-time quantitative polymerase chain reaction, qPCR) 進行氯苯破環關鍵酵素鄰苯二酚 1,2-雙氧氧化酵素的基因定量分析，污染帶區目標基因背景量達 10^6 copy/L，顯示地下水中能降解氯苯類好氧菌數量充足，且經灌注過氧化氫提升水中溶氧後，目標基因濃度上升至 10^7 copy/L~ 10^8 copy/L。因此本場址亦適合採取好氧生物法處理氯苯污染物，可藉由額外添加溶氧營造適合微生物生長之環境，並適時添加碳源或營養鹽加速含氯有機污染物降解。

0~4m(坩土質黏土)



4~8m (坩土質細砂)



8~12m(細砂質粉黏土)

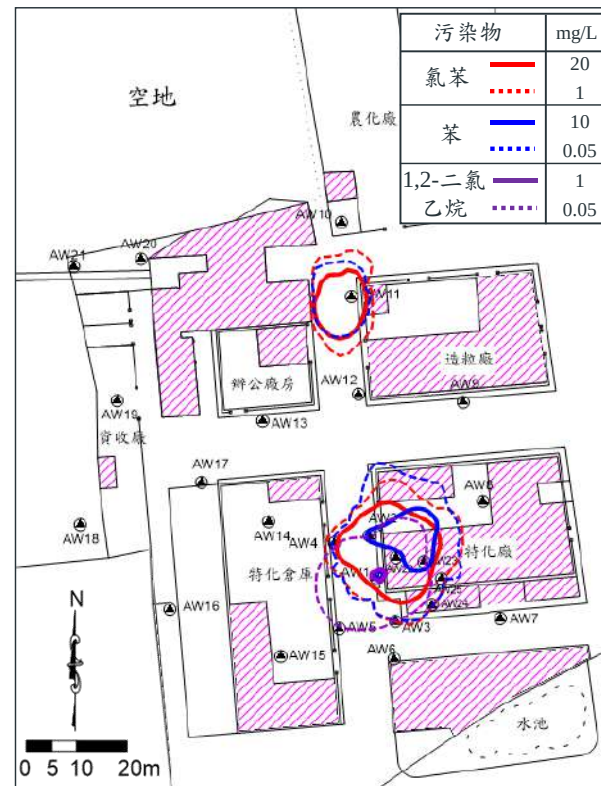


圖 7.1-1 場址不同深度地下水之污染分布圖

二、適用整治技術篩選

評估本場址未能如期完成整治原因為：(1) 本場址為運作中工廠，污染洩漏區位於製程區，受建物與設備影響無法進行積極整治作為，污染物持續釋出造成周邊區域與下游污染濃度起伏，導致整治成效不佳。(2) 整治初期採取雙相抽取法為主，雖可大範圍縮減淺層(8 公尺內)污染範圍與降低污染程度，惟對較深層(8~12 公尺)整治成效不佳(深度較深不易抽除、滲透性較差，影響抽除效率)，後期對殘留相污染物移除效率較差，延長整治期程。(3)地質滲透性不佳且異質性高，影響抽除效率與整治藥劑傳輸、流布。

參考美國聯邦整治技術圓桌會議網站 (Federal Remediation Technologies Roundtable, FRTR, www.frtr.gov)有關土壤及地下水中各類污染物適用之整治技術於表 7.1-1~表 7.1-4，及各整治技術適用性、操作維護、經費等之初步評估資訊。由於本場址為運作中工廠，優先使用現地且對工廠營運影響較低之整治工法，在不影響工廠營運的前提下局部區域可使用離地整治技術，然後先依場址污染物種類初步挑選可能之整治工法，接著依場址水文地質特性、過去執行整治參數及污染濃度分布現況等資訊，綜合評估並篩選高污染區及中低污染區合適之整治工法，篩選結果說明如下。

(一) 篩選適用本場址污染物之整治工法

由表 7.1-1~表 7.1-4，從含鹵素及不含鹵素 VOCs 適用工法中篩選有實際案例證明有效或效果有限之整治技術，並考量對工廠運作之影響，初步篩選出加強生物整治、土壤淋洗(界面活性劑沖排)、土壤氣體抽除、化學氧化、生物堆及抽水處理等技術，並依各污染物特性及本場址地下環境特性彙整上述整治技術適用程度於表 7.1-5。其中土壤氣體抽除僅適用於長期乾燥之土壤，而本場址地下水位約地表下 1 公尺，污染深度達 12 公尺，故土壤氣體抽除不適用本場址。

表 7.1-1 各類土壤污染物適用之整治技術

整治技術	含鹵素之 VOCs	不含鹵素之 VOCs	含鹵素之 SVOCs	不含鹵素之 SVOCs	油品	無機物	放射性物質	爆炸物質
現地生物整治								
生物通氣 (Bioventing)	●	△	●	×	●	×	△	×
加強生物整治 (Enhance Bioremediation)	●	●	●	△	●	△	△	●
植生復育 (Phytoremediation)	○	○	○	△	○	○	●	●
現地物理/化學處理								
化學氧化 (Chemical Oxidation)	○	○	×	○	×	△	×	○
電分離 (Electrokinetic Separation)	○	○	○	○	×	●	○	×
破碎法 (Fracturing)	○	○	○	○	○	×	×	×
土壤淋洗 (Soil Flushing)	●	●	○	○	○	●	×	×
土壤氣體抽除 (Soil Vapor Extraction)	●	●	×	×	●	×	×	×
固化/穩定化 (Solidification/Stabilization)	×	×	△	△	×	●	●	×
現地熱處理								
熱處理 (Thermal Treatment)	●	●	●	●	●	×	×	×
離地生物處理 (採開挖方式)								
生物堆 (Biopiles)	●	●	○	△	●	△	×	×
堆肥 (Composting)	○	○	○	△	●	×	×	●
農耕 (Landfarming)	○	○	●	○	●	×	×	△
泥漿相生物處理 (Slurry Phase Biological Treatment)	○	●	●	△	●	△	×	●
離地物理/化學處理 (採開挖方式)								
化學萃取 (Chemical Extraction)	○	○	●	●	○	●	○	×
化學還原/氧化 (Chemical Reduction/Oxidation)	○	○	○	○	○	●	×	○
脫鹵素法 (Dehalogenation)	×	●	×	●	×	×	×	○
物理分離 (Separation)	○	○	○	○	×	○	×	×
土壤清洗 (Soil Washing)	○	○	○	○	○	○	×	×
固化或穩定化 (Solidification/Stabilization)	×	×	○	○	×	●	●	×
離地熱處理 (採開挖方式)								
焚化 (Incineration)	●	●	●	●	●	×	×	●
開放式焚化/引爆 (Open Burn/Open Detonation)	×	×	×	×	×	×	×	●
厭氧焚化 (Pyrolysis)	○	○	●	●	○	×	×	×
熱脫附 (Thermal Desorption)	●	●	●	●	●	×	×	●

備註：● 模場試驗及整治皆有實際案例證明有效

○ 模場試驗及整治執行案例發現效果有限

× 無相關案例證明有效，包括模場試驗及整治案例

△ 僅適用於特定污染物

資料來源：Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, V.4.0, Federal Remediation Technologies Roundtable (www.frtr.gov)。

表 7.1-2 土壤整治技術初步評估

整治技術	技術性	操作 維護	調查 評估	系統 穩定性	經費 ¹	時間 ²	普遍性 ³
現地生物整治							
生物通氣 (Bioventing)	簡易	簡易	簡易	高	低	1~3 年	高
加強生物整治 (Enhance Bioremediation)	簡易	複雜	中等	中	低	1~3 年	高
植生復育 (Phytoremediation)	簡易	簡易	簡易	低	低	>3 年	中
現地物理/化學處理							
化學氧化 (Chemical Oxidation)	簡易	複雜	中等	中	中	<1 年	高
電分離 (Electrokinetic Separation)	複雜	複雜	中等	中	高	1~3 年	中
破碎法 (Fracturing)	中等	中等	複雜	中	中	1~3 年	高
土壤淋洗 (Soil Flushing)	簡易	複雜	中等	中	中	1~3 年	高
土壤氣體抽除 (Soil Vapor Extraction)	複雜	複雜	中等	高	低	1~3 年	高
固化/穩定化 (Solidification/Stabilization)	簡易	中等	複雜	高	低	<1 年	高
現地熱處理							
熱處理 (Thermal Treatment)	複雜	複雜	複雜	高	中	<1 年	高
離地生物處理 (採開挖方式)							
生物堆 (Biopiles)	簡易	簡易	簡易	高	低	0.5~1 年	高
堆肥 (Composting)	簡易	簡易	簡易	高	低	0.5~1 年	高
農耕 (Landfarming)	簡易	簡易	簡易	高	低	0.5~1 年	高
泥漿相生物處理 (Slurry Phase Biological Treatment)	複雜	複雜	複雜	中	中	0.5~1 年	高
離地物理/化學處理 (採開挖方式)							
化學萃取 (Chemical Extraction)	複雜	複雜	複雜	中	中	0.5~1 年	高
化學還原/氧化 (Chemical Reduction/Oxidation)	中等	中等	複雜	高	中	<0.5 年	高
脫鹵素法 (Dehalogenation)	中等	複雜	複雜	低	高	0.5~1 年	中
物理分離 (Separation)	中等	複雜	中等	高	中	<0.5 年	高
土壤清洗 (Soil Washing)	複雜	複雜	複雜	高	中	<0.5 年	高
固化或穩定化 (Solidification/Stabilization)	簡易	中等	複雜	高	低	<0.5 年	高
離地熱處理 (採開挖方式)							
焚化 (Incineration)	簡易	複雜	複雜	中	高	<0.5 年	高
開放式焚化/引爆 (Open Burn/Open Detonation)	簡易	複雜	複雜	高	低	<0.5 年	高
厭氧焚化 (Pyrolysis)	簡易	複雜	複雜	低	高	<0.5 年	高
熱脫附 (Thermal Desorption)	簡易	複雜	複雜	中	中	<0.5 年	高
其他							
掩埋加蓋 (Landfill Cap)	簡易	中等	複雜	高	低	>1 年	高
開挖及最終處理 (Excavation, Retrieval, Off-site Disposal)	簡易	簡易	簡易	高	— ⁴	<0.5 年	高

備註：1. 為各整治技術所需經費之高低，高：>330 美元/噸，中：110~330 美元/噸，低：<110 美元/噸。

2. 係為整治「標準場址」所需時間，標準場址是指污染土方量為 18,200 公噸。

3. 可執行該整治技術之單位數量，高為>4 家，中為 2~4 家

4. 與污染物種類有關

資料來源：Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, V.4.0, Federal Remediation Technologies Roundtable (www.frtr.gov)。

表 7.1-3 各類地下水污染物適用之整治技術

整治技術	含鹵素之 VOCs	不含鹵素之 VOCs	含鹵素之 SVOCs	不含鹵素之 SVOCs	油品	無機物	放射性物質	爆炸物質
現地生物整治								
加強生物復育 (Enhanced Bioremediation)	●	△	●	△	●	△	×	○
監測自然衰減 (Monitored Natural Attenuation)	●	○	○	○	●	×	×	×
植生復育 (Phytoremediation)	○	○	○	○	○	△	×	×
現地物理/化學處理								
空氣曝氣 (Air Sparging)	●	○	○	○	●	×	×	×
生物淋洗 (Bioslurping)	○	○	●	●	●	○	×	×
化學氧化 (Chemical Oxidation)	○	○	×	○	×	△	×	○
水平井加強法 (Directional Wells)	○	○	○	○	○	○	×	○
雙相抽取 (Dual Phase Extraction)	●	●	●	●	●	×	×	×
熱處理 (Thermal treatment)	○	●	●	●	●	×	×	×
水力破碎法 (Hydrofracturing Enhancements)	○	○	○	○	○	○	×	○
井中曝氣 (In-Well Air stripping)	○	○	○	×	○	×	×	×
反應牆 (Passive/Reactive treatment Walls)	●	●	●	●	○	△	×	●
離地生物處理 (採開挖方式)								
生物反應器 (Bioreactors)	●	●	●	△	●	×	×	●
濕地復育 (Constructed Wetlands)	○	○	○	△	○	●	×	●
離地物理/化學處理 (採開挖方式)								
吸附 (Adsorption/Absorption)	○	○	○	○	×	●	△	×
高級化學氧化 (Advanced Oxidation Processes)	●	●	●	●	●	△	△	●
空氣曝氣 (Air Stripping)	●	●	×	×	×	×	×	×
活性炭吸附 (Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption)	●	●	●	●	●	△	×	△
抽水處理 (Groundwater Pumping/Pump & Treat)	○	○	○	△	○	○	×	○
離子交換 (Ion Exchange)	×	×	×	×	×	●	○	×
沈澱/凝結/結塊法 (Precipitation/Coagulation/Flocculation)	×	×	×	×	×	●	○	×
物理分離 (Separation)	●	●	●	●	●	△	△	×
灑水灌溉法 (Sprinkler Irrigation)	●	●	×	×	×	×	×	×

備註：● 模場試驗及整治皆有實際案例證明有效

○ 模場試驗及整治執行案例發現效果有限

× 無相關案例證明有效，包括模場試驗及整治案例

△ 僅適用於特定污染物

資料來源：Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, V.4.0, Federal Remediation Technologies Roundtable (www.frtr.gov)。

表 7.1-4 各類地下水整治技術初步評估

整治技術	技術性	操作 維護	調查 評估	系統 穩定性	經費 ¹	時間 ²	普遍性 ³
現地生物整治							
加強生物復育 (Enhanced Bioremediation)	簡易	複雜	中等	中	低	— ⁴	高
監測自然衰減 (Monitored Natural Attenuation)	簡易	複雜	中等	中	低	— ⁴	高
植生復育 (Phytoremediation)	簡易	簡易	簡易	低	低	>10 年	中
現地物理/化學處理							
空氣曝氣 (Air Sparging)	簡易	簡易	簡易	高	低	<3 年	高
生物漱洗 (Bioslurping)	中等	簡易	簡易	中	低	3~10 年	高
化學氧化 (Chemical Oxidation)	簡易	複雜	中等	中	中	<3 年	高
水平井加強法 (Directional Wells)	簡易	中等	複雜	中	中	3~10 年	高
雙相抽取 (Dual Phase Extraction)	複雜	複雜	複雜	中	中	3~10 年	高
熱處理 (Thermal treatment)	複雜	複雜	複雜	中	中	<3 年	高
水力破碎法 (Hydrofracturing Enhancements)	中等	簡易	簡易	高	中	3~10 年	高
井中曝氣 (In-Well Air stripping)	中等	中等	複雜	中	中	>10 年	高
反應牆 (Passive/Reactive treatment Walls)	簡易	中等	複雜	高	中	>10 年	高
離地生物處理 (採開挖方式)							
生物反應器 (Bioreactors)	簡易	中等	複雜	中	低	3~10 年	高
濕地復育 (Constructed Wetlands)	簡易	中等	複雜	— ⁴	中	— ⁴	低
離地物理/化學處理 (採開挖方式)							
吸附 (Adsorption/Absorption)	簡易	複雜	中等	中	高	>10 年	高
高級化學氧化 (Advanced Oxidation Processes)	中等	複雜	複雜	中	中	>10 年	高
空氣曝氣 (Air Stripping)	中等	複雜	中等	高	低	>10 年	高
活性碳吸附 (Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption)	中等	複雜	中等	高	中	>10 年	高
抽水處理 (Groundwater Pumping/Pump & Treat)	中等	複雜	複雜	高	高	>10 年	高
離子交換 (Ion Exchange)	中等	複雜	複雜	高	中	>10 年	高
沈澱/凝結/結塊法 (Precipitation/Coagulation/Flocculation)	中等	中等	複雜	高	中	>10 年	高
物理分離 (Separation)	中等	複雜	複雜	高	高	<3 年	高
灑水灌溉法 (Sprinkler Irrigation)	簡易	簡易	簡易	高	高	>10 年	高

註：1.為各整治技術所需經費之高低，高：>10 美元/1,000 加侖，中：3~10 美元/1,000 加侖，低：<3 美元/1,000 加侖。

2.係為整治「標準場址」所需時間，標準場址是指污染地下水量為 1,000,000 加侖。

3.可執行該整治技術之單位數量，高為>4 家，中為 2~4 家。

4.與污染種類有關。

資料來源：Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, V.4.0, Federal Remediation Technologies Roundtable (www.frtr.gov)。

表 7.1-5 本場址污染物及環境特性與整治技術初步篩選對照表

參考因子/特性		污 染 物 特 性					參考文獻
		苯	甲 苯	1,2-二氯乙烷	氯 苯	氯 乙 烯	
分子/原子式		C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₂ H ₄ Cl ₂	C ₆ H ₅ Cl	C ₂ H ₃ Cl	行政院環保署毒物及化學物質局-安全資料表
分子/原子量		78.11	92.14	99.0	112.56	62.5	
蒸氣壓(mmHg)(20~25 °C)		95.2	28.4	62	8.8	2,500	
密度(g/cm ³ ,20 °C)		0.874	0.862	1.25	1.106	0.908	
水中溶解度(mg/L,25 °C)		1,750	524	8,000	500	1,100	
亨利常數(10 ⁻³ atm*m ³ /mole)(25 °C)		5.43	5.49	1.18	3.46	—	
Log K _{ow}		2.13	2.73	1.48	2.13	1.52	
絕對黏度(cP)		0.652	0.590	0.80	0.75	—	
整 治 工 法	適 用 範 圍	現地生物					
加強生物整治	生物可降解性	好氧	好氧	好氧	好氧	好氧	McCarty and Semprini,1994 Dolfing and Harrison, 1992
整 治 工 法	適 用 範 圍	現地物理					
土壤淋洗 (界面活性劑 沖排)	水力傳導係數 >10 ⁻⁵ ~10 ⁻³ cm/s	佳	佳	佳	佳	佳	Roote, D.S.,1997
	蒸氣壓<10~100 mmHg	佳	佳	佳	優	不適用	
	液體密度>1~2 cm ³	有限	有限	佳	佳	有限	
	水中溶解度 >100~1,000mg/L	優	佳	優	佳	優	
	Log K _{ow} =1~3	優	優	優	優	優	
	絕對黏度<2 cP	優	優	優	優	不適用	
土壤氣體抽除	蒸氣壓>0.5 mmHg	優	優	優	優	優	USEPAEPA 510-B-94-003,1994
	土壤處於乾燥狀態	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	
整 治 工 法	適 用 範 圍	化學處理					
化學氧化	化學氧化可行性	優	優	優	優	優	Activator Selection Guide from FMC and Klorur
整 治 工 法	適 用 範 圍	離地生物處理					
生物堆	生物好氧降解	優	優	優	優	優	Federal Remediation Technologies Roundtable
整 治 工 法	適 用 範 圍	離地物理處理					
抽水處理	較適用於 LNPAL	優	優	有限	有限	優	Jafvert, C.T. (1996)

(二) 評估本場址整治工法適用區域

上述整治工法中，本場址已經使用過加強生物整治、化學氧化及抽水處理，整治成效及操作說明於 4.5 節。考量場址依污染程度主要分為土壤及地下水皆有污染之高污染區，以及僅地下水污染之中低污染區，適用不同整治工法，因此進一步評估上述整治工法及本場址適用性及適用區域，評估結果彙整如表 7.1-6 與表 7.1-7。

(三) 高污染區處理－污染源削減與持續改善

本場址污染源區域特化廠及造粒廠為高污染區，地下水污染種類多且濃度高、且土壤有污染之情形，污染深度較深，涵蓋粉土及夾細砂層，亦可能有純相（DNAPL 及 LNAPL）污染物存在。本計畫為快速、有效降低污染程度，於高污染區優先採取開挖法，無法開挖區域或深度再採取現地整治工法。現地整治優先移除純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率。氧化劑將使用過硫酸鹽（Persulfate），其在現地環境中持續性較一般常見之氧化劑（如過氧化氫、臭氧）佳，適用於含水層滲透性不佳之場址，並可獲得較大處理範圍。可視情況搭配界面活性劑增加 DNAPL 移動性及溶解性，加速氧化劑與污染物反應。

(四) 中低污染區域處理－污染團侷限與持續改善

地下水中低污染區域，無土壤污染問題，以氯苯污染物為主，將以現地生物處理法整治，降解殘留污染物，避免濃度回升。相關文獻指出氯苯類化合物可以經由厭氧及好氧生物降解，然含氯數低者較適合以好氧生物降解，部分區域已實施好氧生物整治且成效顯著。考量本場址屬低滲透性地質，增加水中溶氧方法有限，相關文獻指出添加適量的過氧化氫可為降解氯苯提供溶氧來源(Vogt, Alfreider, et al., 2004)，因此於微生物量充足區域直接注入低濃度過氧化氫，而微生物不足區域，可考慮採用生物添加法，將經好氧微生物處理後之地下水注入整治井，以提高該區域地下水中微生物含量。

表 7.1-6 本場址土壤整治技術篩選說明

整治技術	本場址適用性說明	適用性	整治區域	執行順序
加強生物 整治	● 關鍵微生物數量充足 ● 本場址已有應用經驗	優	中低污染區	優先
化學氧化	● 適用本場址污染物 ● 已具備整治所需之抽、注井及抽注設備 ● 本場址已有應用經驗	優	高污染區	優先
開挖法 (生物堆)	● 適用淺層高污染團移除 ● 具遮雨設施可堆置開挖土壤	優	高污染區	優先
界面活性劑 沖洗	● 適用含水層介質中 DNAPL 污染之去除 ● 可結合化學氧化、生物處理 ● 已具備整治所需之抽、注井及抽注設備	佳	高污染區	替代

註：整治工法篩選參考環保署「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊」

表 7.1-7 本場址地下水整治技術篩選說明

整治技術	本場址適用性說明	適用性	整治區域	執行順序
加強生物 整治	● 關鍵微生物數量充足 ● 本場址已有應用經驗	優	中低污染區	優先
化學氧化	● 適用本場址污染物 ● 已具備整治所需之抽、注井及抽注設備 ● 本場址已有應用經驗	優	高污染區	優先
抽水處理	● 移除地下水中溶解相污染 ● 污染物為 DNAPL 時多做為污染帶水力控制，可結合化學氧化、界面活性沖排、加強生物整治等 ● 已具備整治所需抽水井及設備	優	高污染區	優先

註：整治工法篩選參考環保署「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊」

7.1.3 整治技術說明與案例介紹

7.1.3.1 開挖法

一、基本原理說明

開挖為將現場受污染的土壤，經確認水平及垂直面污染範圍、污染深度及濃度後，直接以開挖設備(挖土機、推土機)將受污染土壤由現地挖除，並運送至離地處理設施，受揮發性有機污染物污染之土壤可搭配土壤清洗、生物整治、加熱託付或焚化等處理，若處理後之土壤可達乾淨土壤之標準，則可將原移除之土壤再回填至開挖處，或自其他地方取得乾淨土壤填補。挖出之污染土壤若經過嚴謹之評估程序或中間處理後，亦可運送至合乎規定之掩埋場進行最終處置。

二、應用限制及考量重點

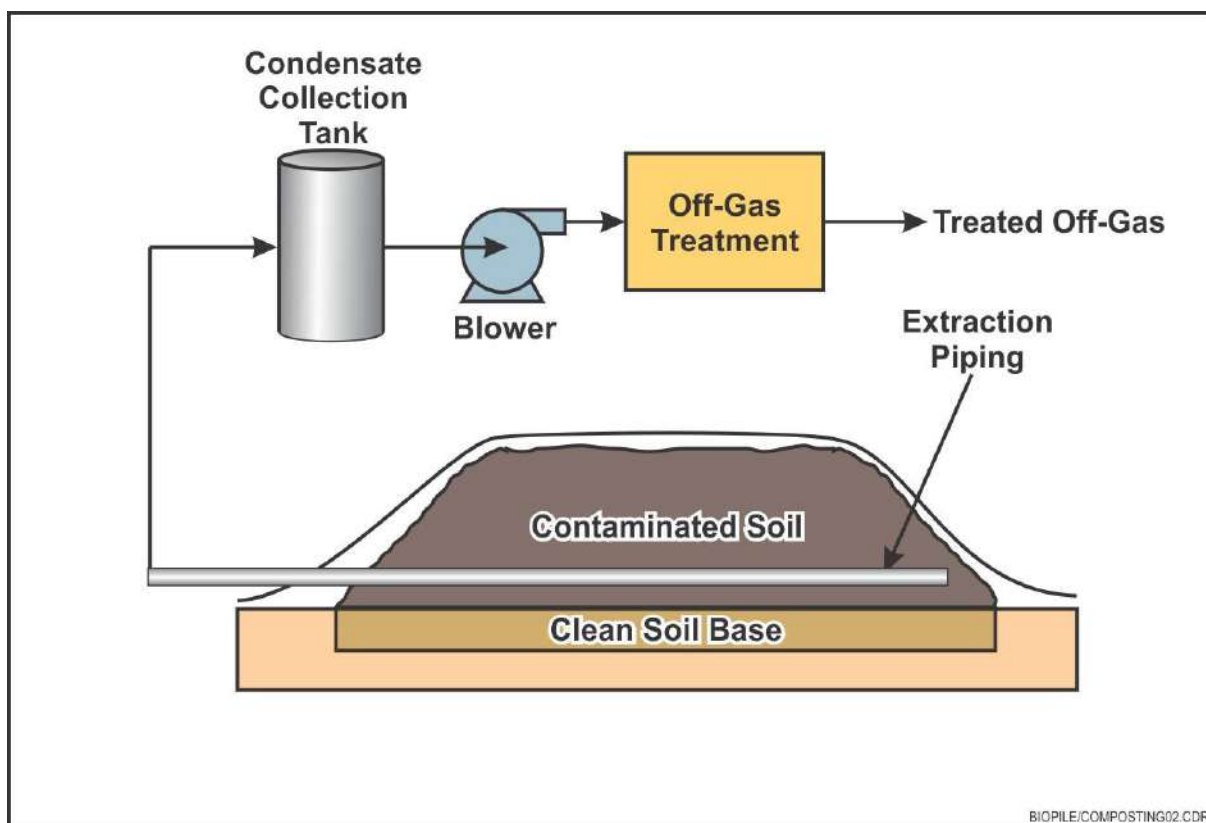
以下列出開挖法之應用限制及考量重點，並說明本場址實施重點對應方式。

表 7.1-8 本場址開挖法應用執行方式

項次	應用限制及考量重點	本場址執行方式
1	開挖區位於廠房內，擋土支撐會受高度限制，需評估可行擋土支撐方式與能開挖深度。	● 僅能進行淺層開挖，以短鋼軌搭配鐵板支撐，開挖深度不能超過地表下 3 公尺。
2	地下水位較高之污染場址，開挖時若須配合設置鋼板樁及點井抽水，抽出之地下水遭受污染機率高，故須配合設置污水處理或簡易抽出水整治設施，確保無污染之虞再排放。	● 僅開挖淺層至地下水位面，開挖達目標深度後立即回填客土避免滲水。 ● 若有滲水可採開挖面抽水，抽出之廢水直接排入本場址廢水處理系統。
3	進行開挖時需對有害化學物質注意工作安全預防規劃，例如含氯有機化合物及油品易揮發至空氣中，現場工作人員應該穿戴安全防護設備。	● 場址為運作中工廠，平日均備有安全維護設施。 ● 開挖區域已暫停生產並拆除生產設備。
4	揚塵為開挖法主要造成二次污染途徑之一，應設置揚塵控制系統，灑水及工程車輛清洗所造成地表逕流水亦應設置截流溝，以暫存槽收集或導入現地設置之污水處理設備。	灑水抑制揚塵，地表逕流水流至既有截流溝，匯集流至既有廢水處理設備。
5	開挖之土壤於現場離地處理或離場外運處理，需注意避免造成二次污染的問題。	開挖土壤移至場內空地暫置，該區有遮雨棚架且地表有水泥鋪面，污染土上方蓋不透水帆布。
6	開挖後若採用外來土壤客土回填者，應掌握土壤之來源。	購買合法來源之客土，客土採樣分析無污染才進行回填。

三、開挖污染土壤處理

經開挖過程篩選之受污染土壤移至離地處理設施後可進行生物堆處理，操作方式如圖 7.1-2 所示。根據過去施做經驗指出生物堆法在許多油品類地下儲油槽污染的場址具有良好的效果，針對具有揮發性之污染物，可藉由生物處理搭配抽氣強化效能。本技術主要施做方式係於地面上建置人工處理系統，提供生物處理程序，降解有機污染物。施做方式主要規劃於場址原處或其它空地之地面處，先鋪上一層不透水層圍成一整治區域，再將受污染的土壤挖起放置於整治區形成一土堆，之後再將空氣（氧氣）、營養鹽、微量元素、水份等利用管線系統輸送至土堆內部，以馴養好氧性微生物，微生物則利用油品類污染物質做為代謝生長之基質，將其轉化成最終產物二氧化碳及水。



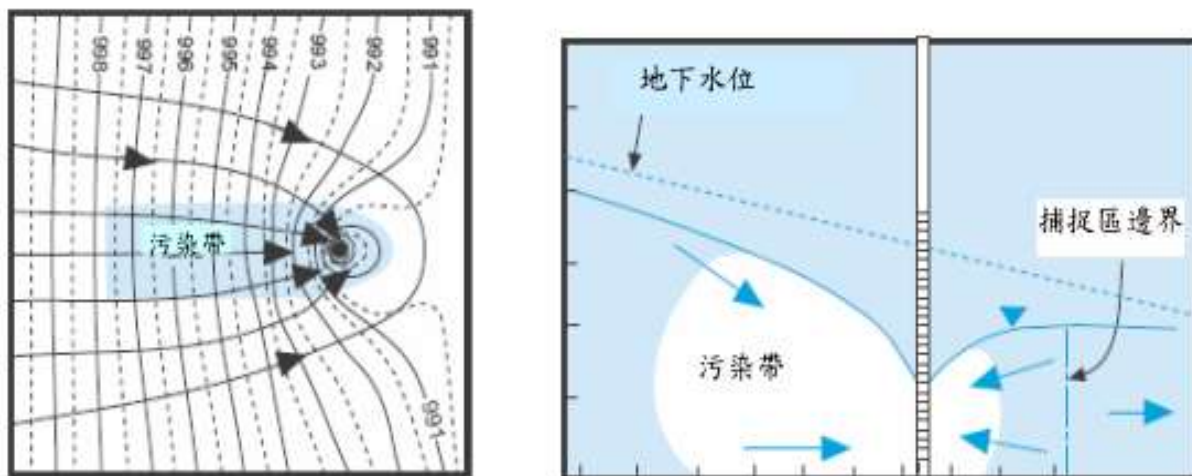
註：資料來源 Federal Remediation Technologies Roundtable

圖 7.1-2 生物堆法處理示意圖

7.1.3.2 抽出處理

一、基本原理說明

地下水抽出處理法是直接將受污染地下水抽除至地表進行處理，在地下水污染整治方法中已經是相當成熟且廣泛被應用。在抽水過程會形成一個捕捉區 (capture zone)，可將經過捕捉區之受污染地下水抽除。地下水抽出處理法之原理示意圖及捕捉區概念圖，分別如圖 7.1-3 所示。地下水抽出處理法可以達到水力控制避免污染區域的繼續擴散，以及降低地下水中溶解污染物的濃度，然而應用於受 DNAPL 污染的場址時，由於 DNAPL 會持續且緩慢地自溶解相釋出，使地下水中污染物濃度有回升之現象，使整治時間延長不易達到整治目標，因此通常需再搭配其他整治工法。



註：摘錄自 USEPA, Design Guideline for Conventional Pump-and-Treat Systems

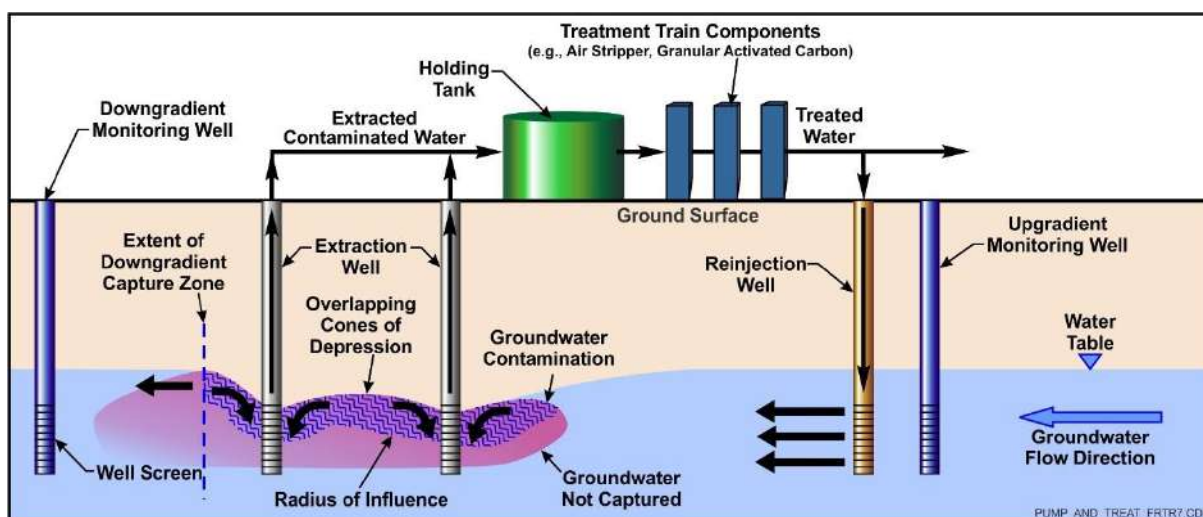
圖 7.1-3 抽出處理法捕捉區概念圖

二、應用限制及考量重點

抽出處理適用地下水含水層中溶解相污染物的移除及進行水力控制，若抽除地下水含溶解性污染物時，則一般水井水力學原理均適合於評估地下水污染物的抽除，若場址水文地質條件是滲透性較低或地質結構較為複雜且非均質時，則採取本法需要有較多系統設置及操作設計之考量。若場址滲透性較佳，除抽水外，甚至可以將抽出處理後之地下水進行補注，或搭配其他整治方式加強處理，則可更有效地移除水中污染物，亦是整治技術組合序列常選用本法為初期整治方法的原因，操作概念如圖 7.1-4。彙整抽出處理整治成效與效率的限制因素及本場址實施重點對應方式如表 7.1-9。

表 7.1-9 本場址抽出處理法應用執行方式

項次	應用限制及考量重點	本場址執行方式
1	部分 DNAPL 物質，溶解於水中的速率相當緩慢，導致污染物無法隨地下水快速有效地抽出。	搭配氧化劑或界面活性劑沖排，提高 DNAPL 脫附速率及增加溶解性，以利污染物抽出及氧化劑化學氧化作用。
2	含水層中，已被土壤吸附污染物質的脫附速率較為緩慢，因此，當在地下水中污染物濃度已被抽除降低之後，若停止抽水，仍有可能因緩慢的脫附作用，使得水中濃度再度緩慢的提升。	
3	污染物在水力傳導係數低的區域擴散速率緩慢。	減少抽水井井距，並依污染深度及地質分層開篩。
4	位於捕捉區以外之地下水無法被抽除(如圖 7.1-4)。	使用模擬軟體評估抽水操作後地下水流向、捕捉區、有效影響範圍等，並依模擬結果調整抽水井位，抽水速率、抽水時間等操作參數。



註：資料來源 Federal Remediation Technologies Roundtable

圖 7.1-4 抽出處理法操作概念圖

三、案例介紹

(一) 案例一

美國某一污染場址地下水遭受苯類、氯烯類及氯烷類污染，污染範圍達廠區下游 4 公里，採用抽出處理法方法進行地下水整治，整體工作經歷 7 年時間，並花費 12,884,813 美元（約台幣 4 億元）才達成整治目標。共抽出約 8.182×10^6 立方公尺之地下水，去除之揮發性有機物約為 225 公斤。整治後 1,1-二氯乙烯濃度由 0.120 mg/L 降至 0.006 mg/L。（資料來源：行政院環保署「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之調查、驗證作業及整治工作等技術參考手冊建置計畫」彙整）

(二) 案例二

國內某一場址位於台灣北部某工業區內土壤及部分區域地下水遭受四氯乙烯污染。依據地質鑽探資料顯示，該場址位於由河川沉積物形成之土層，由地表至深約 150 公尺由砂層及黏土層交錯而成，包含多層含水層，經調查確認為第一含水層遭四氯乙烯污染，地下水位在地面下約 4 至 6 公尺之砂泥及黏土層中，其他深層含水層未受到污染。該場址針對污染源處之污染土壤直接採用土壤開挖清理方式，地下水污染帶採抽出處理方式，而場址內次要污染則採持續監測及自然降解。場址內地下水清理是由土壤氣體抽取、地下水抽氣、地下水抽出處理所組合而成，其中地下水抽除系統主要是以抽出處理為主，抽氣及注氣為輔；在土壤污染源周邊區域及地下水流向下游，場址內佈置數口抽水井，以阻絕含四氯乙烯污染物擴散至場址外下游地區，並配合曝氣系統進行抽出水廢水處理，廢水處理後回收，用於場址內冷卻及消防用水使用，部分則放流。地下水清理期程為民國 90 年至 95 年，共計自地下水中清出含四氯乙烯污染物約 610 公斤。依據地下水質監測資料結果顯示，地下水中污染濃度皆已低於清理目標值(0.05 mg/L)。（資料來源：行政院環保署「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之調查、驗證作業及整治工作等技術參考手冊建置計畫」彙整）

7.1.3.3 現地化學氧化法

一、基本原理說明

現地化學氧化法(In-Situ Chemical Oxidation, ISCO)係將化學氧化劑注入土壤或地下水污染層中，利用氧化反應將污染物礦化 (Mineralization) 成二氧化碳及水或分解為無害性、低危害性物質的方法。ISCO之特點為可於短時間內處理有機污染物，但易因地質不均質、土壤吸附及氧化劑與污染物之接觸不完全而可能影響整治成效，而有污染物濃度回復(Rebound)之效應，且土壤中若含有大量的其他有機質，亦可能會消耗化學藥劑。

現地化學氧化法可處理三氯乙烯、四氯乙烯、二氯乙烯、多環芳香族碳氫化合物、苯、甲苯、二甲苯、乙苯，以及其他有機化合物，非常適用於本場址污染物。影響此法適用性與處理成效之主要因素，包括氧化劑與關切污染物是否會產生化學反應、氧化劑是否能接觸到污染物、以及氧化劑的持久性(oxidant persistence)，亦即氧化物與污染物可發生反應的時間。

常用之氧化劑包含過氧化氫(H_2O_2 或 Fenton 試劑應用)、高錳酸鹽(Permanganate, MnO_4^-)、過硫酸鹽(Persulfate, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)與臭氧(O_3)等四種，其基本資料整理如表 7.1-10，各類氧化劑之反應速度與傳輸距離比較如表 7.1-11。其中過氧化氫及臭氧與含水層中之物質接觸約在數分鐘到數小時即完全分解，過硫酸鹽則可維持數天到數週，而高錳酸鹽分解之速度最慢，效期可超過3個月以上，由於其在地下水中的反應速度與消耗較慢，故在地下水中的傳輸距離較遠，但會生成二氧化錳副產物時，則可能阻塞土壤孔隙。

二、氧化劑選擇

經查詢相關文獻及考量本場址水文地質滲透性不佳之特性，過氧化氫及臭氧反應快與污染物接觸前即有可能與其他物質反應完畢，高錳酸鹽易產生副產物使本場址黏土、粉土地質易阻塞，因此過硫酸鹽為較適合本場址之氧化劑。而過硫酸鹽可視污染物種類不活化直接使用，例如 BTEX，若污染物為含氯烷類則建議活化(如圖 7.1-5 所示)，可搭配多種活化方式(如圖 7.1-6 所示)。以本場址污染物為例，在污染物僅有苯、甲苯或氯苯的區域，可直接使用過硫酸鹽溶液不活化，在污染物含有 1,2-二氯乙烷或二氯甲烷區域則建議活化，並考量本場址地質滲透性低，由圖 7.1-5 過硫酸鹽活化方式評估流程，使用鹼活化較為合適。

表 7.1-10 ISCO 法常用氧化劑之基本資料

氧化劑種類	型式	反應物種	持久性
過氧化氫 (H_2O_2)	液態	$\cdot\text{OH}$	數分鐘～數小時
高錳酸鹽 (Permanganate)	粉狀/液態	MnO_4^-	超過 3 個月
過硫酸鹽 (Persulfate)	粉狀/液態	$\text{SO}_4^{\cdot-}$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$	數小時～數週
臭氧 (Ozone)	氣體	O_3 、 $\cdot\text{OH}$	數分鐘～數小時

註：摘錄整理自 USEPA, Engineering Issue, *In-Situ Chemical Oxidation*, EPA 600-R-06-072, 2006.

表 7.1-11 常用氧化劑的反應速度與傳輸距離之比較

應用特性 氧化劑種類	反應速度	分解半衰期 (最快~最慢)	地下水流速 0.5 m/day 氧化劑之移動距離
過氧化氫	6~12 小時	10 小時~5 天	1.2~12.5 m
高錳酸鹽	1~3 天	50~500 天	125~1,250 m
過硫酸鹽	2~7 天	17~50 天	42.5~125 m
臭氧	1~2 小時	10~50 天	依氣體流率而定

註：摘錄整理自 AFCEE Technology Transfer Workshop, *In Situ Chemical Oxidation: Performance, Practice, and Pitfalls*, February, 2003.

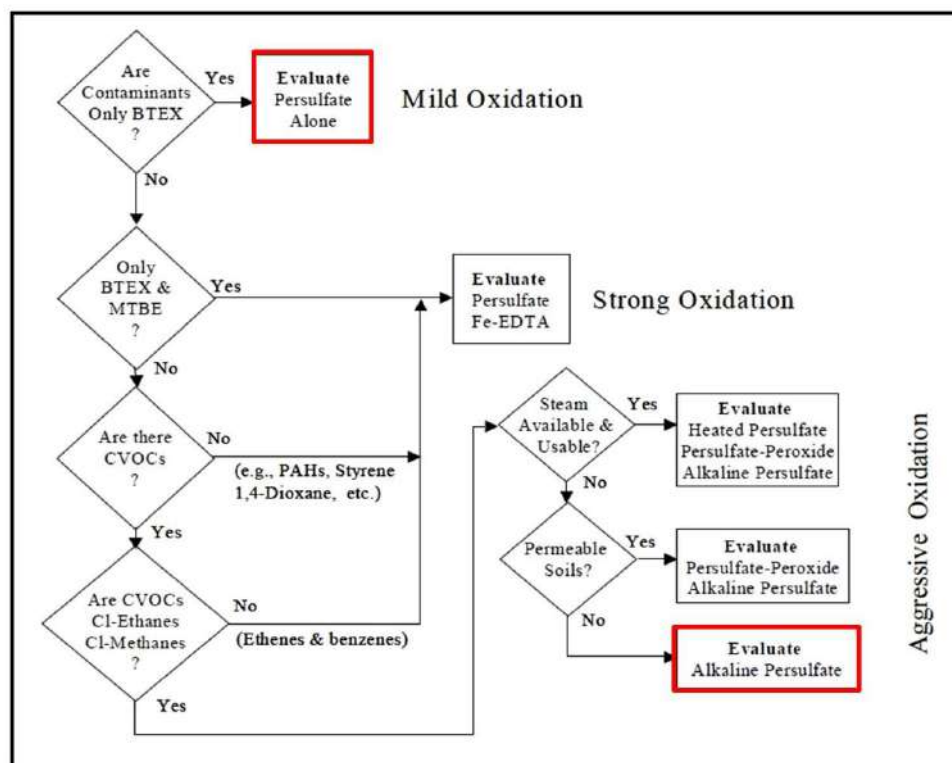


圖 7.1-5 ISCO 過硫酸鹽活化方式評估流程

Contaminant	Activator	Fe Chelate	Alkaline	Hydrogen Peroxide	Heat
Chlorinated Solvents					
Tetrachloroethene (PCE)		✓	✓	✓	✓
Trichloroethene (TCE)		✓	✓	✓	✓
Dichloroethene (<i>cis</i> and <i>trans</i> DCE)		✓	✓	✓	✓
Trichloroethane (TCA)		○	✓	✓	✓
Dichloroethane (DCA)		○	✓	■	✓
Carbon tetrachloride		○	✓	✓	✓
Chloroethane		○	■	■	✓
Chloroform		○	✓	✓	✓
Chloromethane		○	■	■	✓
Chlorotoluene		■	■	■	✓
Methylene chloride		○	✓	✓	✓
Vinyl chloride		✓	✓	✓	✓
Dichloropropane		○	■	■	✓
Dichloropropene		○	■	■	✓
Hexachlorobutadiene		○	■	■	✓
Tetrachloroethane		○	■	✓	■
Trichloropropane		○	■	■	✓
BTEX					
Benzene		✓	✓	✓	✓
Toluene		✓	✓	✓	✓
Ethylbenzene		✓	✓	✓	✓
Xylenes		✓	✓	✓	✓
Chlorobenzenes					
Chlorobenzene		✓	✓	■	✓
Dichlorobenzene		✓	✓	■	✓
Trichlorobenzene		○	✓	■	✓
Phenols					
Phenol		■	■	■	✓

註：✓ 表建議使用，有實場案例；■ 表建議使用，無實場案例；○ 表不建議使用

摘錄自 Activator Selection Guide from FMC and Klorur are trademarks of the FMC Corporation.

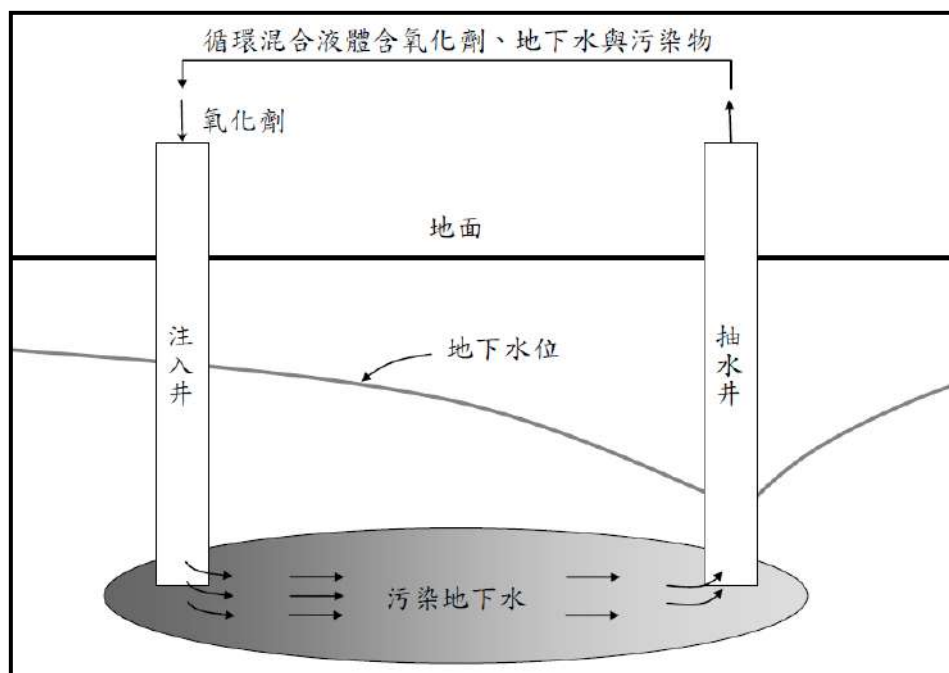
圖 7.1-6 ISCO 過硫酸鹽活化方式建議

三、應用限制及考量重點

應用 ISCO 時，須充分評估氧化劑或活化劑濃度、pH、注入井有效半徑、注入次數與施加壓力等施作工法操作參數，並且加強氧化劑與污染物之充分接觸，彙整國外應用經驗影響 ISCO 整治成效與效率的限制因素及本場址實施重點對應方式如表 7.1-12。

表 7.1-12 本場址現地化學氧化法應用執行方式

項次	應用限制及考量重點	本場址執行方式
1	在低滲透性土壤層中氧化劑的流動性較低。	以抽水來促進氧化劑循環，增加氧化劑傳輸距離與影響半徑，如圖 7.1-7。
2	氧化劑會優先在導水性較好的區域流動，以致氧化劑可能無法有效與低滲透性污染區的污染物反應。	● 整治井依污染深度及地質分層開篩。 ● 以抽水進行水力控制引導氧化劑傳輸流向。
3	由於氧化劑的反應速率很快，且有背景氧化劑需求量的因素，需要較大量的氧化劑量。	● 使用反應速率中等之過硫酸鹽 ● 採用分批且低濃度藥劑灌注可減少背景物質消耗氧化劑。



註：摘錄自 USEPA, A Citizen's Guide to Chemical Oxidation, April 2001

圖 7.1-7 ISCO 搭配抽水處理操作示意圖

此外，除可直接於污染源區灌注氧化劑積極整治外，對於低濃度污染邊界或污染源區下游則可以現地化學氧化反應牆攔阻污染物持續往下游擴散，在地面下放置以石蠟包覆氧化劑之緩釋化學氧化棒，氧化劑透過孔隙利用分子擴散作（Diffusion）緩慢釋放於環境中，進而達到延長氧化劑釋放的時間、控制氧化劑於環境中的濃度及增加氧化劑的使用效率等作用，達到攔截污染物及主動破壞污染物之目的，並且可用於不同土質組成之地質。緩釋化學氧化棒攔阻污染物示意圖如圖 7.1-8。

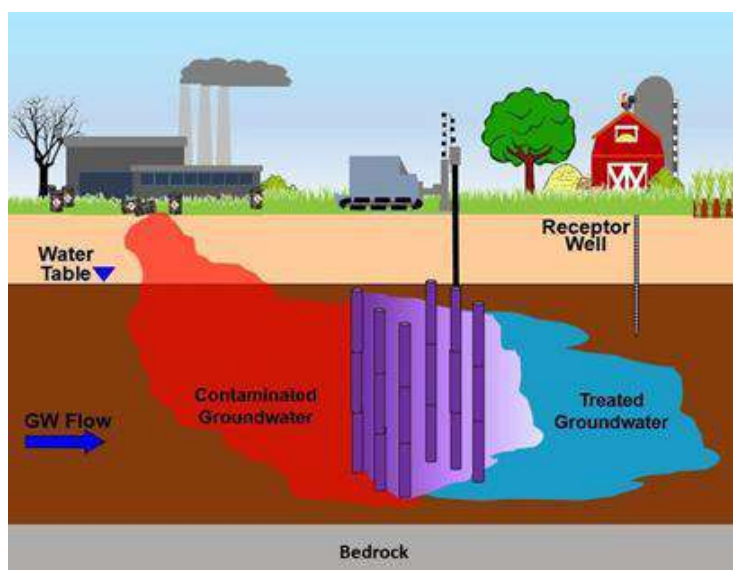
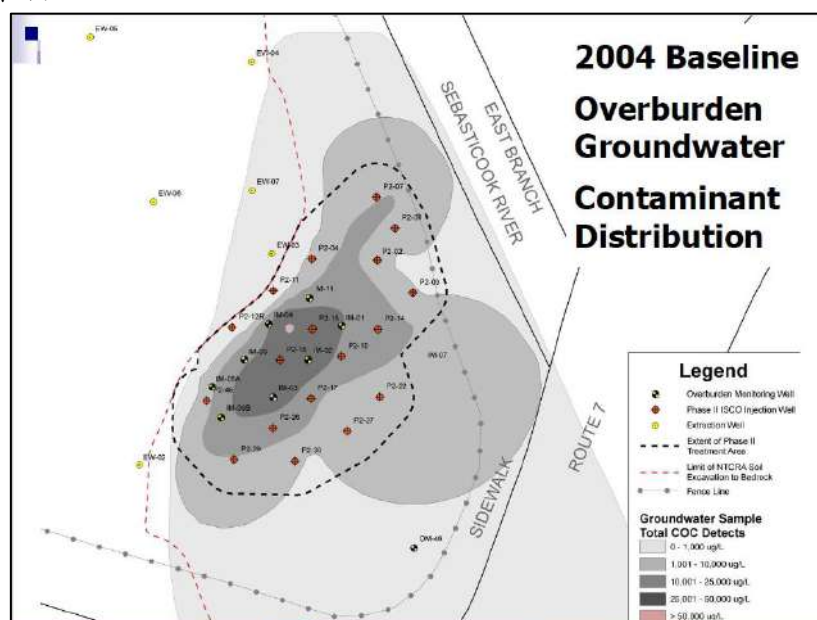


圖 7.1-8 緩釋化學氧化棒攔阻污染物示意圖

四、案例介紹

(一) 案例一

澳洲某一污染場址遭受氯苯類及石油碳氫化合物污染，地下水氯苯濃度達 14~16 mg/L，另有二氯苯及三氯苯濃度 <12 mg/L，污染團累積於岩床上方，該場址於 2005~2007 年分批於高污染區，灌注以檸檬酸鐵活化之過硫酸鹽 1%，並於低污染區搭配抽水加強藥劑傳輸，注藥井及抽水井分布如圖 7.1-9。估算至 2006 年共移除地下水中 51% 之 VOCs 及土壤中 73% 之 VOCs，至 2007 年地下水氯苯濃度降至 0.2~0.4 mg/L，二氯苯及三氯苯濃度降至 <1.8 mg/L，可有效去於有機污染物。

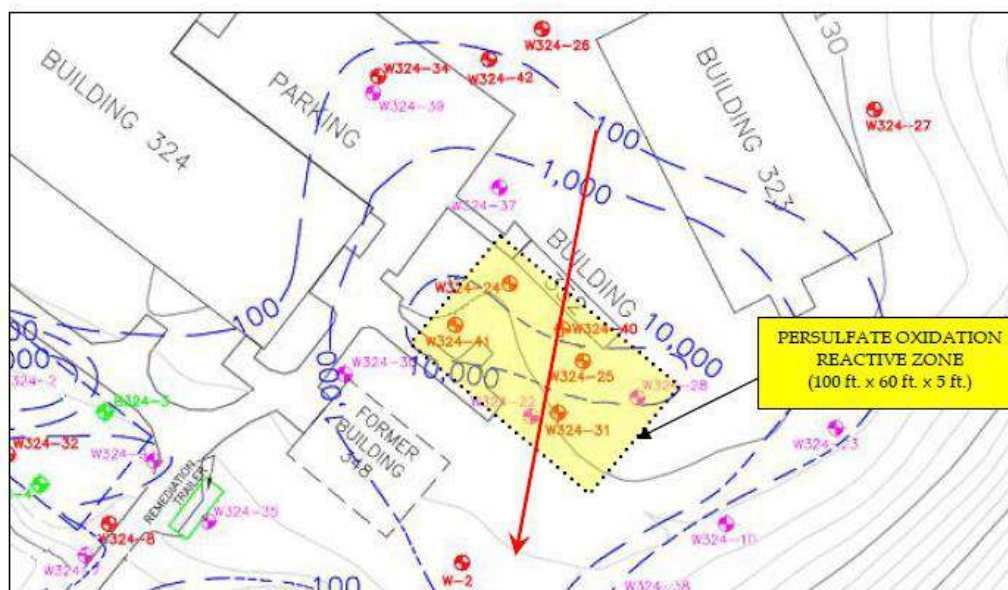


註：資料來源 The 6th International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, CA May 19-22, 2008

圖 7.1-9 國外某場址化學氧化整治之注藥及抽水井位

(二) 案例二

美國某一軍事生產及研究基地因儲槽漏油導致土壤地下水遭受石油碳氫化合物及 BTEX 污染，土壤質地為粉砂質砂夾雜卵礫石，屬透水性佳地質，注藥前苯濃度 4.6 mg/L、甲苯濃度 7.1 mg/L、乙苯濃度 1.8 mg/L 及二甲苯濃度 8 mg/L，使用氧化劑過硫酸鹽加過氧化氫混合物，並添加活化劑，共使用約 2,370 公斤過硫酸鹽、約 1,000 mg/L 過氧化氫及約 440 公斤活化劑，監測井及污染分布圖如圖 7.1-10，注藥後 30 天 7 口監測井其中 5 口 BTEX 減少約 88~99%，注藥後 100 天 6 口監測井之污染濃度維持與注藥後 30 天之濃度大致相同。

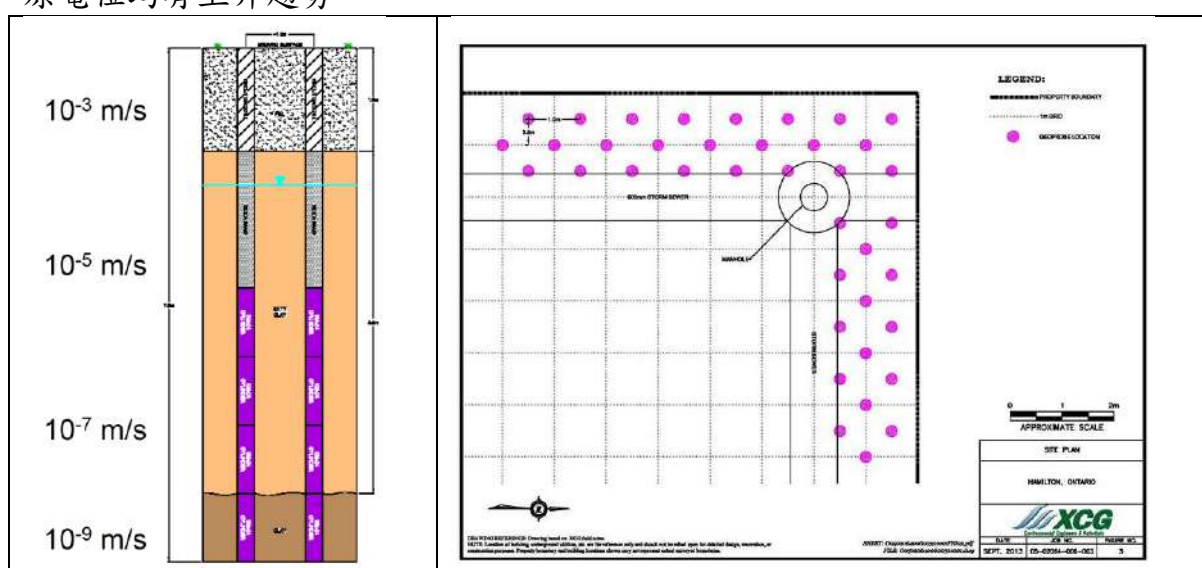


註：資料來源 Specialty Earth Sciences, LLC

圖 7.1-10 國外某場址化學氧化整治之污染分布及監測井井位

(三) 案例三

加拿大某一工業場址地下水遭受四氯乙烯及三氯乙烯污染，並因自然衰減產生二氯乙烯及氯乙烯，地質由上至下由砂質土壤逐漸變為黏土，水力傳導係數介於 10^{-9} m/s~ 10^{-5} m/s，於場址下游邊界設置三排緩釋化學氧化棒，同一排設置間距為 1 公尺，與鄰排間距 0.5 公尺，氧化棒設置分布如圖 7.1-11。設置 8 個月後監測三氯乙烯濃度由 4.6 mg/L 降為 0.7 mg/L，並觀察到導電度及氧化還原電位均有上升趨勢。



註：資料來源 Field Application of Passive Treatment of Chlorinated Solvents using Novel Sustained-Release Oxidant Technologies. By XCG Consulting Ltd.& Carus Corporation

圖 7.1-11 國外某場址緩釋化學氧化棒設置分布圖

7.1.3.4 現地生物處理法

一、基本原理說明

現地生物處理 (In-situ Bioremediation) 是一種以自然程序來清除環境中有害化學物質的方法，藉由微生物降解過程去除或降低污染物的毒性，或轉成無毒性的型態如水、無害氣體與二氧化碳等，以達到整治之成果。整治時主要以異營菌為降解有機污染物之菌種，藉由人為額外添加生物製劑、營養鹽、碳源（共代謝）及營造合適之微生物生長環境（pH、好氧或厭氧環境），均須依場址現況及整治目標逐漸調整，並持續觀察、評估與調整。目前國內外在生物整治技術之選擇上，已趨向於經費節省、高處理效率及技術整合之方向發展，而就恢復污染場址土地原有使用用途而言，生物整治技術其破壞性較低，並具有有效處理及經費較低等優勢，唯所需之時間可能較長，且亦須監測降解過程污染物副產物之生成及其宿命。

由實驗室研究與實場DNAPL整治案例，一般含氯數較高之有機污染物（如四氯乙烯）須以厭氧方式才能加以脫氯、降解為乙烯甚至乙烷，再礦化至二氧化碳，厭氧代謝過程中常因污染物含氯量逐漸減少，使得還原傾向亦逐漸減小，導致脫氯速度降低，因脫氯不完全而造成中間產物累積之現象，甚至產生毒性更強之中間產物（如氯乙烯）。而含3個氯以下之有機污染物除厭氧脫氯外，另可經由好氧方式被降解，包括直接氧化及好氧共代謝機制。

在大部分的厭氧狀況下，還原脫氯作用都會發生，以甲烷生成菌及硫酸根還原菌為較具代表性菌株（韓，2007），降解過程中氫是相當重要的電子供給者，可經由有機物（氫釋放劑，HRC）發酵產生。在直接還原脫氯反應中，微生物直接利用三氯乙烯和氯乙烯作為電子接受者；在共代謝還原脫氯反應中，微生物利用其他物質作為電子接受者，如甲醇、有機酸、糖蜜（Cane molasses）及植物油等有機物。當含氯有機物在環境中濃度過低或不易分解時，對現地微生物而言，不易當成直接碳源或能源供給者，必須藉由共代謝降解。

本場址主要污染物氯苯可在厭氧及好氧的環境下進行生物代謝降解。其中，在厭氧條件下於地下水或土壤中，氯苯主要轉換機制為還原性脫氯作用 (Reductive dechlorination)，其最終轉換至苯。而好氧生物降解則是先破壞苯環的結構，且較適合用來降解含氯數少的氯苯，因為苯環上有較多的位置，可供雙氧氧化酵素作用，形成雙基苯酚後再進行破環，詳述如下說明。

(一) 氯苯厭氧生物分解

含氯數越高的氯苯越適合以厭氧方式降解，以氯苯做為電子接受者還原脫氯，從六氯苯脫氯的 $\Delta G^\circ = -171.4 \text{ kJ/mol}$ 到一氯苯的 $\Delta G^\circ = -139.6 \text{ kJ/mol}$ ，可看出不同氯數的氯苯的脫氯潛勢(Dolfing and Harrison, 1922)。以六氯苯為例（如圖 7.1-12），因為苯環上接了較多的氯原子，此時苯環處於高度氧化態，就容易得到氫所釋出的電子而還原脫氯。六氯苯會依序被脫氯成五氯苯、1,2,3,5-四氯苯或 1,2,4,5-四氯苯、1,3,5-三氯苯或 1,2,4-三氯苯、1,3-二氯苯或 1,4-二氯苯、脫氯最後到一氯苯。但從高氯數到低氯數脫氯的速率會越來越慢，一氯苯在厭氧環境下甚至不易再被分解，而累積在環境中造成二次污染，此時低氯數的氯苯較適合以好氧生物處理(Field and Reyes, 2008)。

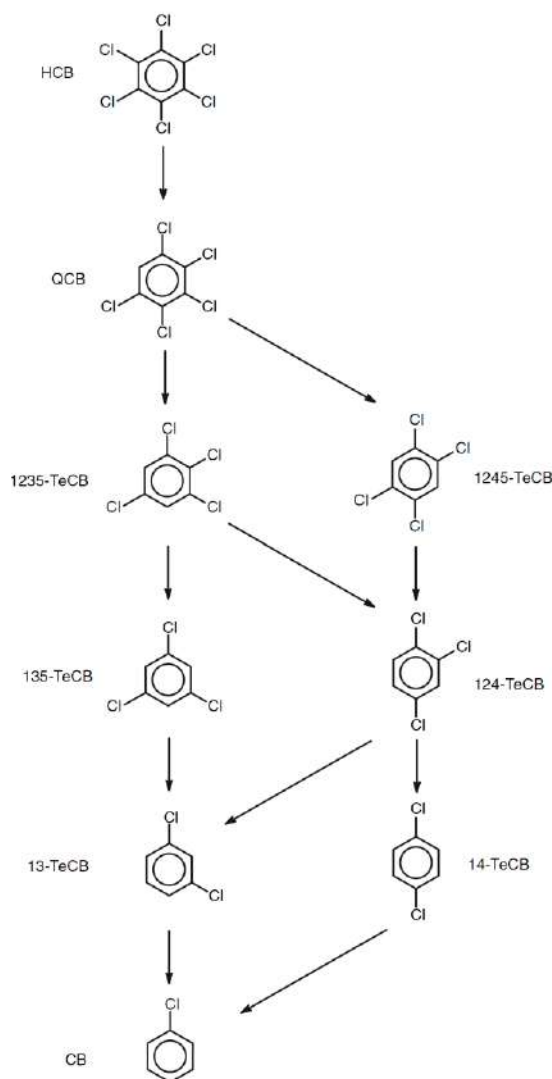


圖 7.1-12 六氯苯厭氧還原脫氯途徑

(二) 氯苯好氧生物分解

有別於厭氧生物降解是先脫氯，好氧生物降解則是先破壞苯環的結構，且較適合用來降解含氯數少的氯苯，因為苯環上有較多的位置，可供雙氧氧化酵素作用，形成雙基苯酚後再進而破環。一氯苯到六氯苯降解的自由能 ΔG° 各別是 -3,014.5 kJ/mol ~ -2,130.95 kJ/mol (Dolflng and Harrison, 1992)。

好氧生物降解的途徑，以一氯苯為例（如圖 7.1-13），先以雙氧氧化酵素將一氯苯氧化成氯化雙基苯酚，氯苯被氧化成氯化雙基苯酚後，主要是以鄰苯二酚 1,2 雙氧氧化酵素進行鄰位破環形成氯化雙酸，再進一步地被分解礦化。而過去的研究顯示，氯化雙基苯酚若是以鄰苯二酚 2,3 雙氧氧化酵素進行間位破環是不可行的，因為間位破環會產生有毒的鹽氯，它會抑制雙基苯酚雙氧氧化酵素的活性，使降解途徑停滯在氯化雙基苯酚而造成氯化雙基苯酚的累積，導致微生物性的衰退 (Klecka and Gibson, 1981; Bartels et al., 1984)。之後有研究發現，*Pseudomonads. Putida* GJ31 可以對氯化雙基苯酚進行間位破環卻能抵抗自殺性的抑制效應，這株菌可以不經過產生鹽氯的階段，直接將氯化雙基苯酚以 2,3-雙氧氧化酵素進行間位破環形成 2-羥基雙酸，最後再被分解礦化 (Mars et al., 1997)。

水中溶氧通常是氯苯好氧分解關鍵的限制條件，即使微生物所需的營養鹽或碳源充足，若溶氧不夠也無法進行好氧生物分解，研究顯示分解每 mol 的氯苯需要 5~13 mol 的氧氣。常以添加過氧化氫的方式作為水中溶氧來源，在一開始添加 2.94 mM 的過氧化氫(約 100 mg/L)進入地下水試驗場的進流水中，可以釋放濃度 1.47 mM (約 47 mg/L) 的溶氧進入水中。添加 0.88 mM 過氧化氫(約 30 mg/L)幾乎可以完全分解 150 μ M 的氯苯(約 16.88 mg/L)，但當添加的過氧化氫減少至 0.44 mM 時，氯苯的分解會失去作用，且之後若要完全分解 150 μ M 的氯苯，則要添加濃度超過 0.88 mM 的過氧化氫，顯示水中的菌相可能已經改變 (Vogt et al., 2004)。

然而過氧化氫為一強氧化劑，若添加濃度過高將導致微生物無法生長，某研究以土壤管柱實驗探討添加不同濃度過氧化氫作為氧氣來源對污染物好氧生物降解成效及微生物生長影響，分別加入低、中、高濃度之過氧化氫(0.1、10、500 mg/L)，實驗結果顯示使用 500 mg/L 過氧化氫之管柱中，過氧化酶、過氧化氫酶及菌落數遠大於其他管柱，表示添加 500 mg/L 過氧化氫於土壤及地下水中有幫助於

微生物生長。惟500 mg/L過氧化氫易產生較多氣體阻礙進流且會造成土壤孔隙阻塞，應用於現地整治時應考量此項因素。(Fiorenza and CH Ward, 1997)

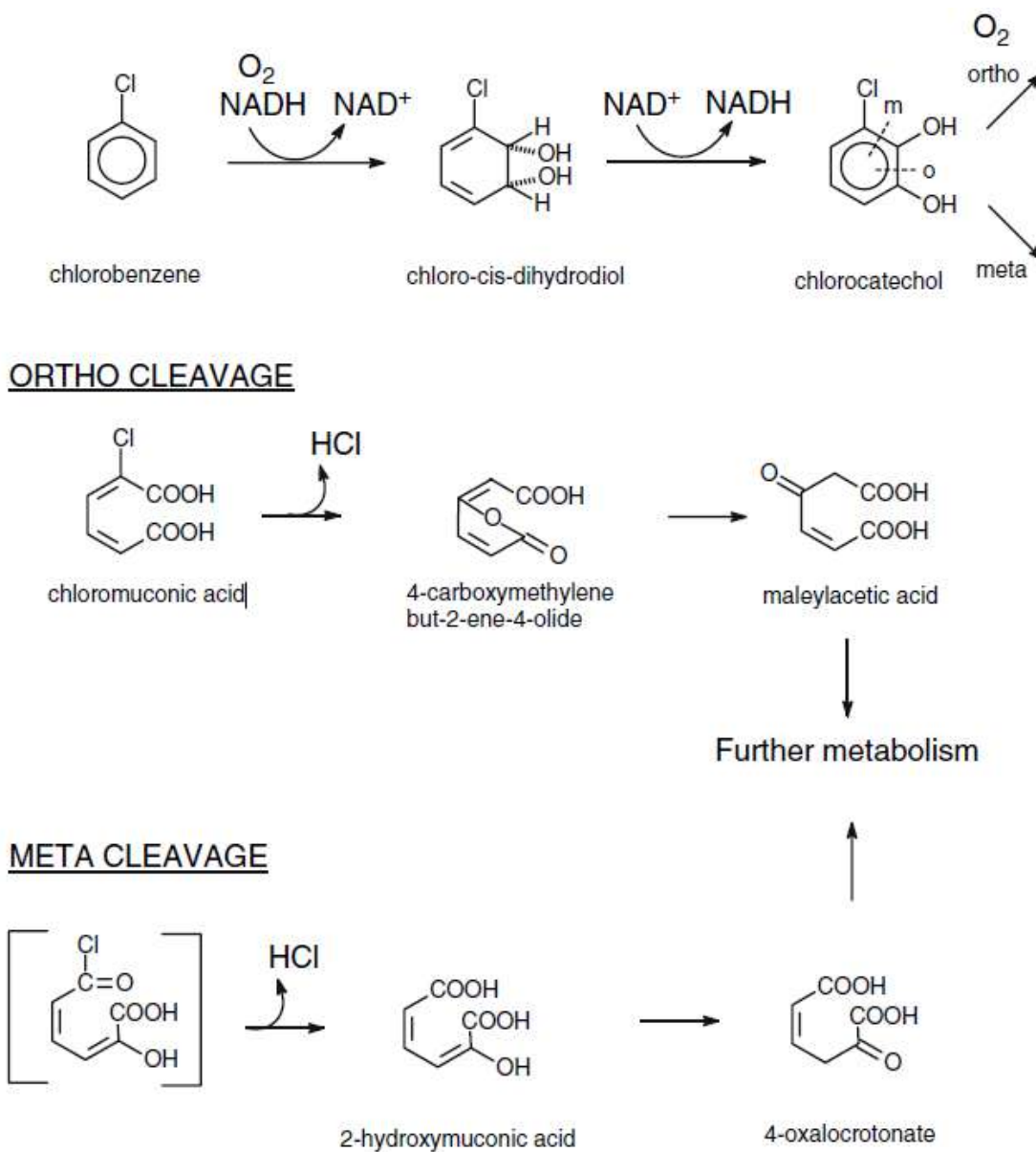


圖 7.1-13 氯苯好氧降解途徑

二、生物處理方法

污染場址的整治適合採用何種生物處理法主要視地下環境、微生物組成、最終電子接受者、微生物生長元素而定，大致有以下四種，茲說明如下。

(一) 添加微生物

一般生物處理的過程中會於整治系統添加對污染物具特別分解能力的菌株或族群，而此特定的菌株或族群，可能是購自商業化的生物製劑或是取自該污染場址的菌株加以馴養、分離、鑑定及再增殖。操作系統可依據污染物的特性維持在好氧或厭氧條件下，且添加的微生物須與環境因子的調整配合之，以提高所加入微生物的活性，以提高反應速率。

(二) 添加營養鹽

添加地下水體中缺乏但卻又是微生物生長所必須的營養鹽，以維持整治系統在好氧或厭氧條件的分解效率。維持適當的營養鹽濃度是維持或提高分解速率的另一關鍵，且厭氧處理系統的營養鹽需求與好氧系統並不相同，如厭氧系統對氮、磷的需求量較低，但對一些經常被忽視的微量物質(例如 Co、Mo、Ni、Fe 等)的需求卻頗為敏感。

(三) 添加電子提供者

在好氧的處理系統又可分為好氧氧化作用及好氧共代謝氧化作用，好氧直接氧化作用是微生物利用污染物同時作為電子供給者和主要生長基質，電子由污染物傳遞至電子接受者，例如本場址污染物氯苯、苯、甲苯等為電子提供者，此時的電子接受者為氧；好氧共代謝氧化作用是微生物在代謝其他物質的過程中，產生另一種酵素，由於該酵素並無選擇性，亦可同時氧化目標污染物，例如本場址污染物二氯乙烷。

(四) 添加電子接受者

在生物處理法中，通常添加氧、空氣或釋氧劑如過氧化氫、過氧化鈣及臭氧等物質，以進行好氧的生物分解。例如去除 TCE 時，添加氧及過氧化氫做為電子接受者，並添加甲苯為電子供給者，進行共代謝分解。此部分與添加電子供應者的考量一樣，電子接受者的供應量、供應方式與改善關切污染物對電子競爭力的環境條件等，就整治而言是主要的關鍵因子，例如厭氧還原脫氯中，若有多重電子接受者，則污染物競爭此電子的比例將受影響。

三、應用限制及考量重點

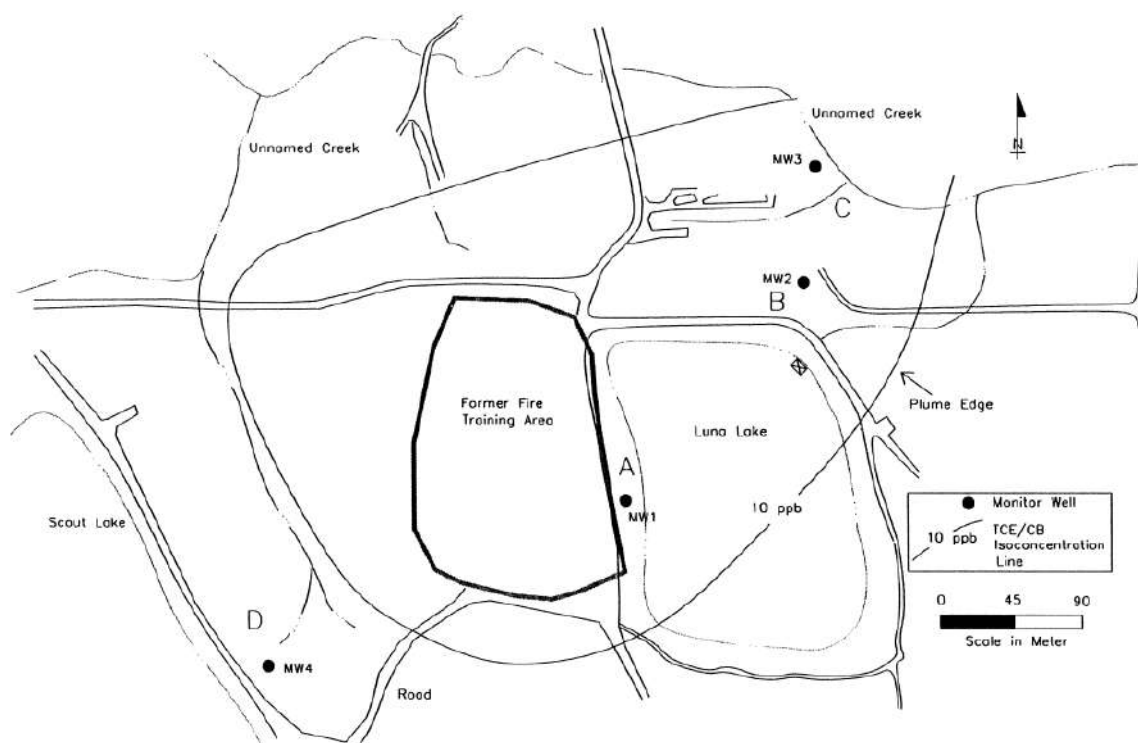
生物處理相較於傳統的處理方法有許多優點存在，包括可在現地進行、費用較低、對場址擾動較小、可分解污染物而非做相的轉移、無需負清運受污染介質之責任、大眾接受度較高並且可與其他物理或化學的處理技術結合。但應用於DNAPL之整治上，則其主要限制為僅可處理溶解相之DNAPL，生物處理整治成效與效率的限制因素及本場址實施重點對應方式如表 7.1-13。

表 7.1-13 本場址現地生物處理應用執行方式

項次	應用限制及考量重點	本場址執行方式
1	由於微生物的生長及沉積物將會導致注入井或滲透溝渠的阻塞。	若注入井發生阻塞則執行洗井作業。
2	復育情形將只發生在含水層中較具滲透性的區域或溝渠中。	● 整治井依污染深度及地質分層開篩。 ● 以抽水進行水力控制引導藥劑傳輸流向。
3	在低滲透性的含水層中進行是較困難的($<10^{-4}$ cm/sec)。	
4	可能需要持續的監測及維護保養。	安排專人每日巡視及調整注藥井。
5	營養鹽添加可能危害鄰近區域的水體水質。	視微生物生長狀況，如需添加營養鹽僅會添加適量之碳、氮、磷，避免添加過多導致影響鄰近區域水體。

四、案例介紹

國外某一消防訓練場同時受三氯乙烯及氯苯污染地下水，該場址土壤地質主要由砂、礫石、粉土及黏土組成，水力傳導係數約 10^{-2} cm/sec，水力坡降約 0.017 m/m，地下水流速約 0.8 m/day。場址調查結果顯示，自然生物降解確實於場址中發生，造成三氯乙烯及氯苯之濃度下降，三氯乙烯濃度自上游 5.5 mg/L(MW1)往下游遞減至 0.025 mg/L(MW3)，氯苯濃度自上游 3.11 mg/L(MW1)往下游遞減至 0.28 mg/L(MW3)。分析現地微生物在高污染區及中污染區之優勢菌為厭氧菌，而在下游則為好氧菌，污染分布及井位圖如圖 7.1-14。



註：資料來源”Intrinsic bioremediation of trichloroethylene and chlorobenzene: field and laboratory Studies”, Journal of Hazardous Materials B69(1999).

圖 7.1-14 國外某場址之三氯乙烯及氯苯污染分布及監測井井位

7.2 整治方法細部規劃

7.2.1 整治方法執行流程與處理區域劃分

由本場址特徵及 7.1.2 節之可行整治方法篩選結果，考量本場址污染物種類眾多、部分區域污染程度高、地質條件不佳且變化大，加上污染範圍大且仍為運作中工廠，整治受限制區域較多，本計畫採用分區整治策略，採用之污染整治方法包括開挖法、純相抽除、化學氧化抽注系統及好氧生物處整治，主要藉由前期整治結果與既有整治系統，規劃調整整治設備需求、整治井密度、藥劑種類（化學或生物）、量與濃度，並可做為調整工法之依據。本計畫整治方法執行流程如圖 7.2-1 所示，主要包括高污染區與中低污染區整治，整治期間藉由定期監測及成效評估調整工法操作與改變工法，以達本計畫之整治目標。

依污染現況調整污染處理區域劃分如圖 7.2-2 所示，高污染區污染物種類多（含氯有機物、BTEX），且土壤及地下水均有污染之情形，主要位於場址內造粒廠、特化廠，污染面積約 633 平方公尺，其中位於特化廠房內洩漏區域尚有高濃度土壤污染殘留，**將先進行土壤開挖作業，先移除地下水位變化區間(約地表下 1~2 公尺)污染土壤，並於開挖範圍底部埋設水平注藥井，無法開挖深度採取現地整治，將先抽除(純相)高濃度之污染後，再搭配化學氧化法，以抽注整治方式加速藥劑傳輸與改善成效；**中低污染區位於高污染區下游區域，污染面積約 1,624 平方公尺，污染程度較低、污染物種類較單純（主要以氯苯為主），僅地下水有污染情形，依前期試驗結果生物處理能達到本計畫整治目標，且以好氧生物整治能加速污染改善成效，故後續將持續以好氧生物整治依序由 A 區至 C 區注藥，逐漸縮小污染範圍。

整治過程中如有整治成效不佳之情形，若地下水未達年度整治目標，優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；**若土壤未達年度整治目標，將搭配界面活性劑沖排，加速將殘留於土壤中污染物移除，**另如在整治期間有發現其他污染源區，或有局部區域範圍調整，則依上述流程處理。

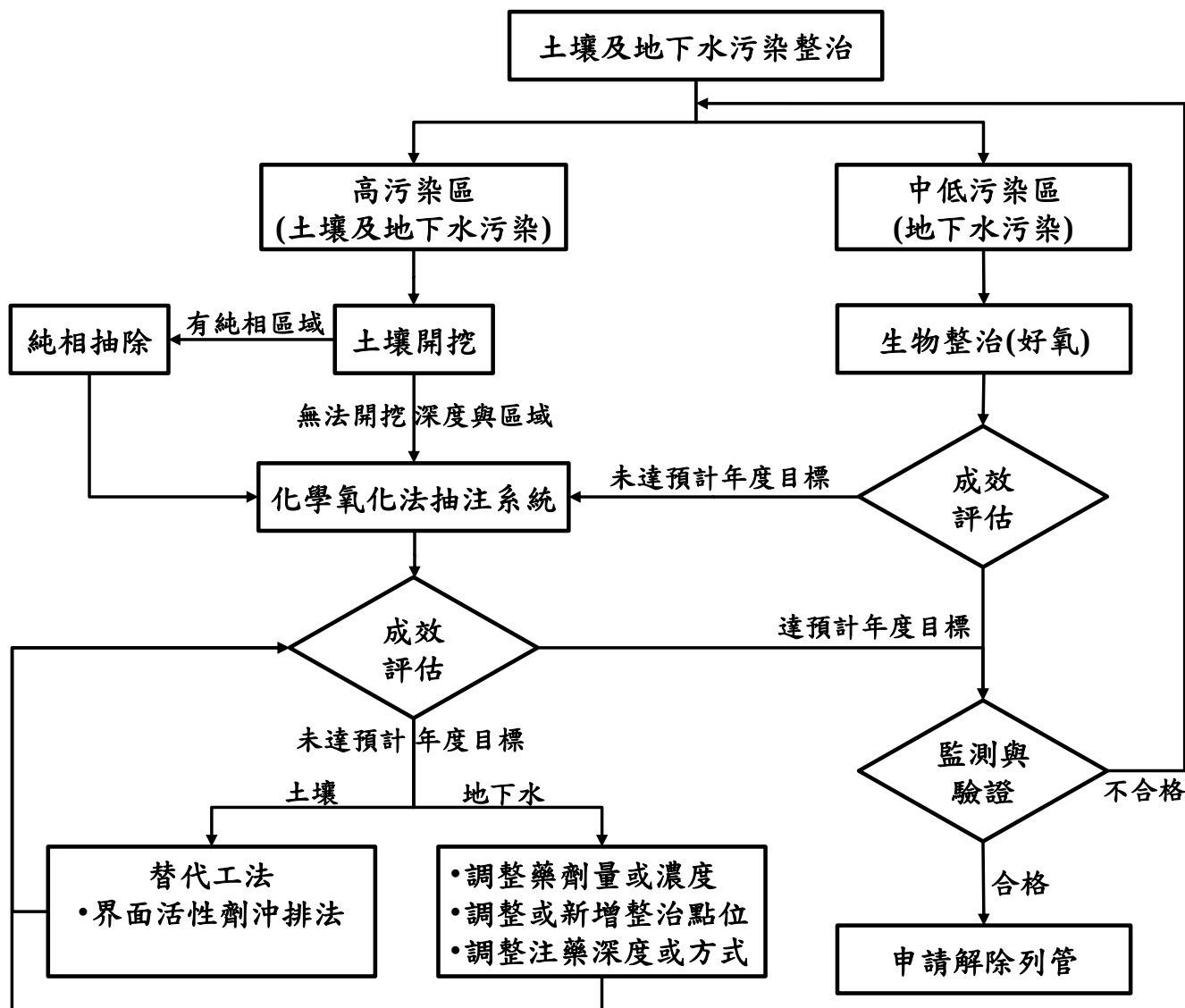


圖 7.2-1 整治方法執行流程

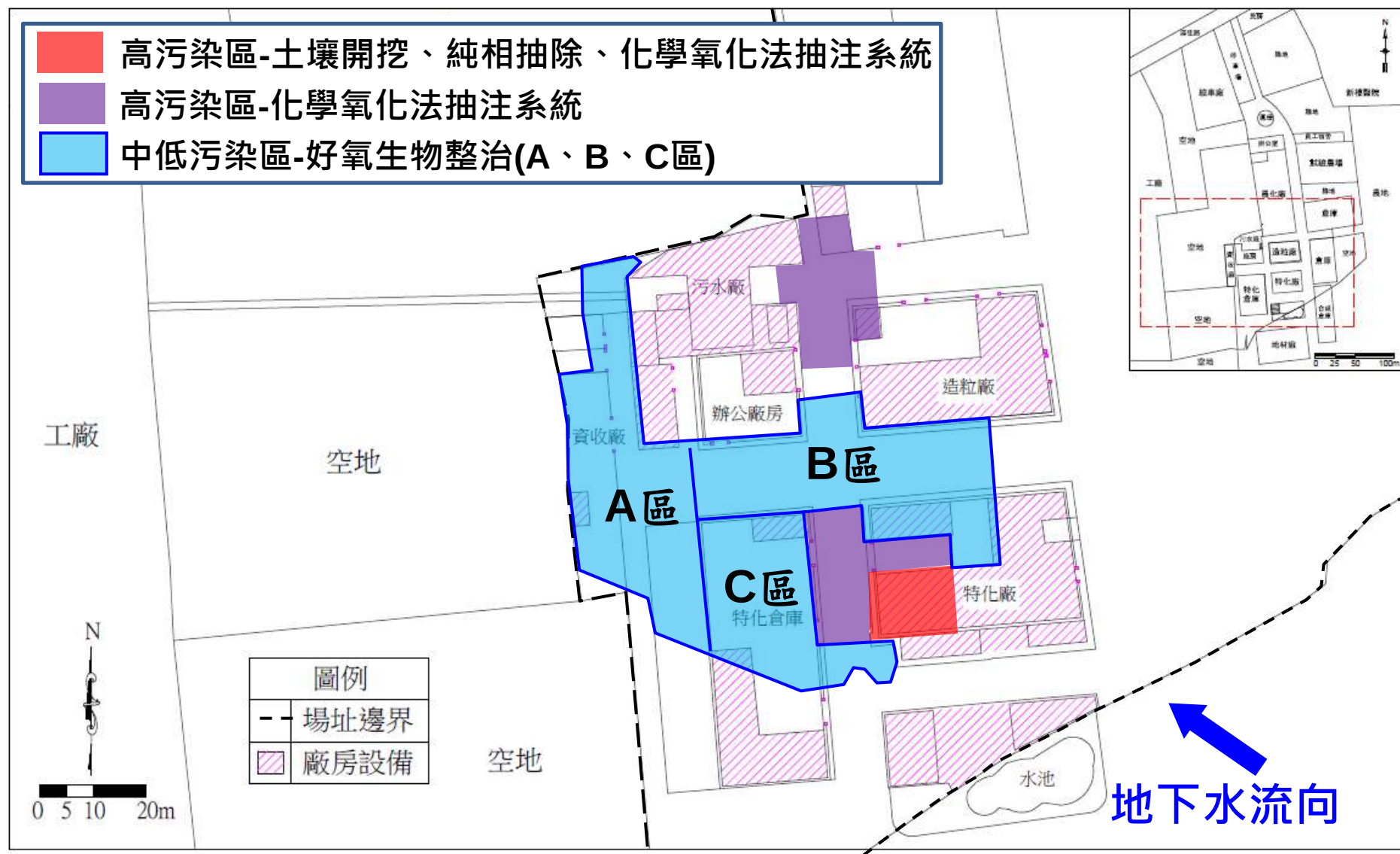


圖 7.2-2 本場址污染處理區域劃分

7.2.2 處理土方量及污染地下水量估算

由 111 年補充調查結果(如圖 5.2-6~圖 5.2-8 與圖 5.2-10~圖 5.2-12)推估本場址土壤及地下水污染範圍與數量，估算土壤污染面積約 489 平方公尺、污染土方量約 4,039 立方公尺，地下水污染面積約 2,257 平方公尺、污染地下水量約 6,987 立方公尺，推估計算如下。

一、 污染土壤量估算

(1) 污染面積估算

- 造粒廠約 141m^2
- 特化廠(地表下 1~4m) 約 226m^2
- 特化廠淺層約(地表下 4~8m) 約 316m^2
- 特化廠深層約(地表下 8~12m) 約 348m^2

(2) 污染土方量估算

- 造粒廠約 $141\text{ m}^2 \times 5\text{m}$ (地表下 7~12m)= 705m^3
- 特化廠淺層 $226\text{m}^2 \times 3\text{m}$ (地表下 1~4m)= 678m^3
- 特化廠淺層 $316\text{m}^2 \times 4\text{m}$ (地表下 4~8m)= $1,264\text{m}^3$
- 特化廠深層 $348\text{m}^2 \times 4\text{m}$ (地表下 8~12m)= $1,392\text{m}^3$
- 共計 $4,039\text{m}^3$
- 約 $4,635\text{m}^3 \times 2\text{ton}/\text{m}^3 = 8,078\text{ton}$ (含水時重量)

二、 污染地下水處理量估算

(1) 地下水污染範圍估算(地表下 1~4m) $\div 1,657\text{m}^2$

地下水污染範圍估算(地表下 4~8m) $\div 2,257\text{ m}^2$

地下水污染範圍估算(地表下 8~12m) $\div 867\text{ m}^2$

(2) 污染地下水數量估算： $(1,657\text{m}^2 \times 3\text{m} + 2,257\text{ m}^2 \times 4\text{m} + 867\text{ m}^2 \times 4\text{m}) \times 0.40$ (土壤總孔隙率) = $6,986.8\text{m}^3$

7.2.3 污染土壤開挖作業

污染洩漏區位於特化廠洗滌塔區域，該區設備因為要配合廠內生產作業，故先於周邊進行污染處理與控制，但於整治過程中殘留於該區污染物會持續滲出，導致污染處理成效較差。為能加速污染整治成效，本公司調整廠內生產作業，於民國 109 年拆除該區部分設備後，進行補充調查發現有高濃度土壤污染殘留，土壤污染深度從地表下 1 至 12 公尺，若以開挖排客土法將能快速移除污染土壤，但開挖區位於廠房內，擋土支撐會受高度限制，無法使用鋼板樁或連續壁擋土支撐，雖可用豎井開挖方式進行深開挖，但該法為邊挖邊做擋土支撐(先開挖再擋土)，較適合堅硬地質，本場址屬黏土質地，進行深開挖時側向土壓力會將黏土由豎井外底部擠入豎井內，會有地表沉陷及鄰房損壞之虞，故本計畫僅規劃進行淺開挖，將水位變化區間污染土壤移除，避免於整治過程中水位上升導致土壤殘留污染物持續滲出情形。土壤開挖、回填、污染土壤復育及二次污染防治規劃如下：

一、開挖與回填作業

本計畫預計開挖範圍如圖 7.2-3 所示，開挖面積約 105 平方公尺，開挖深度約至地表下 2~3 公尺，開挖區 RC 與級配厚度約 0.5 公尺，預估開挖土方量約 210 m^3 ，依土壤體積脹縮係數 1:1.3 計算，復育區土方量約為 273 立方公尺，開挖區土方平衡如表 7.2-1 所示。於開挖過程中以 FID 篩測(預計每 25 立方公尺進行 1 點 FID 篩測)，確認開挖底部與邊界污染狀況，但因開挖區域位於廠房內，廠房內地梁深度約於地表下約 1.2 公尺，開挖深度將依現場狀況評估，以建物安全為優先考量。開挖出之土方將依 FID 篩測結果運至現場土壤復育區(如圖 7.2-4 所示)分區堆置，FID 篩測值大於 300ppmV 堆置於高污染區，FID 篩測值小於 300ppmV 堆置於低污染區，完成淺層開挖作業後將於開挖區設置不同深度整治井，進行後續整治作業。

開挖區域因受限於建物高度，無法用鋼板樁進行擋土支撐，該區質地 5.9 公尺以上均為粉土質黏土(粉粒 55.4%，黏粒 43.6%)，評估可用短鋼軌加鐵板支撐，並採分區開挖方式，開挖至預定深度後立即回填乾淨無污染客土，客土回填前每 100 m^3 執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目、TPH 與八項重金屬，確保客土品質。

現場開挖與回填作業以非雨天作業為原則，開挖區地質以粉土質黏土為主，屬中、低滲透性地質，由過去相關實場經驗開挖後立即回填客土，開挖至地表下

3 公尺前不會有滲出水情形，但若開挖過程有滲出水時將進行開挖面抽水作業，以利後續開挖與回填，抽出之地下水將導入本場址污水廠處理後排放。本場址污水廠許可證登記之每日最大核准排放量為 500 立方公尺，目前工廠運作每日排水量約 170 立方公尺，而整治計抽水量約為每日 10~20 立方公尺，整治計畫抽水操作加上工廠用水約 200 立方公尺，尚有餘裕可供開挖面抽水用。若開挖及回填期間臨時遇有暴雨，將緊急以帆布覆蓋暫置土堆避免污染物逸散與擴散。

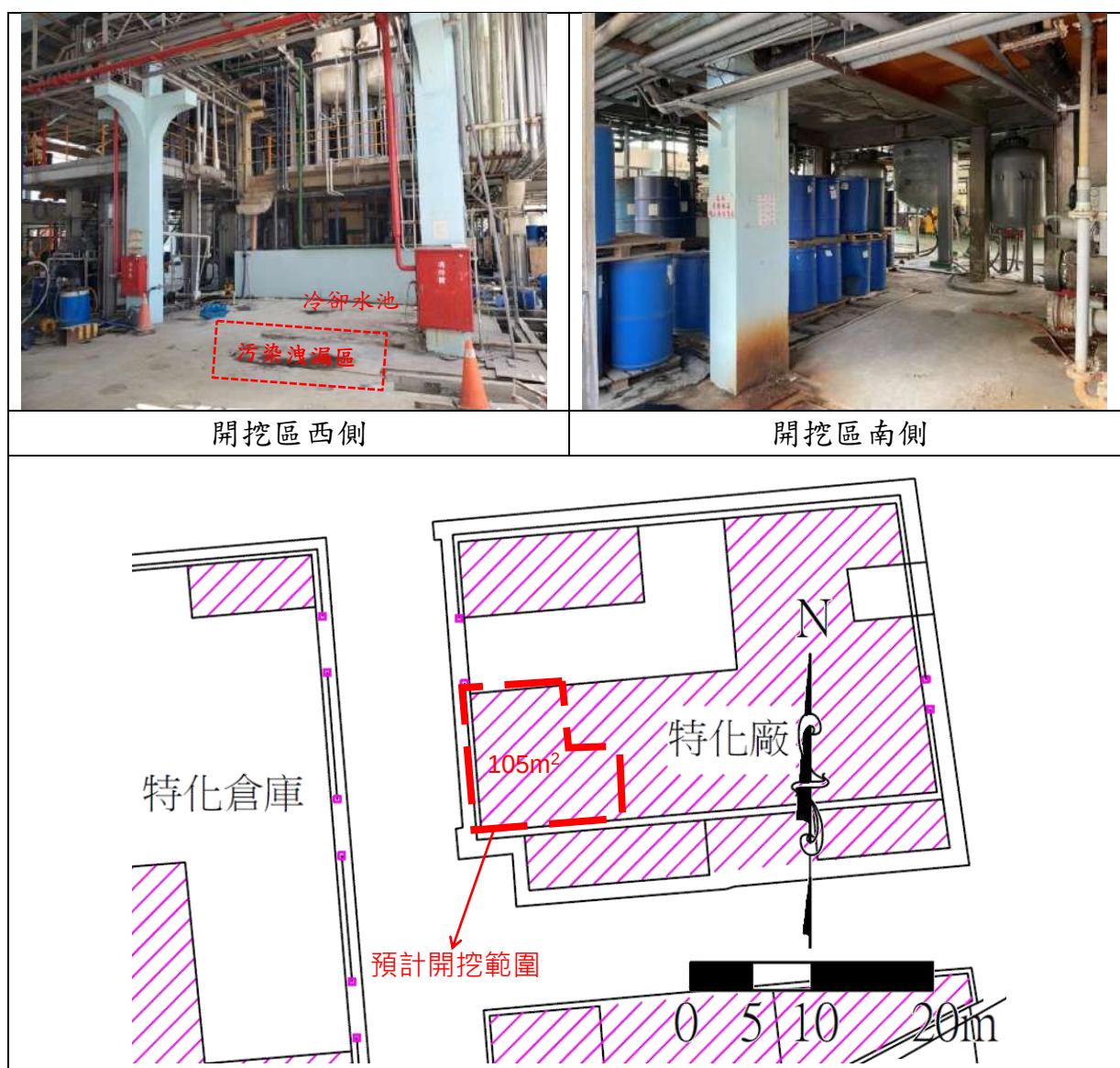


圖 7.2-3 土壤污染開挖範圍

表 7.2- 1 開挖區污染土方平衡表

項目	面積 (m ²)	平均開挖 深度(m)	開挖污染 厚度(m)	污染土方 量(m ³)	復育土方量 (m ³)(註 1)	回填客 土量(m ³)
開挖區	105	2.5	2	210	273	210

註：1.依土壤體積脹縮係數 1:1.3 計算；2.開挖區 RC 與級配厚度約 0.5m。



圖 7.2-4 污染土壤開挖區與復育區位置圖

二、現場土壤復育處理

本計畫挖除之污染土壤將採取現場復育，以生物堆搭配 SVE 抽氣進行土壤復育作業，詳細工作說明如下：

1. 土壤復育場位置：土壤復育場將設置於本場址公告地號內，目前預計設置於特化倉庫裡面，如圖 7.2-4 所示。
2. 土壤復育場設置：復育場面積約 198 平方公尺 (如圖 7.2-5 所示)，設置於有遮雨棚(平均高度約 4.5 公尺)與 RC 地坪廠房內，地表會先鋪設一層不透水布，並於復育區周圍設置高度約 0.3~0.5 公尺之防溢堤與止水墩，預計可容納 297 立方公尺污染土方。
3. 生物堆搭配 SVE 抽氣操作：土壤堆置高度約為 1.5 公尺，本場址土壤污染濃度高且會有結塊情形(土壤質地為粉土質黏土為主)，預計先以 SVE 抽氣方式降低土壤污染濃度並將土壤風乾，再利用怪手將結塊土壤碾碎與翻堆，於翻堆過程中添加適當水分及營養鹽，不添加額外菌種以生物刺激方式增加原生菌種數量，並於復育期間監測總菌落數來確認生物復育成效。於土壤復育期間除翻堆添加水分外皆覆蓋不透水帆布，並於土堆內埋設 SVE 抽氣管，收集揮發之氣體，避免二次污染。SVE 裝置將揮發之氣體抽出收集，經過活性碳吸附槽後再排放至大氣中，每 2 週以 FID 量測排放氣體濃度，若測值大於 100 ppmV 將進行活性碳更換。
4. 成效監測：為加速復育成效將於復育期間每 1~2 週進行灑水翻堆作業，並於翻堆前進行土壤成效監測(每 2 週監測 1 次土壤 VOCs 管制項目與氯苯；每月監測 1 次土壤總菌落數)，並於土壤翻堆灑水作業期間每天以 FID 進行周界空氣監測，每次於翻堆作業結束後以帆布進行覆蓋，減少 VOCs 逸散及揚塵問題。
5. 土壤復育完成後將每 100 立方公尺執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目與氯苯，分析結果 VOCs 需低於土壤污染管制標準值二分之一，氯苯需小於 75mg/kg(氯苯目前尚無訂定土壤污染管制標準，但於 102 年 12 月 16 日行政院環保署預告「土壤污染管制標準」修正草案中，有增訂氯苯土壤污染管制標準為 150mg/L，因此以此做為土壤中氯苯管控標準)，並於進度成果報告期間提出土壤復育完成驗證申請，待台南市環保局驗證通過後將回填至本公司空地或送至合格土資場。

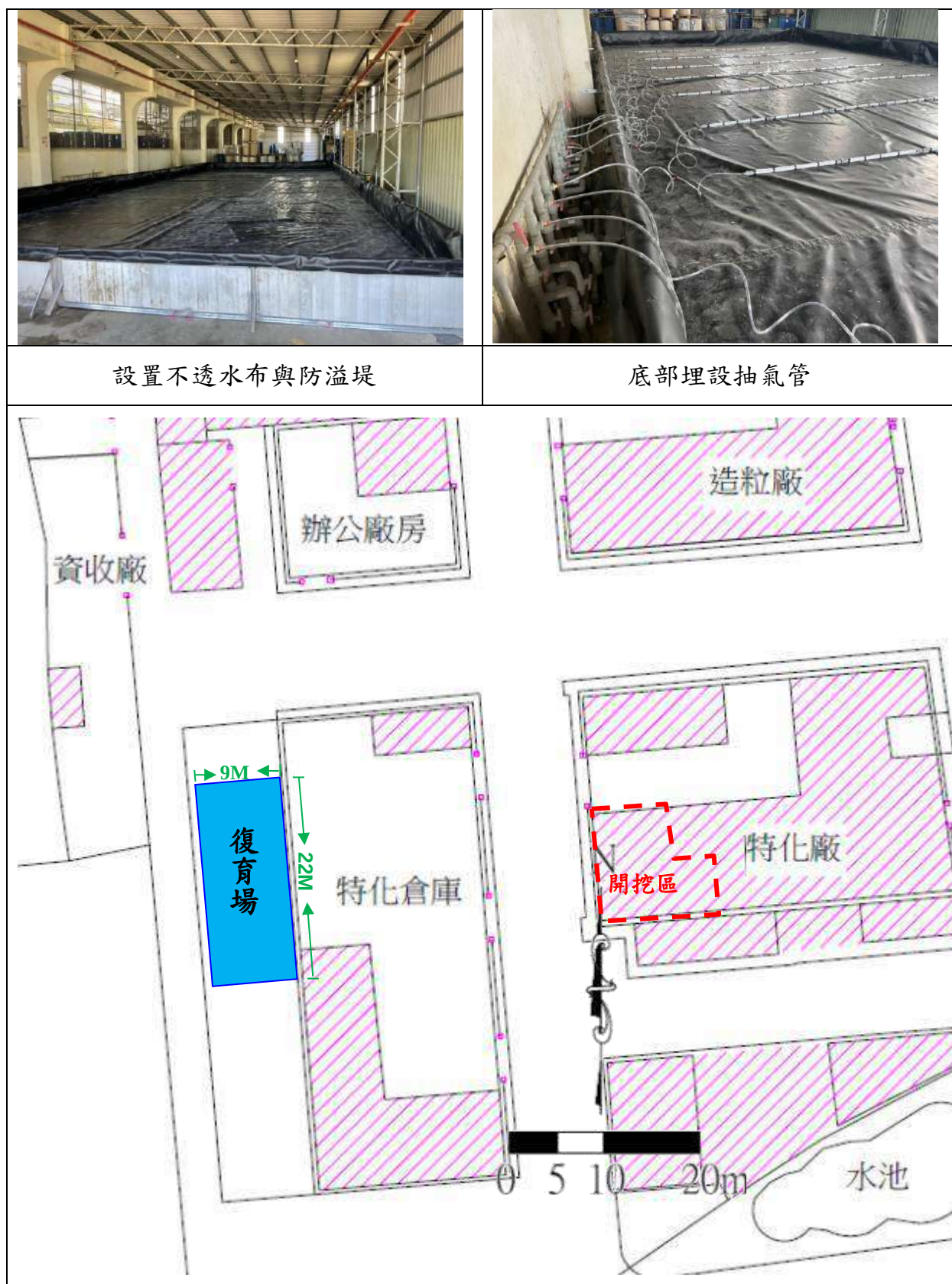


圖 7.2-5 土壤復育場預計配置圖

三、二次污染防治

本場址開挖與土壤復育可能衍生之二次污染包括現地作業產生廢水以及土石暫存、開挖作業產生之揚塵及土壤污染氣體逸散，為預防作業過程產生環境二次污染。生物復育區土壤除覆蓋不透水帆布外，將以 SVE 裝置將揮發之氣體抽出收集經活性炭處理後排出，避免污染氣體逸散，而更換後活性炭，將先用太空包裝暫存於場內，後續將以廢棄物代碼 D-2403，請合格處理廠商處理。現地揚塵防制部份，除於開挖作業及土壤翻堆期間加強灑水，降低揚塵逸散情況，並以不透水布覆蓋暫存土石，減少廢污水地表逕流。

四、土壤清運管制措施

本場址復育完成土壤經南市環保局驗證過後，優先回填於本公司空地，若需外運至合格土資場，以台南市土石方資源堆置處理場為主(廠商名單如表 7.2-2 所示)，土壤清運將委託合格清除機構執行，清運者之即時追蹤系統操作證明文件需可於事業廢棄物清運機具即時追蹤系統 GPS 專區(<http://gps.epa.gov.tw/gpszone>)進行查詢，另亦需可於行政院環境保護署事業廢棄物申報及管理系統之公民營清除處理許可系統，查詢到清除機構基本資料及車籍資料。清運作業說明如下：

1. 土壤進行清運裝載作業，逐一登錄編號及統計清運之數量。
2. 清運裝載作業，如發生下雨現象即報備現場監造人員，現場停止裝載清運作業，已完成裝載之清運車輛立即進行帆布覆蓋作業，避免土壤遭受雨水淋濕而出現含水率增加、重量差異。
3. 裝載土壤至清運車輛車斗中後以防塵網覆蓋，若遇含水率較高之土壤，應採取防止運送途中水滴沿途滴落地面之防治設施。
4. 清運車輛載運土方駛離工區前，若輪胎及車體有土塊殘留，須清洗輪胎及車體，避免行駛於道路造成污染；洗車過程產生之土壤及廢水定期收集清理。
5. 如發生清運載重超載時，先行確認清運車輛車號是否不一致，車輛是否正確過磅，經確認無訛後，尚發生超載情事時，則回至場址內進行減料。
6. 清運作業前須先行規劃路線路況察勘，如發現清運路線因施工或它項因素無法進行清運作業時，立即通知現場監造人員進行啟動替代清運路線作業。

7. 清運作業之全部車輛依環保署規定裝設 GPS 行車軌跡即時追蹤系統，清運作業同時即對清運作業車輛行車軌跡進行核對追蹤，若發現異常時即連絡司機查明異常原因，即時處置或實施矯正作業。
8. 清運機構應進行申報及聯單遞送，清運車輛應依規劃路線行駛，並隨車攜帶遞送聯單及主管機關同意文件。
9. 清運運輸過程若發生意外事故，將啟動本計畫書第十一章「緊急應變計畫」，並同時通知作業管制中心、台南市政府環境保護局及惠光股份有限公司，以進行緊急應變作業。
10. 過磅單、清運聯單、GPS 系統等記錄應進行留存，並提送台南市政府環境保護局核備。

表 7.2-2 台南市土石方資源堆置處理場廠商名單

流向編號	機構名稱	地址	B1~B7 核准處理量(公噸/年)
DJL20699	台境企業股份有限公司	台南市關廟鄉關廟區埤頭里關新路二段 567 號	219,000
DOL22572	上鼎開發建設股份有限公司	台南市安定區港口段 0193~002 等 15 筆土地	350,000
DNF04025	新又昌企業社	台南市仁德區中生里中洲路 1377 號	288,000
DRG03545	博全工程開發有限公司	台南市安南區城西段 585.586 等 2 筆地號	260,100
DFI29987	宏輝科技工程股份有限公司	台南市柳營區重溪里五軍營 37 號之 7	350,000
DFH08697	科工土石方資源堆置處理場	台南市安南區安明路四段 100 號	36,000
DHC11984	官輝工程有限公司	台南市麻豆鎮麻豆區海埔里埤子尾 52-3 號	276,480
DEJ04829	台山企業行	台南市大內鄉大內區內江里內庄 329 之 12 號	288,000

資料來源：營建剩餘土石方資訊服務中心詢網頁，查詢日期：111.05.24。

7.2.4 化學氧化法抽注系統

化學氧化法抽注系統主要針對高污染區整治，目前高污染區主要污染深度多以 9~12 公尺為主，8 公尺以上氯苯濃度大多已低於 10mg/L，除靠近造粒廠、特化廠建物下區域尚有較高污染殘留。為能更有效率移除廠房下污染物，本公司暫停製程區部分區域操作，拆除設備、結構物後進行較積極的整治作業。為能避免污染擴大，並同步處理土壤與地下水含氯有機物污染與地下水砷，將優先抽除廠房下純相污染物，後續採取加強式化學氧化整治抽注系統，增加污染物移除與氧化效率，如圖 7.2-8 所示。

一、整治井設置

本計畫於前期整治過程中發現，高污染區土壤殘留污染物持續釋出污染物於水體中，產生污染物濃度上下起伏現象，前期於滲透性較差污染區域針對不同地層設置不同開篩範圍整治井(淺層井開篩 2~8 公尺;深層井開篩 9~12 公尺)，並增加整治井密度(井間距由 3 公尺縮為 1.5 公尺)，避免藥劑集中特定地質、深度。後續將針對高污染區廠房下(前期無法設井區域)新設置不同開篩深度(8 公尺與 12 公尺)整治井，整治井間距為 2~3 公尺，如圖 7.2-6 所示，特化廠與造粒廠預計分別設置 28 口與 6 口(井深 8 公尺與 12 公尺)整治井。

二、抽水操作

化學氧化法抽注系統操作區域規劃如圖 7.2-7 所示，其中特化廠區僅開挖區有新設整治井，後續將先確認新設井污染狀況，並先針對此區進行純相抽除作業，其他區域將搭配化學氧化法進行抽注作業。抽水操作將調整既有抽水設備進行特化廠房下純相抽除與抽注作業，抽水設備共設置 2 套，每套以間歇操作（運轉 10 分鐘後停 10 分鐘）方式交互運轉，每天共運轉 12 小時，並視成效監測結果調整處理區域與操作方式。

抽水所產生之廢水將直接排放入本場址污水廠處理，而廢氣則經活性碳吸附後排放，本計畫將訂定排放標準，避免二次污染之發生，相關操作與二次污染防治措施之詳細規劃說明如后。另本場址因需長期進行地下水抽取作業，為能確保抽水區域廠房建物安全，本計畫於特化廠土壤開挖復原後，將每半年針對特化廠抽水區域進行至少 2 點廠房梁柱地表高程量測，觀察有無地層下陷問題。

三、化學氧化使用藥劑與方式

化學氧化法主要係針對高污染區無純相污染物區域進行注藥，依據前期化學氧化整治結果，本場址適合採用較低濃度或緩釋氧化劑處理，每口注入2立方公尺0.05M(1.25%)過硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)，藥劑影響半徑可達2公尺左右，藥劑持續性可達1~2個月。

本計畫化學氧化注藥會搭配抽水來增加水力坡降、加強藥劑傳輸，提升污染整治成效，如圖7.2-8所示，注藥方式預計以九宮格(單井抽水，周圍注藥)或排井(上游注藥，下游抽水)方式進行抽注整治作業，並依不同地質條件與污染程度調整抽注井間距，而注藥井及抽水井之挑選則視高污染區域全部監測井(含既設井與新設井)之污染情形調整。化學氧化劑將採用持續性較佳且易灌注藥劑過硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)，藥劑調配濃度約0.05M (1.25%)，採多批次注入(每批次注藥至少間隔1個月以上)，注藥井每口井間距約3公尺內，每批次每口注入量約2~4立方公尺，後續若需提升氧化能力或於1,2-二氯乙烷污染區域，將評估用液鹼或熱活化來加速含氯有機污染物分解，並依現場污程度來調整藥劑濃度。化學氧化注藥系統現場照片如圖7.2-9所示，設備主要包括配藥桶槽、曝氣盤攪拌、注藥泵浦(氣動雙隔膜泵浦)與注藥管線，材質採用PVC、PE或PP為主，以避免氧化腐蝕造成氧化劑滲漏，造成工安危害。

四、成效監測

整治期間將密切關注污染團變化與藥劑分布，即時評估與調整抽注點位與參數，期能加速污染整治成效，監測項目包括抽水量與注入量、地下水位、地下水基本水質參數(pH、DO、ORP、EC)及利用攜帶式氣相層析儀分析地下水中氯苯污染濃度，如監測結果符合法規污染管制標準，則該區域暫停加藥持續監測污染物濃度回復情形，如有回復情形則再啟動加藥，並評估濃度回升原因與檢討操作方式。

整治過程中如有局部整治成效不佳之情形且未達預計年度目標，將優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或調整整治系統(包含整治井、藥劑調配、注藥方式)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制，例如可採用直接灌入法(Direct Push)之注藥方式，可針對特定位置、深度高壓加藥，增加低滲透性地層之整治成效。

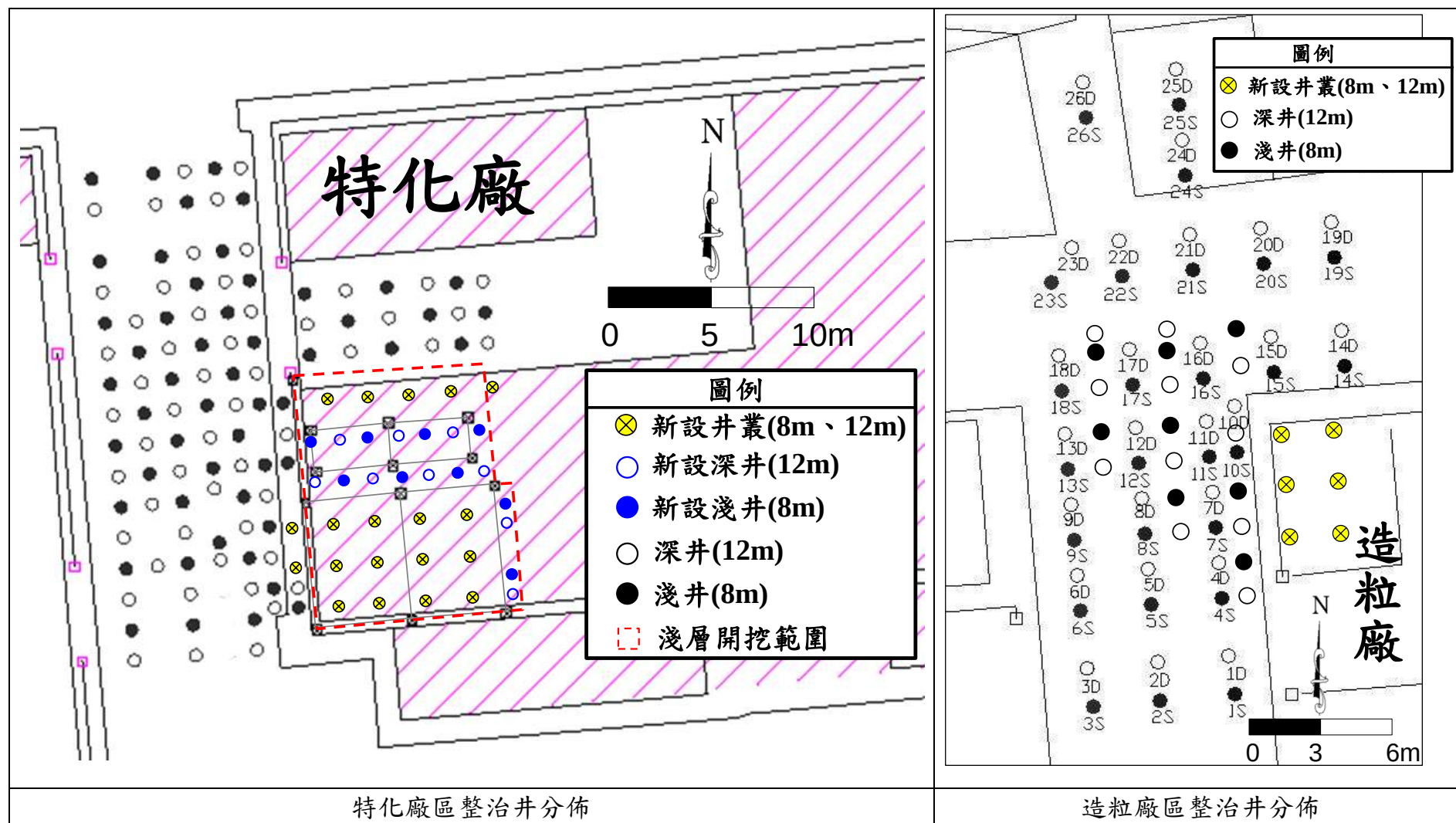


圖 7.2-6 高污染區整治井分佈圖

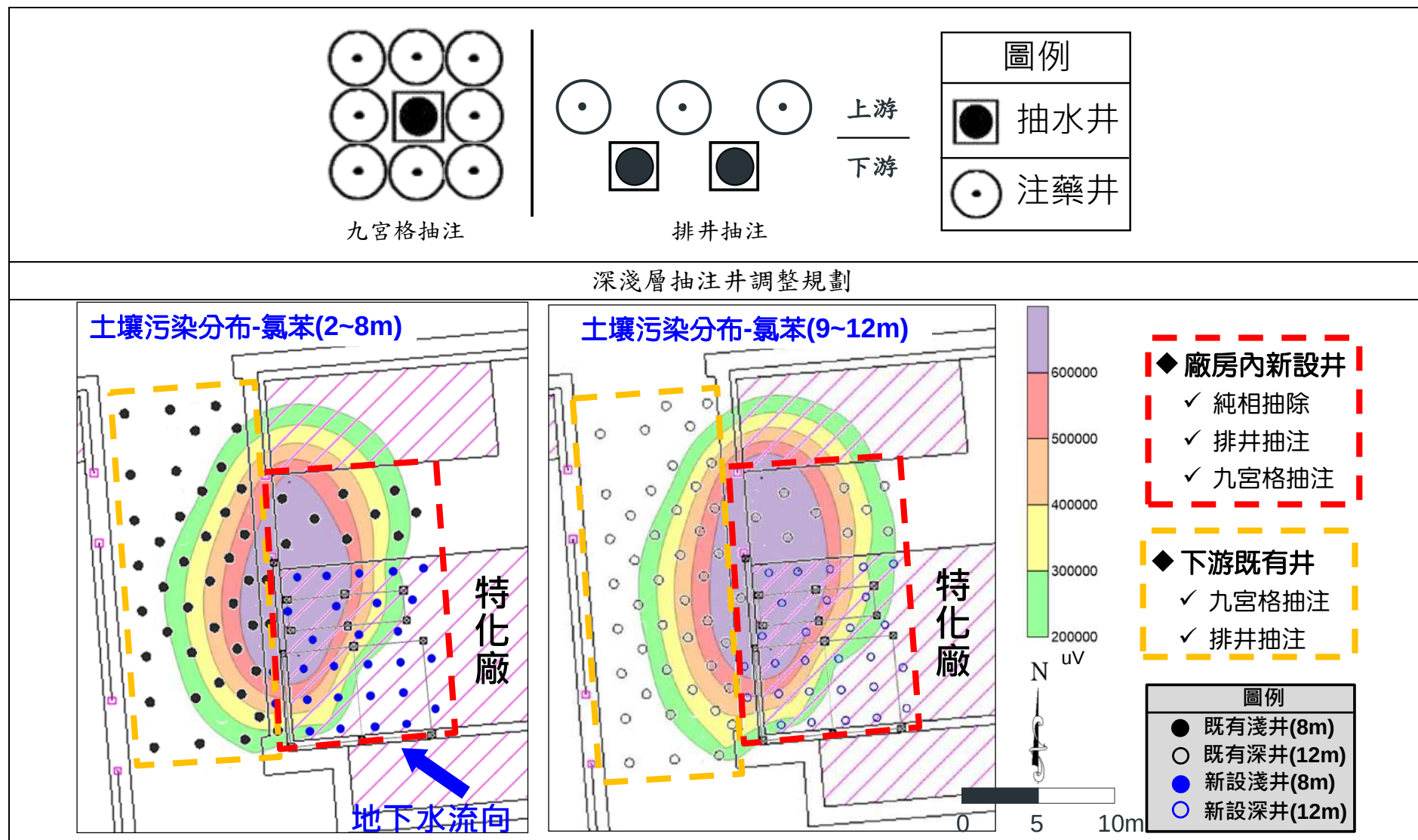


圖 7.2-7 化學氧化法抽注系統操作規劃(1/2)

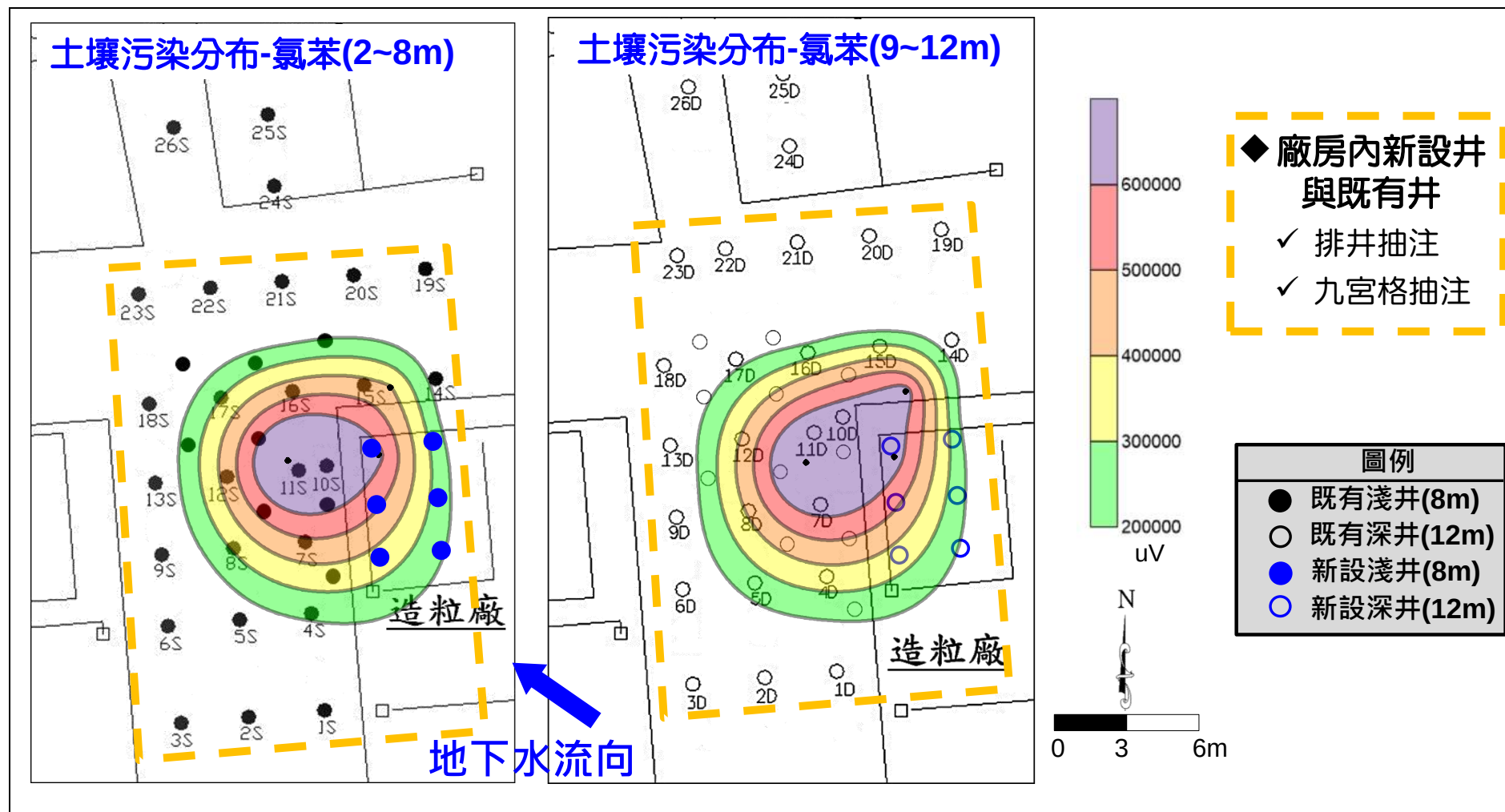


圖 7.2-7 化學氧化法抽注系統操作規劃(2/2)

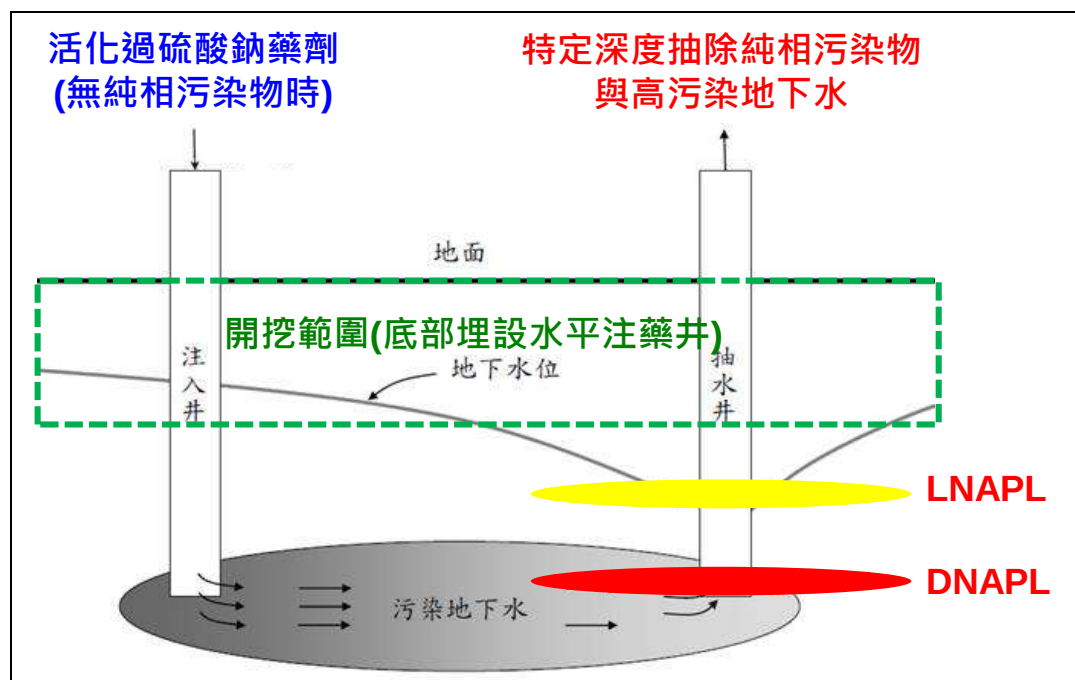


圖 7.2-8 抽水搭配 ISCO 處理操作示意圖



圖 7.2-9 化學氧化注藥系統現場照片

7.2.5 抽出水與廢氣處理

整治系統抽除之廢水、廢氣均須處理，其中廢水直接排入本場址既有之污水廠。依據「水污染防治措施計畫及許可申請審查辦法」第四十八條第二項之規定，事業或污水下水道系統，於作業環境內因土壤、地下水污染整治所產生之水，符合下列規定，且經主管機關依土壤及地下水污染整治法之規定審查同意，納入廢（污）水處理設施處理者，其所採行之水措，免依規定申請或變更水措計畫、許可證（文件）：

一、不超過廢（污）水處理設施設計容量，且不超過水措計畫核准文件、許可證（文件）登記之每日最大核准量之百分之十。

二、整治所產生之水超過放流水標準。

三、該廢（污）水處理設施應有足夠功能，處理整治所產生之水所含污染物。

本場址污水廠許可證登記之每日最大核准排放量（許可證文件如附件九）為500 立方公尺，目前工廠運作每日排水量約170立方公尺，而本計畫預計抽水量約為每日10~20立方公尺，抽水操作加上工廠用水約230立方公尺，尚有餘裕可供後續地下水整治調整抽水量。

本場址污水廠廢水來源包括製程作業廢水及生活污水，主要為製程作業廢水，為每批次農藥生產後清洗桶槽、器具所產生，以活性污泥法處理，本場址地下水污染物主要為早期製程原物料，由相關文獻指出本場址主要關切污染物1,2-DCA及氯苯可藉由好氧生物方式處理（處理單元及流程如圖7.2-10與圖7.2-11所示），且抽出地下水會先經過氧化槽（臭氧處理）處理，水中砷去除方法則以氧化法結合沉澱法最為常見，文獻亦指出使用臭氧20分鐘內即可使其完全氧化，搭配後端的沉澱槽沉澱至污泥，能有效去除水中砷，因此污水廠對本計畫所產生之廢水具有一定之處理能力（包括氧化處理與生物降解），污泥餅委託合格清除處理廠商清除，並每年定期執行一次廢棄污泥毒性特性溶出程序（TCLP）溶出試驗確認結果符合毒性特性溶出程序溶出標準。

抽出水暫存槽廢氣經活性碳處理後排放，並定期監測活性碳槽出口尾氣，活性碳更換頻率視監測結果調整，管控標準為揮發性有機物排放 FID 濃度低於100ppmV。



圖 7.2-10 污水廠處理單元

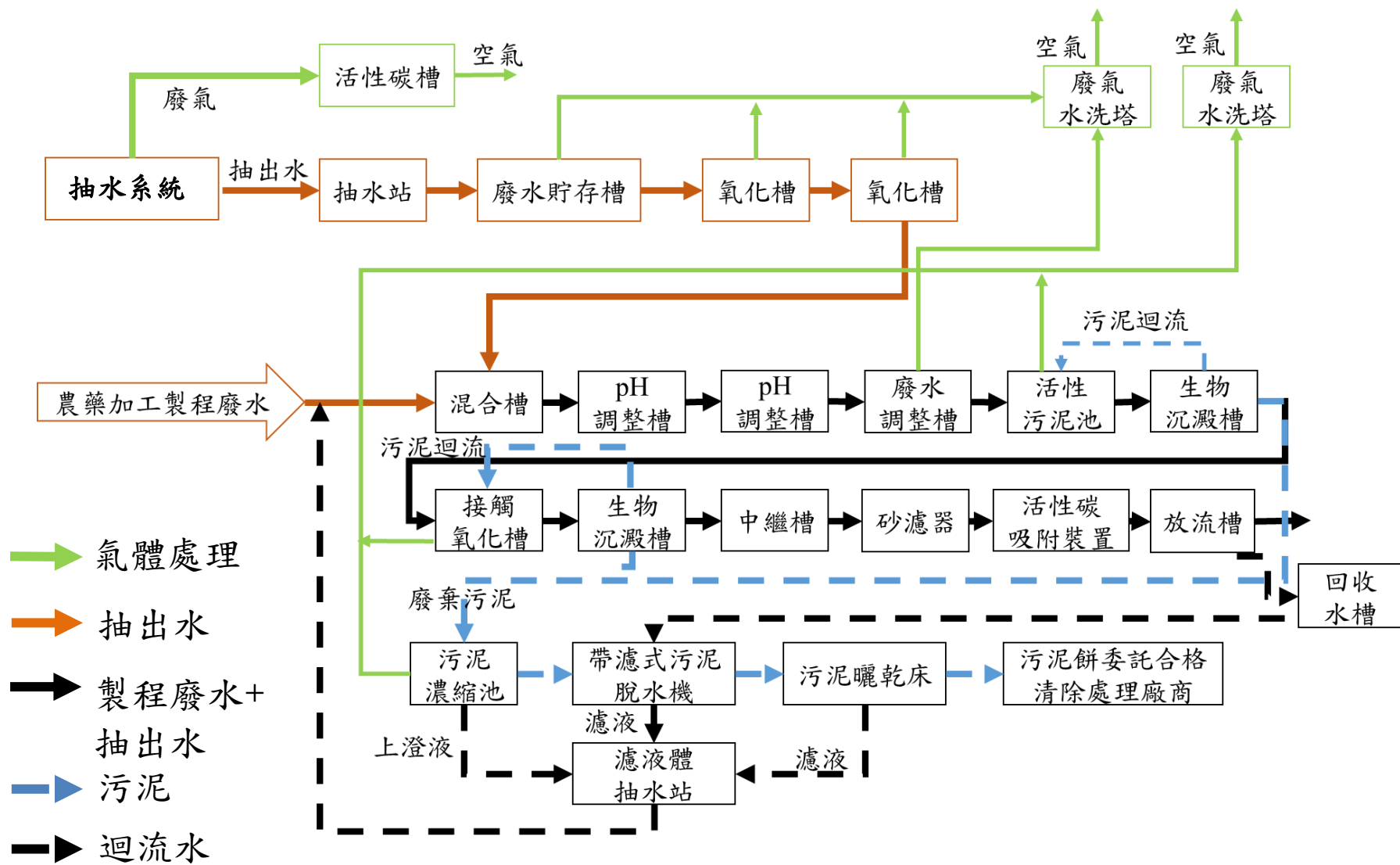


圖 7.2-11 抽出水與廢氣處理流程

7.2.6 生物整治法整治作業

生物整治法主要針對中低污染區，污染程度較低、污染物種類較單純（主要以氯苯為主），僅地下水有污染情形，依前期試驗結果生物處理能達到本計畫整治目標，且以好氧生物整治能加速污染改善成效，因此後續中低污染區整治預計注入低濃度過氧化氫，達到營造好氧環境，促進現地好氧微生物降解含氯有機污染物。

本計畫已於 110 年 3 月完成整治井設井作業，於 110 年 6 月完成注藥系統、管線配置，110 年 7 月陸續開始各區批次注藥作業，生物整治法設備(如圖 7.2-12)主要包括配藥桶槽、曝氣盤攪拌、注藥泵浦(氣動雙隔膜泵浦)與注藥管線，並採用能排氣注藥井頭，以避免注藥過程中產生氣體累積現象，影響注藥成效，設置規劃分別說明如下。

一、注藥井設置與規格

污染帶區地下水污染分布於地表下 2~7 公尺，主要污染物為氯苯，前期試驗結果得知地表下 1~4 公尺之粉、黏土層注藥影響半徑約 1~2 公尺，地表下 5~8 公尺之粉土夾砂層注藥影響半徑約 2~3 公尺，為確保藥劑有效傳輸至不同地層，分別設置井深 4 公尺與 8 公尺整治井，分別自井底開篩 2 及 6 公尺，共設置 228 口深度 4 公尺淺層井井距約 2.5~3 公尺，與 161 口深度 8 公尺深層井井距約 4~5 公尺，全場整治井配置如圖 7.2-13 所示。

二、使用藥劑與操作方式

由於本場址地下環境為偏還原狀態，添加低濃度過氧化氫提供微生物溶氧以提升好氧微生物降解氯苯速率，由前期過氧化氫注藥結果得知，每口整治井灌注 5 噸 0.025%過氧化氫可使該井於注藥結束後 64 天水中溶氧仍高於 2 mg/L。後續將依上述操作方式進行注藥作業，注藥順序以下至上游、低至高之原則，分批分區注藥(由 A 區至 C 區)，使污染團範圍逐漸縮小，並於生物注藥區(A 區與 B 區)上游以生物整治牆之概念，用低濃度過氧化氫(0.025%)以連續注藥方式進行注藥作業，防止上游污染物往下游擴散，以加速注藥區生物整治速率。另為避免污染範圍擴大，若場外下游周界地下水濃度有上升趨勢，且超過地下水監測標準，將於周界整治井放置化學氧化棒攔阻污染物，如圖 7.2-13 所示。

三、成效監測

整治期間將評估藥劑持續性與處理成效，監測項目包括地下水基本水質參數(pH、DO、ORP、EC)及氯苯污染物監測等。監測頻率為注藥前背景及注藥後初期每2週執行1次，待水質較穩定後調整為4週執行1次，藉由水質變化評估藥劑有效影響範圍與持續性，並視情況調整監測頻率以評估處理成效。並於注藥前、中及後分析水質一般項目(TOC、總磷、總氮)與微生物(總細菌數及好氧菌特定功能基因濃度)，確認微生物生長情形。水質監測採樣將以微洗井採樣，搭配使用攜帶式氣相層析儀分析氯苯濃度，以及時調整加藥時機及加藥量。

整治過程中如有局部整治成效不佳之情形，將優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或調整整治系統(包含整治井、藥劑配方調整、注藥方式)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制，若經調整後仍無法達到整治之目標，將評估將改以化學氧化法處理。



圖 7.2-12 生物整治井系統現場照片

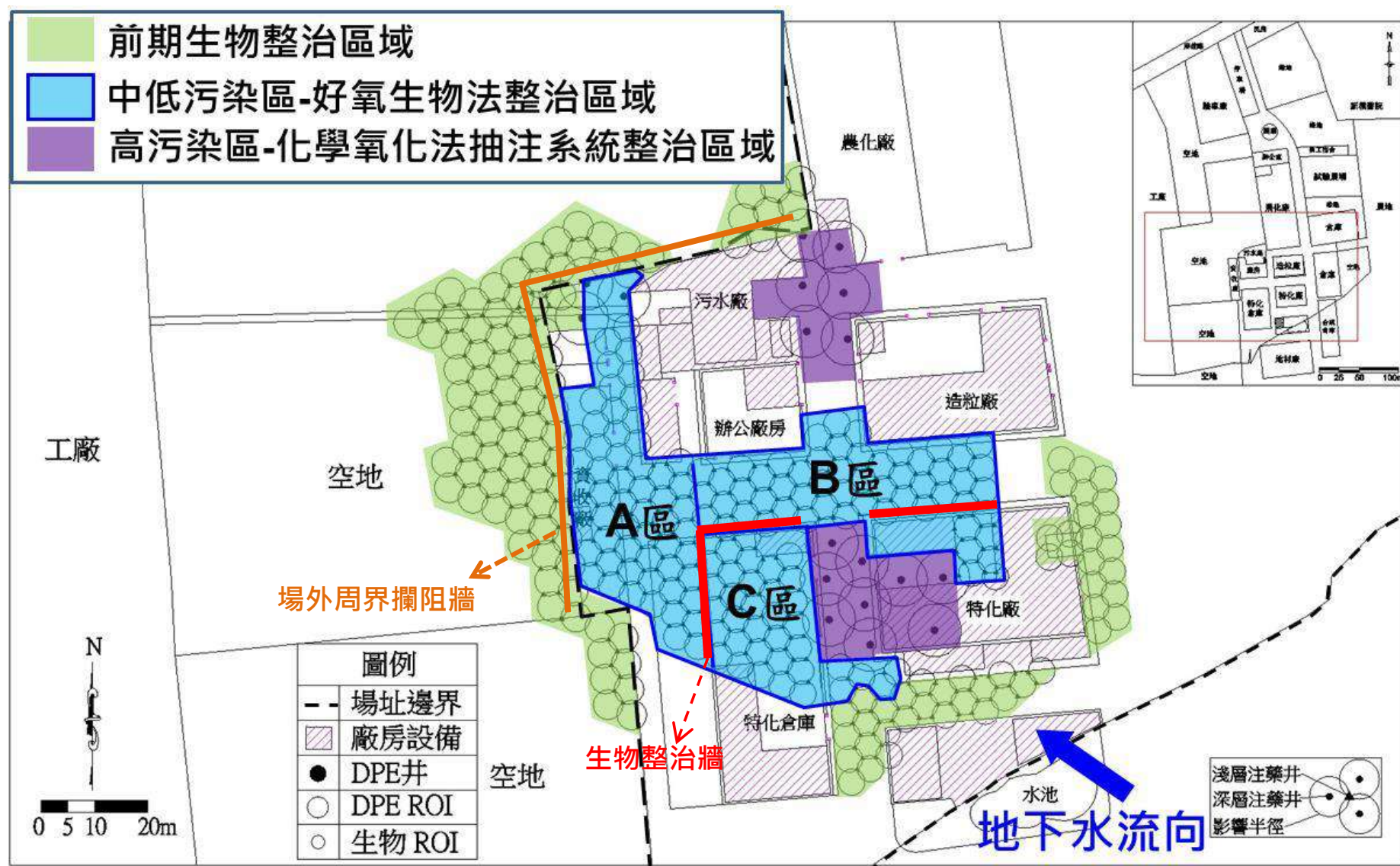


圖 7.2-13 生物整治井配置圖

7.2.7 界面活性劑沖排法(替代工法)

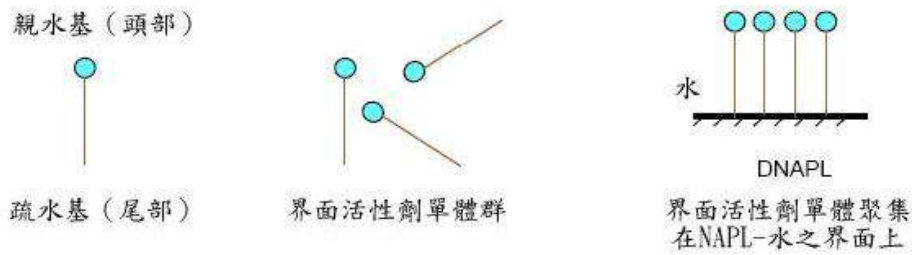
界面活性劑沖排主要針對高污染區經化學氧化抽注系統整治後，土壤孔隙尚有殘留污染物時使用。界面活性劑沖排雖能加速移除殘留於土壤中污染物，但考量本場址污染物多殘留於滲透性較差質地裡，抽水量相對會較低，當抽水控制不好時，造成污染擴散風險較高。因此本計畫將先於高污染區進行純相抽除、化學氧化抽注系統整治，當現地化學氧化法處理成效不佳(土壤未達年度整治目標)，才將會搭配界面活性劑沖排來進行整治。

一、基本原理說明

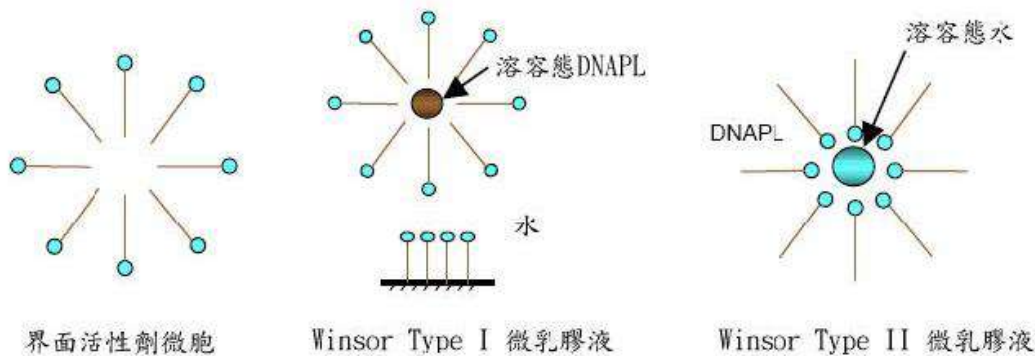
界面活性劑具可改變溶液界面的特性，可分為親水基(Hydrophilic group; head)、連結基與親油基(Hydrophobic group; tail)等3部份，溶於水後可視親油部分解離成陰離子、陽離子、兩性離子(因水溶液之pH 而解離成陽或陰離子)或不解離成離子，而分為陰離子性界面活性劑、陽離子性界面活性劑、兩離子性界面活性劑和非離子性界面活性劑等四大類，其必須具有(1)表(界)面吸附性；(2)表(界)面膜形成性及排列性；(3)表(界)面張力降低性；(4)微胞(Micelle)形成性等基本性質。界面活性劑的物化特性為當其在水中之濃度超過臨界微胞濃度(CriticalMicelle Concentration, CMC)時，界面活性劑分子中的親油基部分會同時朝內，而使親水基朝外與水接觸形成微胞的結構，如圖7.2-14所示，微胞所具備的疏水性核心可以讓疏水性有機物分配或溶容(solubilize)於其中，進而提高有機物在水中的整體溶解度。

因界面活性劑具上述特性，對已受DNAPL污染場址之土壤/地下水污染的整治，可利用界面活性劑、共溶劑注入或入滲到受污染的土壤或地下水中，降低污染物的界面張力(Interfacial tension)及增加親油性有機化合物之溶解性及移動性，以利污染物隨著地下水流動的方向而向下游移動，並結合抽出處理系統抽取地下水中淋洗液與污染物之混合液，然後在地面上處理後再行排放或再注入，並可避免造成二次污染的風險，其操作概念如圖7.2-15所示。

界面活性劑濃度在臨界微胞濃度(CMC)以下之情形

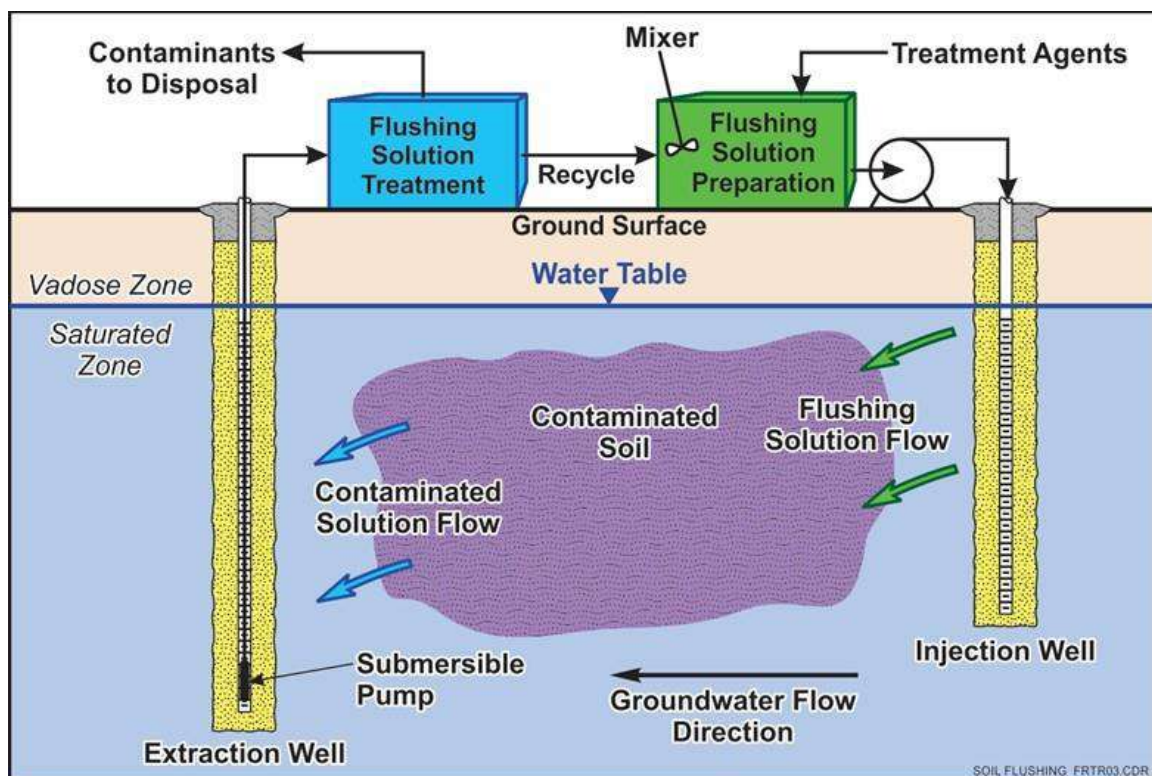


界面活性劑濃度在臨界微胞濃度(CMC)以上之情形



註：資料來源 NAVFAC, Surfactant-Enhanced Aquifer Remediation (SEAR) Design Manual, Technical Report TR-2206-ENV, p.38, April 2002.

圖 7.2-14 界面活性劑微胞基本結構特性圖



註：資料來源 Federal Remediation Technologies Roundtable

圖 7.2-15 界面活性劑沖排操作概念圖

二、界面活性劑選擇

一般用於土壤淋洗液的界面活性劑為非離子性或陰離子性的，因陽離子性的界面活性劑易與土壤表面進行吸附作用，挑選界面活性劑時通常須考量親水疏水平衡值及臨界微胞濃度等兩項特性。

親水疏水平衡值(Hydrophilic-Lipophilic Balance, HLB)表示親水或親油的能力，與溶解性、滲透性、乳化性有關，數值越小越親油，越大則越親水，非離子性界面活性劑之 HLB 約 0~20，陰離子界面活性劑 HLB<40，因此常使用一具高 HLB 值及一具低 HLB 值的兩種界面活性劑混合乳化，比使用單一界面活性劑具較佳的效果。

臨界微胞濃度 (Critical micelle concentration, CMC)表示形成微胞所需的最低濃度，離子性因電荷同性相斥易阻止液滴溶合，故陰離子界面活性劑之 CMC 大於非離子性界面活性劑。彙整市面常見界面活性劑及其特性於表 7.2-3，本場址可採用陰離子及非離子性界面活性劑提升沖排效果。

此外，界面活性劑也可以與醇類(共溶劑，常見為甲醇、乙醇及丙醇)或鹽類(一般皆使用氯化鈉)混合在一起，以得到最佳反應相。當較大量的醇類被使用時，醇類可分配至 DNAPL 與水相兩者當中，且可降低 DNAPL 與水兩者間的界面張力達到零點，因此降低毛細力(Capillary forces)並可促進其移動性，但須注意若移動性過高可能會造成污染帶轉移至原本未被污染之含水層。

表 7.2-3 常見界面活性劑之基本資料

界面活性劑種類	型式	親水疏水平衡值 (HLB)	臨界微胞濃度 (CMC)
十二烷基硫酸鈉(SDS)	陰離子	40	2.33g/L
聚氧乙烯(20)-山梨醇酐單油酸酯(TW80)	非離子	15	0.012 mM
聚氧乙烯(80)-山梨醇酐月桂酸酯	非離子	19.2	-
山梨糖醇酐單油酸酯(Span 80)	非離子	4.3	-
聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)	非離子	13.5	-

註：

1. Surfactant-Enhanced DNAPL Remediation: Surfactant Selection, Hydraulic Efficiency, and Economic Factors.(1996)
2. Laboratory evaluation of mixed surfactants solutions to mobilise hexachlorocyclohexane (DNAPL) from sardas landfill.(2015)
3. 界面活性劑的基礎及應用(蘇裕昌,2015)

三、應用限制及考量重點

以下列出界面活性劑沖排法之應用限制及考量重點(如表 7.2-4 所示)，並說明本場址實施重點對應方式。

表 7.2-4 本場址界面活性劑沖排應用執行方式

項次	應用限制及考量重點	本場址執行方式
1	液相極慢的擴散速率，以致需要較長整治時間。	● 以抽水來促進界面活性劑循環移動性，增加傳輸距離與影響半徑。 ● 以抽水進行水力控制引導界面活性劑流向，並搭配注入過硫酸鈉，直接將溶出污染物氧化處理，避免污染擴散。
2	增加 DNAPL 移動性的同時，可能會造成污染帶轉移至原本未被污染之含水層。	
3	水平或垂直捕捉區可能延散的污染物，如果無法設計適當或是建置妥當之抽出系統，其水力條件不易被控制，或是捕捉來自處理區之地下水排放(建置物化屏障的設施，如泥漿牆)，將可縮小其影響性。	● 使用模擬軟體評估抽水操作後地下水流向、捕捉區、有效影響範圍等，並依模擬結果調整抽水井位，抽水速率、抽水時間等操作參數。 ● 執行前先於現場進行模場試驗，確認操作參數後再全面執行。
4	界面活性劑會黏附在土壤上，加速生物的生長、產生沉澱或與周圍的土壤及地下水發生反應，因此減少土壤的孔隙率。	注完藥劑後，再注清水或氧化劑減少土壤對其吸附作用。

7.3 綠色及永續導向型整治(GSR)評估

7.3.1 綠色永續型整治

整治方法之規劃，以達到土地與地下水永續利用為原則，從環境、社會與經濟效益等面向，多層面考量整治技術於場址之適用性，篩選較符合綠色及永續導向型整治(Green and sustainable Remediation, GSR)概念之整治策略。由場址污染類型、整治技術可行性、整治時間及費用、未來土地利用、環境足跡及健康風險評估等，選取兼顧各面向利益的策略或管理方式。

由於本場址高污染區土壤及地下水皆有污染且污染種類多，中低污染區僅地下水有氯苯污染，因此分區規劃採用不同整治工法，於 GSR 評估工具進行改善方案評比，方案一：高污染區採用開挖法、抽水處理搭配現地化學氧化法；中低污染區採用現地好氧生物法；方案二：高污染區採用開挖法、抽水處理搭配界面活性劑沖排及現地化學氧化法；中低污染區採用現地好氧生物法。

評估結果以方案一總分 9.44 分較高，如圖 7.3-1 所示，主因為方案一環境面分數較高，比較各項環境足跡如圖 7.3-2 所示，方案二各項環境足跡排放量皆高於方案一，因此環境面分數較低。另進一步探討方案二環境面分數較低原因，如圖 7.3-3、圖 7.3-4 所示，使用界面活性劑沖排其原物料將使 CO_2 、 SO_x 、 NO_x 及 PM_{10} 之排放量明顯增加。後續整治作業將持續追蹤各階段作業對於環境、社會及經濟三方面之影響，擬定本場址適當管理措施，盡力減少原物料使用量及能源消耗，以及降低廢氣廢水排放、減少廢棄物產生等，在達成污染整治目標之同時減少環境衝擊。



圖 7.3-1 土壤及地下水整治方案 GSR 評比結果

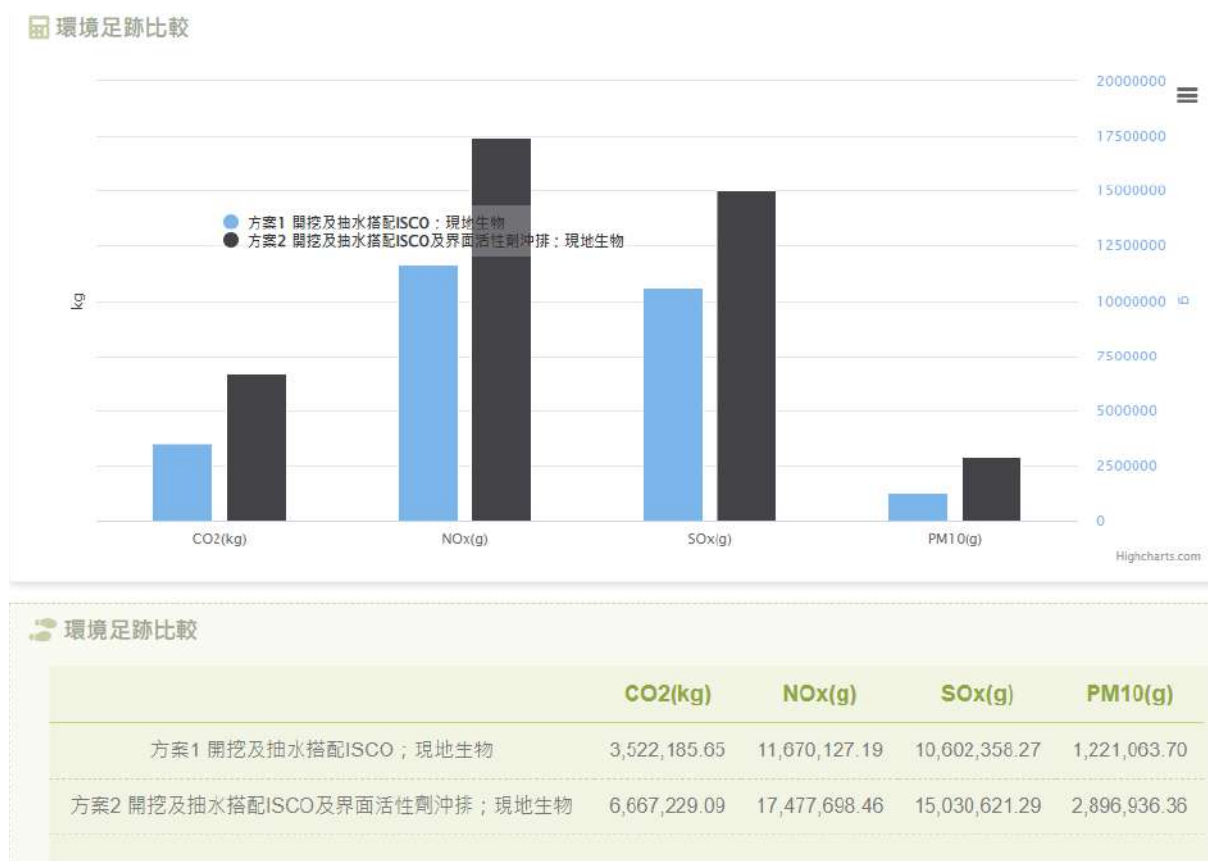


圖 7.3-2 土壤及地下水整治方案環境足跡比較

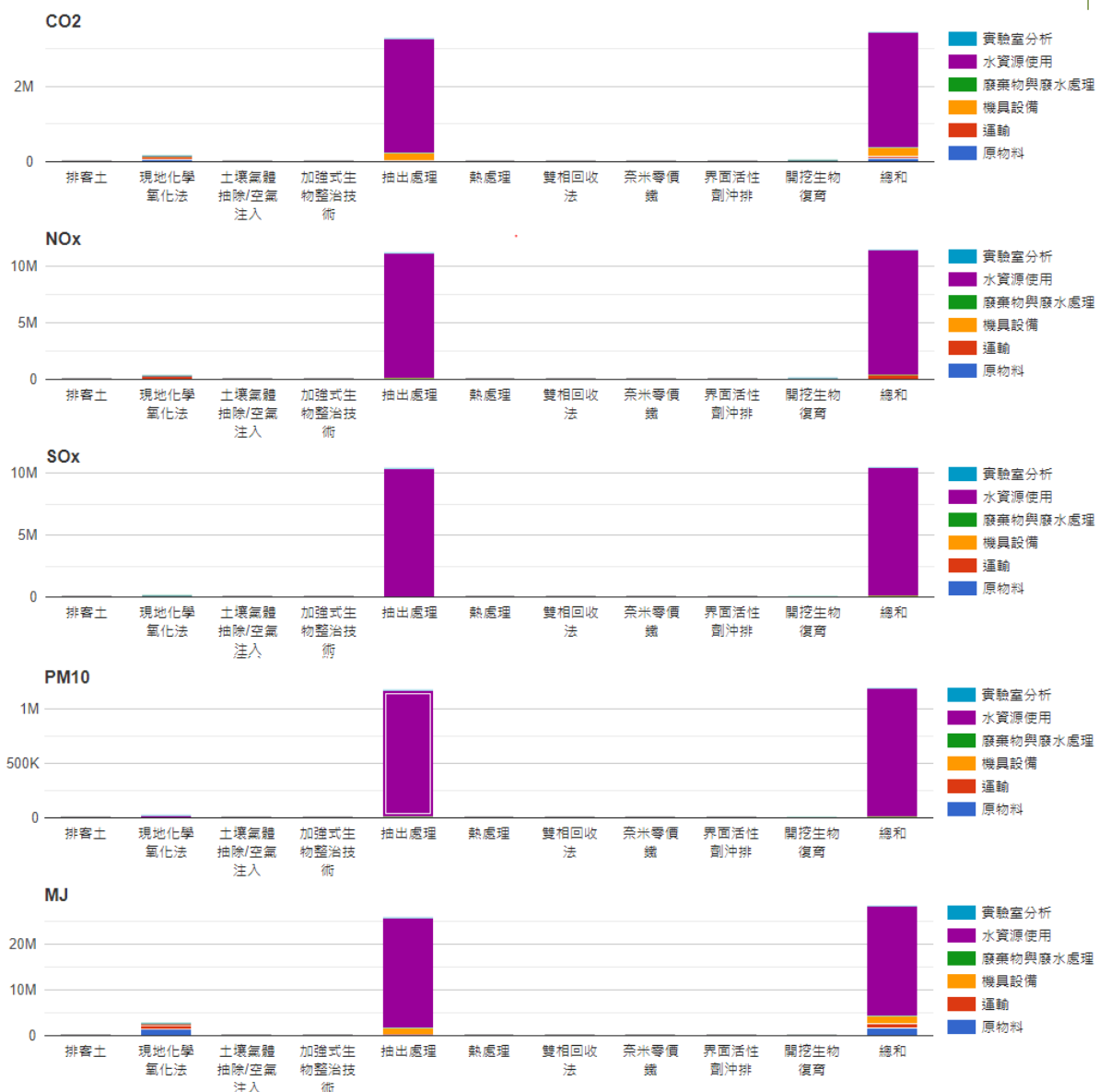


圖 7.3-3 整治方案一環境足跡排放量比較

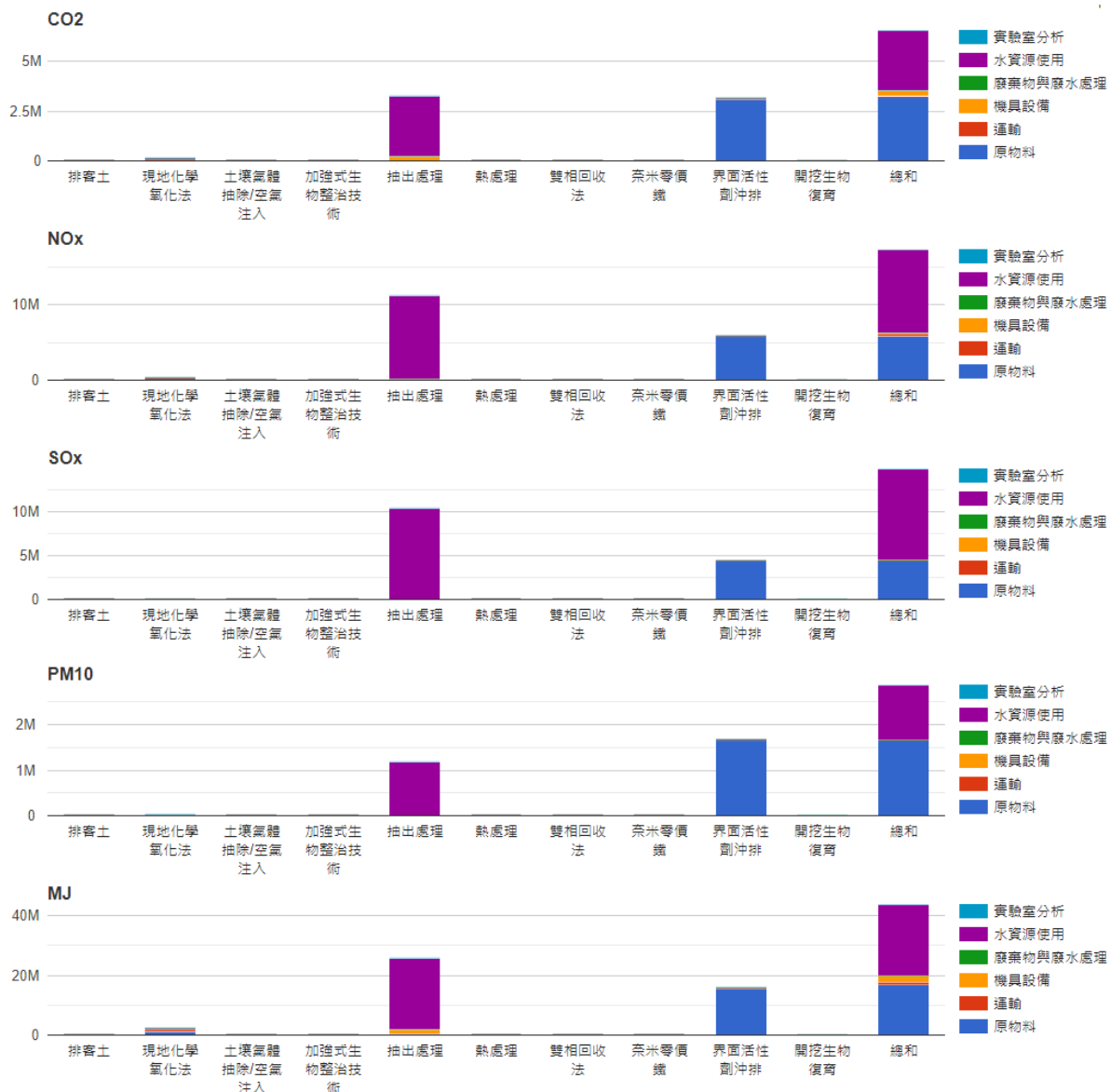


圖 7.3-4 整治方案二環境足跡排放量比較

7.3.2 最佳管理措施(BMPs)

以綠色及永續導向型整治概念執行整治過程中，依環境、社會與經濟效益三面向及九大核心元素等原則，評估最佳管理措施(Best Management Practices, BMPs)於後續污染改善工作進行時施做，進一步減少整體環境衝擊與環境足跡、符合社會共同利益、降低經濟負面衝擊。本計畫之 BMPs 可實施項目如表 7.3-1，後續於整治計畫執行時，將此表納入計畫中，並於整治進度報告或改善完成報告中呈現文件記錄。

表 7.3-1 最佳管理措施與 GSR 評估核心原則執行狀況表(1/2)

面向	類別 ^a	本場址最佳管理措施	GSR 評估核心 元素與原則	實施階段 ^b					文件紀錄
				場址 調查	設備 建置	系統 操作	定期 監測	解除 列管	
環境面	原物料	現場數據紀錄使用電腦直接登錄數值，減少紙張消耗	資材與廢棄物減量				✓		現場照片
		整治設備以可拆卸方式設置			✓	✓			
		回收再利用其他場址之可重複利用之設備			✓	✓			
		二次污染防治設備使用再生粒狀活性炭	資材與廢棄物減量			✓			購買證明
		同一整治井用於多種整治工法	●減少能源消耗 ●降低大氣排放 ●資材與廢棄物減量		✓	✓			操作紀錄
		使用 Frog-5000 現場快篩儀器，減少送實驗室的分析	●減少能源消耗 ●降低大氣排放 ●資材與廢棄物減量			✓	✓		操作紀錄
	電力與燃料	使用直接探測的非侵入性技術如 MIP	●減少能源消耗 ●資材與廢棄物減量	✓					現場照片 檢測報告
		依污染改善情形調整抽注系統操作區域，並使用間歇性取代連續性操作	減少能源消耗			✓			現場照片
		視注藥速率，部分區域以重力方式注入藥劑	減少能源消耗			✓			現場照片
	專案管理	污染源改善及阻絕措施	●最小化水資源使用影響 ●人體健康及安全	✓	✓	✓	✓		操作紀錄
		設備建置、工程、採樣等選用在地廠商	減少能源消耗 降低大氣排放	✓	✓		✓		現場照片
	場址整理與復原	採用現地生物復育法為主，對棲地破壞影響小	土壤及生態系影響		✓	✓			現場照片 操作紀錄
社會面	專案管理	確認現場工作人員有適當的衛生設備，例如洗眼器、廁所、洗手台等	人體健康與安全	✓	✓	✓	✓		現場照片

表 7.3-1 最佳管理措施與 GSR 評估核心原則執行狀況表(2/2)

面向	類別 ^a	本場址最佳管理措施	GSR 評估核心 元素與原則	實施階段 ^b					文件紀錄
				場址 調查	設備 建置	系統 操作	定期 監測	解除 列管	
社會面	專案管理	嚴格施行人員進出管理，需於門口做登記，以管理人員進出	人體健康與安全	✓	✓	✓	✓		現場照片
		限制現場運輸機具之行駛速度於時速 20 公里以下		✓	✓	✓	✓		現場照片
		每月皆定期監測系統運作區及其周界噪音	社會公義			✓	✓		監測紀錄
	原物料	使用對人體健康無不良影響之生物助劑	●人體健康與安全 ●避免產生二次污染			✓			操作紀錄
經濟面	專案管理	先透過模場試驗，評估適當參數及全場整治規劃	●資材與廢棄物減量 ●成本效益項目	✓	✓	✓			操作紀錄
	技術面	利用舊有雙相抽除整治井更改為生物、化學注藥井	●資材與廢棄物減量 ●成本效益項目		✓	✓			現場照片 操作紀錄

a 填寫類別，如原物料、電力與燃料、專案管理、固體與液體廢棄物、採樣與分析、場址整理與復原、地表水與雨水、車輛與設備、廢水...等，如不在列出的範圍則自行新增類別。

b 依照提出的 BMPs 用於其合適之階段地方打勾。

整治後之土地使用方式 **8**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第八章 整治後之土地使用方式

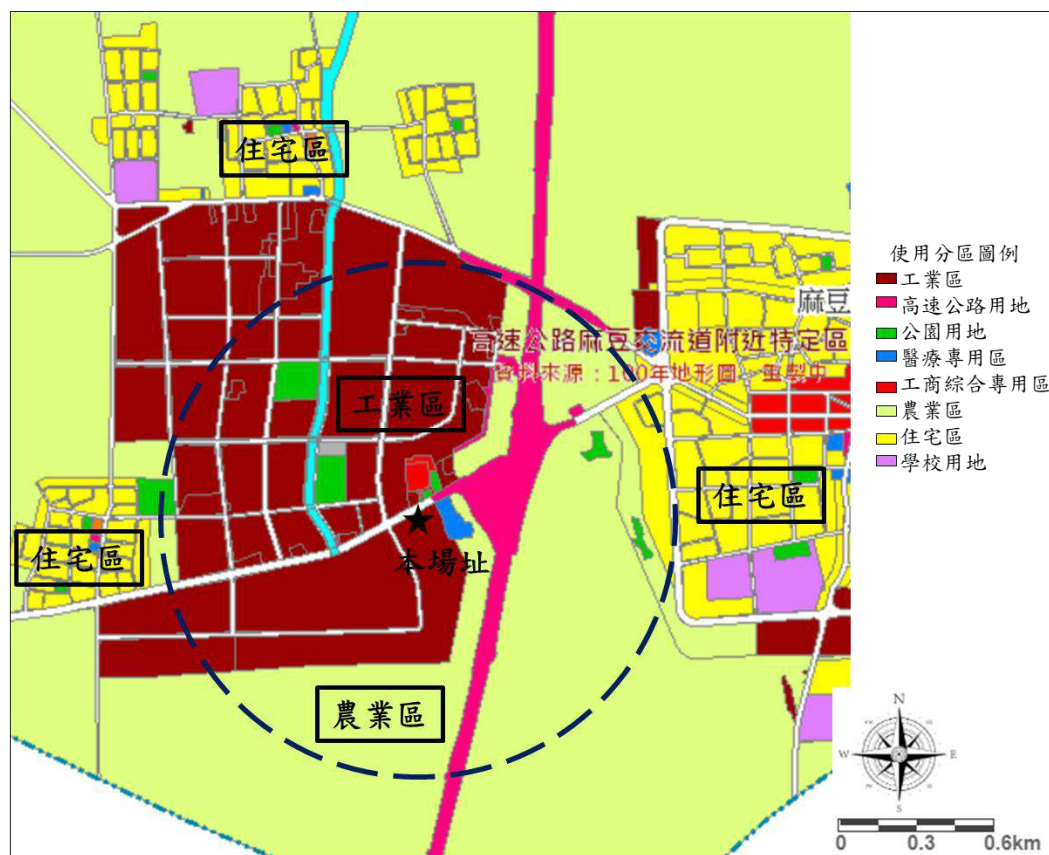
8.1 目前污染場址土地使用情況

本公司於民國 71 年成立，72 年建廠，以生產除草劑、殺蟲劑、肥料及環境衛生藥劑為主，並於民國 101 年由「惠光化學股份有限公司」更名為「惠光股份有限公司」，目前正常運作中。

8.2 目前污染場址鄰近土地使用情況

本場址位於中山高速公路麻豆交流道旁，經臺南市都市計畫查詢系統查詢，屬工業區用地。本場址北側及西側皆劃定為工業區用地；南側為農業區用地；住宅區則位於本場址 1 公里範圍外，地理位置如圖 8.2-1 所示。

而由空照圖知，目前場址西側工廠林立；北側之工業區用地尚未完全建廠；場址之東北角為新樓醫院以及商家；東、西邊距離分別約 1 公里及 2 公里處則分別為麻豆及佳里市區，空照圖如圖 8.2-2 所示。



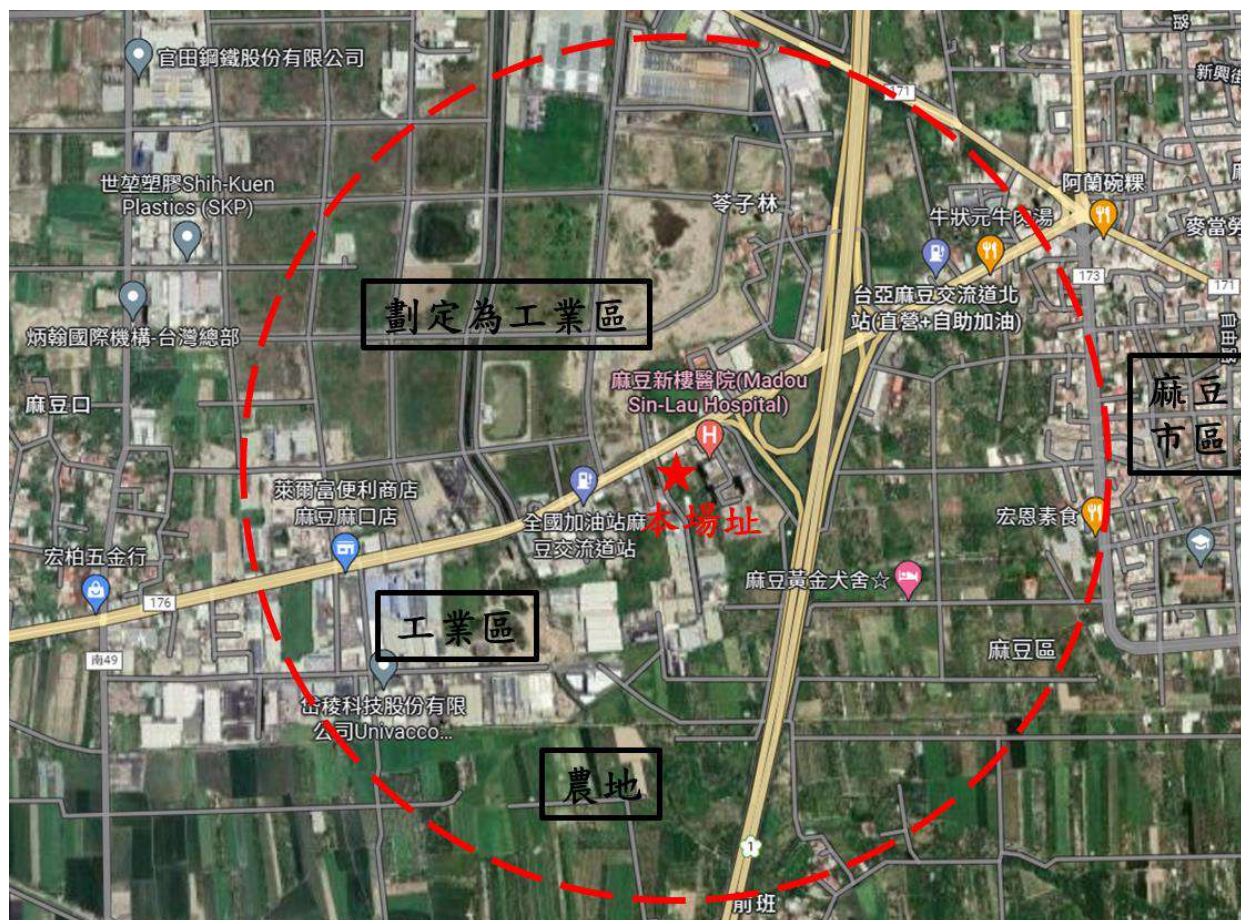
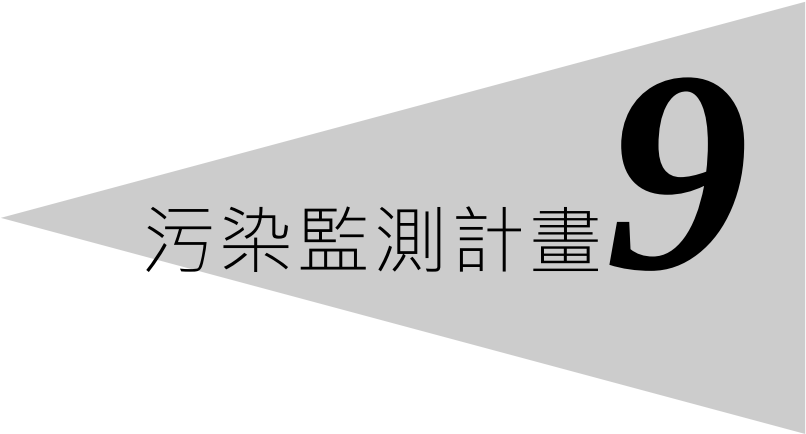


圖 8.2-2 本場址周圍 1 公里居民分布圖

8.3 場址土地未來使用情形之描述

本場址未來在土地使用上無開發之規劃，在整治完成後土地仍為既有工廠使用。



污染監測計畫9

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第九章 污染監測計畫

本計畫污染監測項目包括土壤、地下水及環境定期監測。若發現監測數據異常時將採取應變改善措施，並建置長期監測資料庫，彙整、比對歷次監測數據評估整治成效及作為調整工法之依據。分別說明各項目監測計畫如后。

9.1 場址污染監測計畫

9.1.1 土壤定期監測

本場址土壤污染區域主要為製程區之特化廠與造粒廠西側道路，以及場外舊污水廠放流口處之空地，因此主要針對上述兩區域進行土壤定期監測。彙整土壤監測資料如下：

- 監測頻率：半年 1 次。
- 監測點位：將於土壤污染區定期監測，每次 3 點，包括製程區 2 點及舊污水廠放流口 1 點，監測點位如圖 9.1-1 所示。整治期間若發現污染團有異常變化趨勢，將進行機動性補充調查，以釐清污染分布。
- 採樣深度與樣品篩測：連續採樣至地表下約 12 公尺，土壤管柱以 PID 及 FID 篩測，每點取篩測值最高之樣品送樣分析。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目及氯苯。
- 土壤採樣及分析方法：均遵照環境檢驗所相關公告與方法執行，樣品委託環保署認證之檢測機構分析。

9.1.2 地下水定期監測

地下水監測區域包括高污染區、中低污染區及污染團周界，彙整地下水監測資料如下：

一、污染區地下水定期監測

整治計畫核定高污染區監測井 MW10 與 MW11 為井深度為 8 公尺，開篩於地表下 2~8 公尺監測井，近期監測污染濃度均在低於管制標準和接近管制標準附近起伏，但該區污染深度至 12 公尺，為能確實掌握該區污染改善情形，將改以上述 2 口監測井附近新增井深 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺監測井（MW10-1 與 MW11-1）為地下水定期監測井。

- 監測頻率：每季 1 次。
- 監測點位：共 5 口，監測井位置如圖 9.1-2 所示，中低污染區 3 口（MW4、MW5、MW6），監測井深度為 8 公尺，開篩於地表下 2~8 公尺；高污染區 2 口（MW10-1 與 MW11-1），監測井深度為 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺。整治期間若發現地下水污染團有異常變化趨勢，將進行機動性補充調查，以釐清污染分布。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目、總酚，MW10-1 加測重金屬砷。
- 地下水採樣及分析方法：遵照環境檢驗所相關公告與方法執行（被動式擴散採樣袋或微洗井），樣品委託環保署認證檢測機構分析。

二、污染團周界地下水定期監測

整治計畫核定污染團周界 5 口定期監測井（MW2、MW7、MW8、MW9 及 MW12）歷次每季監測濃度均符合管制標準，且本場址執行整治作業後污染團有逐漸縮小趨勢，為能更確實掌握污染團周界地下水有無污染回升情形，本計畫將改於整治過程中依據污染團變化挑選污染團周界監測井。

- 監測頻率：每半年 1 次。
- 監測點位：至少 5 口，監測井位置如圖 9.1-3 所示，
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目。

- 地下水採樣及分析方法：遵照環境檢驗所相關公告與方法執行（被動式擴散採樣袋或微洗井），樣品委託環保署認證檢測機構分析。

三、分層地下水成效監測

另為確認本場址不同深度地下水污染變化，本計畫每半年將依地下水污染情況針對不同深度井叢進行監測作業，井叢分布如圖 9.1-4 所示，分析揮發性有機物（VOCs）法規管制項目或採用攜帶式氣相層析儀分析地下水中氯苯污染濃度，可依據實際整治情形即時掌握全場污染分布與整治成效，有助於整治系統細部操作調整與掌握本計畫執行進度與品質。

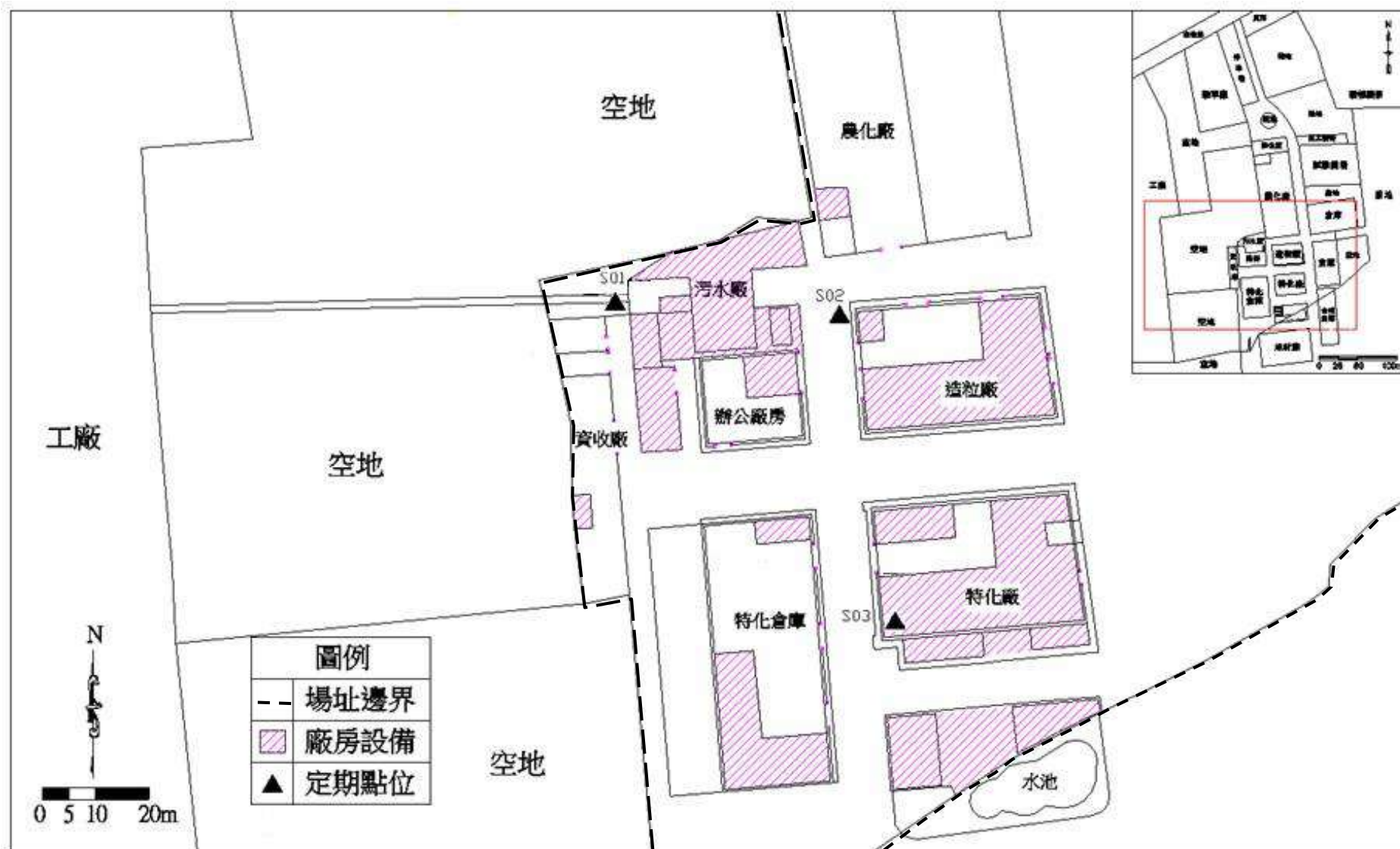


圖 9.1-1 土壤定期監測點

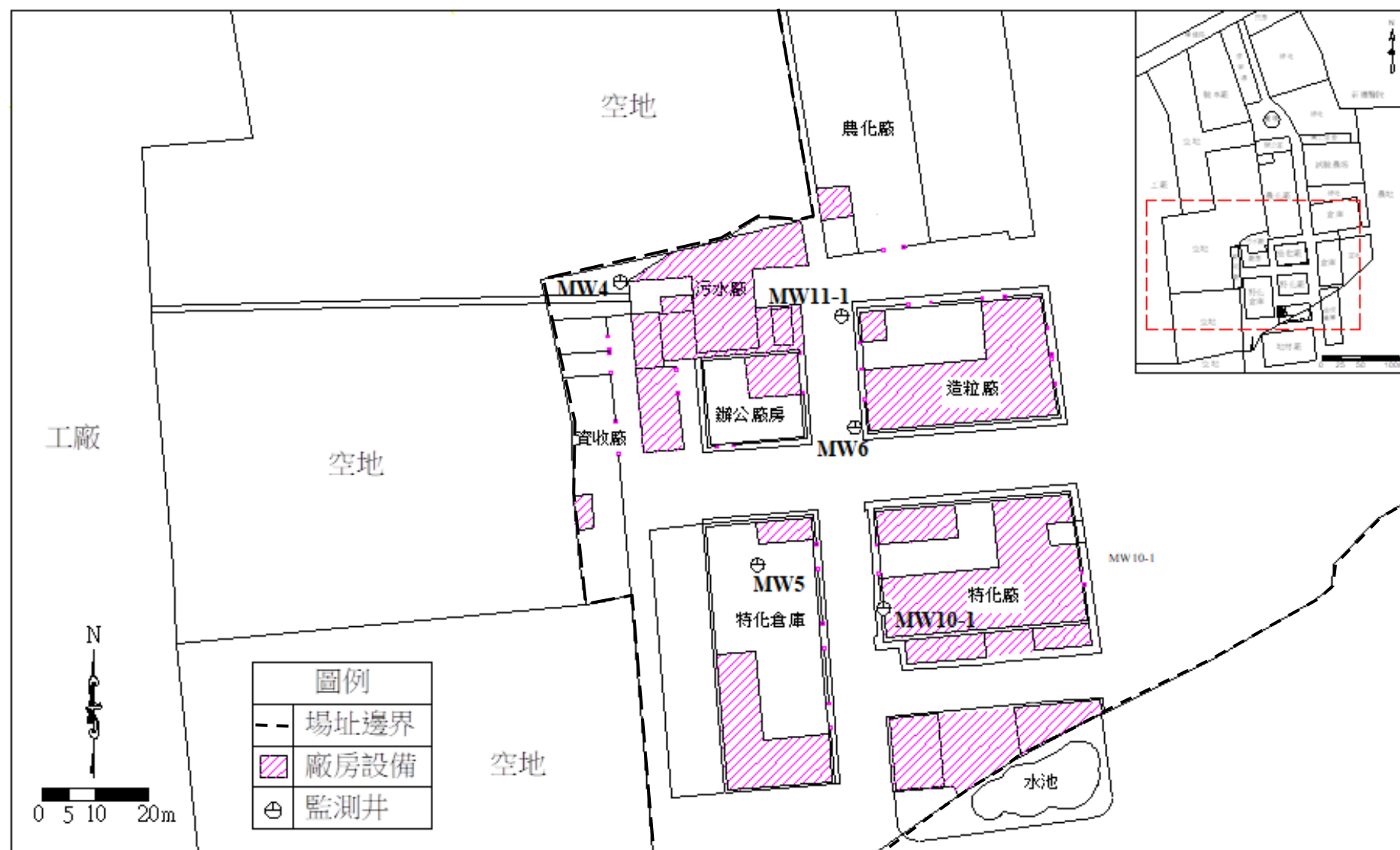
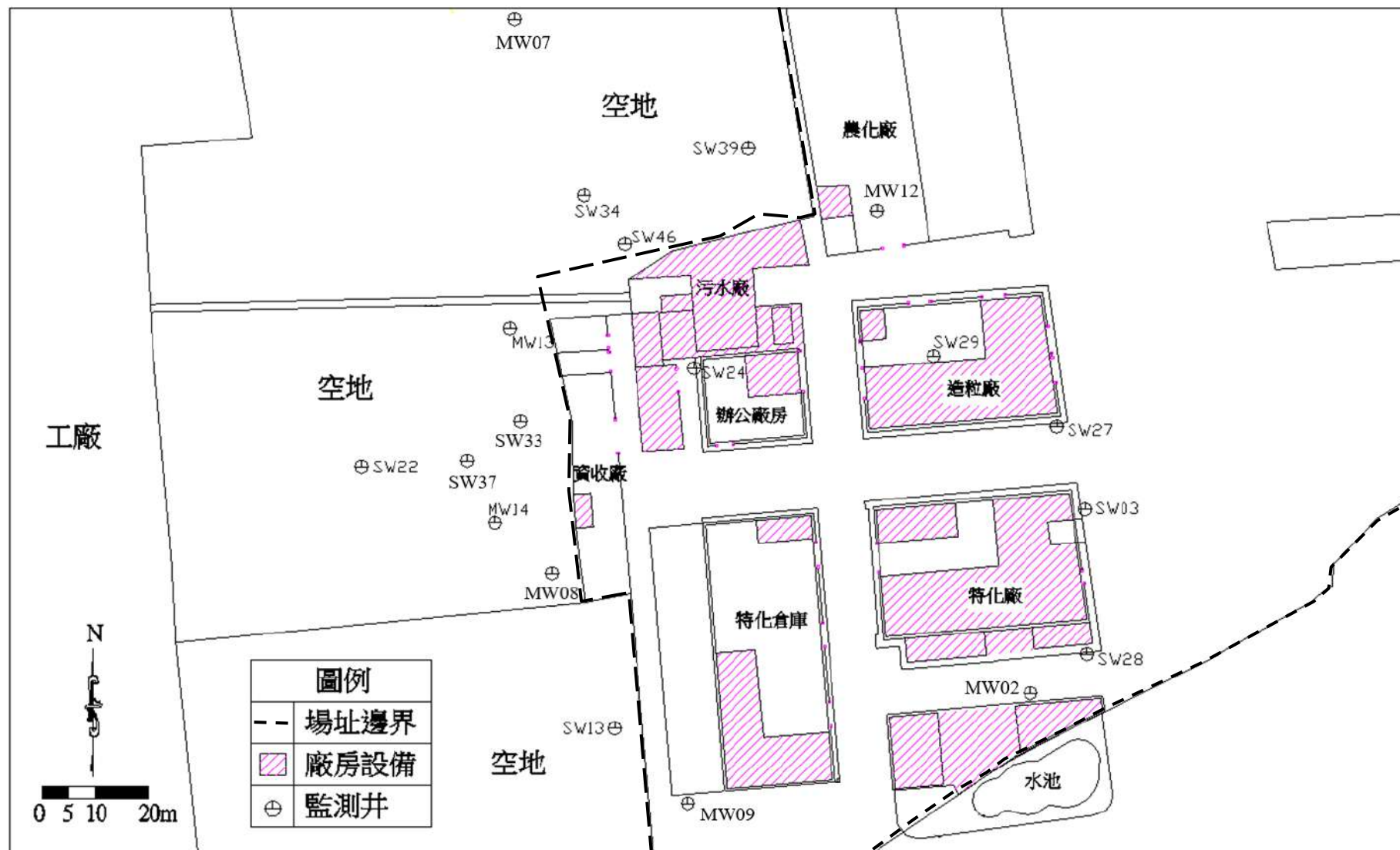
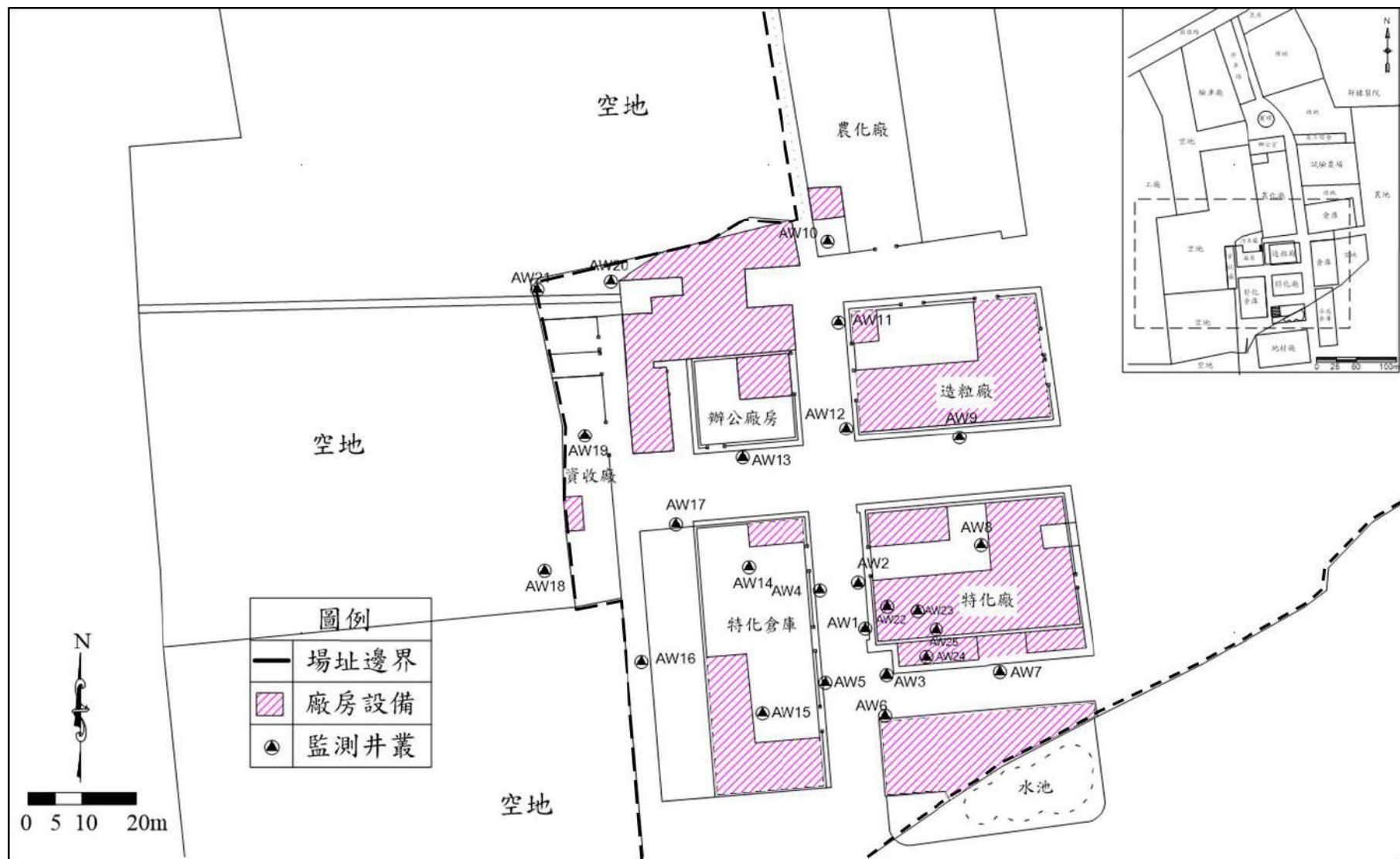


圖 9.1-2 地下水定期監測點



備註：1.井號 MW 表示為 2 吋標準監測井；2.井號 SW 表示為 1 吋簡易井。

圖 9.1-3 周界地下水監測點



備註：依地下水污染深度設置不同深度(4公尺、8公尺及12公尺)的1吋井叢

圖 9.1-4 地下水井叢監測點

9.2 場址環境監測計畫

本計畫於抽水與開挖操作期間將產生廢水、廢氣及噪音等，須辦理相關污染防治工作並執行環境定期監測與訂定管控標準，避免二次污染對環境之衝擊，彙整本計畫環境監測計畫如表 9.2-1。

表 9.2-1 整治期間環境監測規劃

監測項目		監測頻率/管控標準	監測位置
開挖區周界空氣		開挖期間每天1次 / FID監測濃度須小於100ppmV	開挖區周界
復育區周界空氣		翻堆期間每天1次 / FID監測濃度須小於100ppmV	復育區周界
抽水系統尾氣		操作期間每月1次 / FID監測濃度須小於100ppmV	活性炭槽 出口處
土壤復育區尾氣		操作期間每2週1次 / FID監測濃度須小於100ppmV	
污水廠放流水		抽水操作期間每月 1 次 VOCs 及砷監測，每半年 1 次農藥監測 /符合第二類地下水管制標準與放流水管制標準	污水廠 放流口
勞工作業 環境	空氣	每半年 1 次（依勞工作業環境測定實施辦法第 10 條規定） /1,2-二氯乙烷、氯苯、三氯乙烯、氯乙烯、苯、甲苯及二甲苯符合「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」	特化廠 操作區
	噪音	符合勞工安全衛生設施規則第 300 條規定	
周界環境	空氣	抽水操作期間每年1次 /1,2-二氯乙烷、氯苯、三氯乙烯、氯乙烯、苯、甲苯及二甲苯符合「固定污染源空氣污染物排放標準」	場址周界
	噪音	抽水操作期間每季 1 次 /符合第四類噪音管制區（工業為主）工廠(場)噪音管制標準值	

9.3 解除列管後之持續定期監測計畫

當本場址未來解除列管後，將針對污染範圍進行為期兩年的土壤及地下水定期監測，以確保整治完成後無污染物濃度回升或再次污染之虞，土壤及地下水定期監測點位與整治期間相同，監測位置如圖 9.1-1 及圖 9.1-2 所示，相關說明如下：

一、土壤定期監測

本場址土壤污染區域主要為製程區之特化廠與造粒廠西側道路，以及場外舊污水廠放流口處之空地，因此解除列管後主要針對上述區域進行土壤定期監測。彙整土壤監測資料如下：

- 監測頻率：半年 1 次。
- 監測點位：將於土壤污染區定期監測，每次 3 點，包括製程區 2 點及舊污水廠放流口 1 點。
- 採樣深度與樣品篩測：連續採樣至地表下約 12 公尺，土壤管柱以 PID 及 FID 篩測，每點取篩測值最高之樣品送樣分析。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目及氯苯。
- 土壤採樣及分析方法：均遵照環境檢驗所相關公告與方法執行，樣品委託環保署認證之檢測機構分析。

二、地下水定期監測

地下水監測區域包括高污染區與中低污染區，彙整地下水監測資料如下：

- 監測頻率：每半年(豐枯水期)1 次。
- 監測點位：每次 5 口，針對中低污染區監測井 MW4、MW5、MW6(井深為 8 公尺)，高污染區監測井 MW10-1 與 MW11-1(井深 12 公尺)。
- 分析項目：揮發性有機物（VOCs）法規管制項目、總酚，MW10-1 加測重金屬砷。
- 地下水採樣及分析方法：遵照環境檢驗所相關公告與方法執行（被動式擴散採樣袋或微洗井），樣品委託環保署認證檢測機構分析。

污染防治計畫 **10**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十章 污染防治計畫

本計畫執行抽水、開挖及現地土壤復育期間，可能對週遭環境所產生之影響提出相關污染防治措施，以符合相關法規規範及避免環境二次污染，彙整本計畫污染防治規劃如表 10-1 所示。

表 10-1 污染防治規劃

介質	管控標準	監測位置	污染防治措施
空氣	開挖作業期間，土壤中揮發性有機氣體逸散	開挖區周界	暫停作業並執行灑水作業
	復育區周界空氣	復育區周界	暫停翻堆並執行灑水作業
	抽水系統與土壤復育區尾氣FID濃度須小於100ppmV	活性炭槽出口處	加強活性炭更換
	符合「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」	特化廠操作區	
	符合「固定污染源空氣污染物排放標準」	場址周界	
水	污水廠排放流水 VOCs、砷及農藥濃度符合地下水第二類管制標準與放流水管制標準	污水廠放流口	加強廢水前處理效能，如加強曝氣、更換活性炭等措施
噪音	符合第四類噪音管制區（工業為主）工廠(場)噪音管制標準值	場址周界	機具檢查、保養，或增加隔音設計
	符合勞工安全衛生設施規則第300條規定	特化廠操作區	1.設置於非主要工作場所 2.操作人員戴用耳塞、耳罩等防音防護具

10.1 空氣污染防治

本場址屬於 VOCs 污染土壤，本計畫使用改善方法為抽水、開挖及排客土法，故施工期間將有各種污染改善之機具及運輸車輛進出本場址，及土壤復育之 VOCs 逸散。因此於改善作業執行期間可能產生懸浮微粒、VOCs 等污染物，對本場址附近空氣品質將產生若干程度影響。為避免污染改善期間，揮發性有機氣體逸散造成周界環境空氣品質下降，於作業期間本計畫將定期監測系統尾氣，評估尾氣處理成效，並每半年監測勞工作業環境及每年監測場址周界空氣品質，以分別符合「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」及「固定污染源空氣污染物排放標準」。

於執行抽水及土壤復育區操作期間，將抽除地下環境中或土壤中 VOCs 之氣體，氣體均經密閉桶槽、管線收集後以柱狀活性碳處理，活性碳更換頻率視監測結果調整，揮發性有機物排放管控標準為濃度小於 100ppmV。於抽水操作期間將每月至少量測 1 次活性碳槽出口端氣體之 VOCs 含量（以 FID 量測）確認活性碳之吸附功能，另於土壤復育區抽氣期間將每 2 週以 FID 量測排放氣體濃度，操作期間若發現活性碳槽後端出口氣體之 FID 讀值接近 100ppmV，則立即暫停系統運作與更換活性碳，並於重新啟動後再次確認活性碳之處理成效，活性碳由供應廠商更換及回收處理。

開挖與土壤復育作業期間分別於開挖區與復育區周界以 FID 進行監測，土壤開挖與翻堆期間監測頻率每天紀錄 1 次，作業期間若量測值大於 100 ppmV 以上將立即停止作業，進行灑水，待測值降至 100 ppmV 以下後方可繼續施作；另各項工程施工作業及車輛進出等因素，均可能引起施工場所及所經路線塵土飛揚，將採取下列維護及預防措施，以降低環境危害：

1. 加強改善作業場址環境管理，以降低逸散性灰塵之飛揚。
2. 選用狀況良好之施工機具及運輸車輛，限制老舊施工機具或設備使用，並做好定期及不定期保養維護與檢查工作，以減少污染物排放量。
3. 由於施工場所揚起粒狀物與挖填面大小成比例關係，因此採取分區開挖可直接減少同一時間排放源面積。
4. 機具及車輛選用高品質燃料，如低硫柴油等，以減低污染物排放。

5. 運輸路線避免穿越人口稠密區域，如無法避免，則加強行駛規範，避開尖峰時段或降低車速，以減少塵土飛揚，並定期清掃運輸道路及施工道路。
6. 駛出工地車輛須加蓋帆布，必要時加以清洗輪胎及車體表面，避免工區泥砂沾黏帶出。
7. VOCs 逸散防治：復育區以防水帆布覆蓋，並加設抽氣設備，抽除之氣體導入活性炭吸附設備後，再排放至大氣環境中。

10.2 水污染防治

本計畫執行抽水法操作期間所抽除受污染之地下水，經本場址新設之污水廠處理（氧化處理與活性污泥法）後放流，污水廠放流水之承受水體為麻豆埤頭大排，除本場址污水廠外另有其他來源，上游主要為農地、本場址放流口旁亦為空地，下游則流經工業區。詳細相關處理單元設計與流程規劃於 7.2.5 節，關切污染物排放標準為第二類地下水管制標準與放流水管制標準，於整治期間每月 1 次放流水 VOCs 及砷監測，以及每半年 1 次農藥監測。

操作期間若發現放流水中關切污染物之濃度接近第二類地下水管制標準或放流水管制標準，則立即暫停整治系統運作，經檢查各處理單元或更換活性炭後重新啟動，並再確認前處理系統及污水廠之處理成效。

10.3 噪音污染防治

本計畫主要噪音來源為整治設備操作、土壤開挖與復育作業時機具操作，機具運轉操作時，除加強管理外，應盡量避免夜間施工。整治設備主要設置於非主要工作場所，操作期間將定期檢查其運作情形，進行調整與維修，避免不當之震動與摩擦。除依勞工安全衛生設施規則第 300 條規定，定期監測與採取適當措施（減少暴露時間、戴用防護具及降低噪音）外，亦將於場址周界監測噪音情形，本計畫噪音監測頻率為每季 1 次，以第四類噪音管制區（工業為主）工廠(場)噪音管制標準值為管控標準。

場址安全衛生計畫 **11**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十一章 場址安全衛生計畫

11.1 場址危害性評估

於現場可能面臨之危害種類包括：物理性危害、化學性危害、人因工程傷害及其他作業傷害等四種，如何能在工作中避免或減少上述四種傷害發生，有賴平常的教育訓練與個人對安全衛生之警覺性，因此於進行相關作業時，必須根據各項作業之潛在危害之程度，選擇使用適當之防護設備，以確保個人作業環境之安全。茲針對上述四項危害種類概述如下：

一、 物理性危害

1. 噪音：在鑿井機具或設備（如發電機）旁，通常會曝露於過量噪音下，為防止作業人員受到噪音之危害，每人必須配戴聽力保護設備（如耳塞、耳罩）。
2. 揚塵：在開挖過程中，可能會造成塵土飛揚，為防止作業人員吸入揚塵而造成呼吸道不適，因此每人須配戴口罩方可進行作業。
3. 墜落：若有管線地下化工程將續進行管溝開挖，未回填區域鋪設鐵板，以防止人員有跌落受傷之情形發生，並於開挖作業完成後立即回填，以確保人員工作之安全。

二、 化學性危害

本場址為有機污染物（1,2-二氯乙烷、苯、氯苯、甲苯、三氯乙烯、氯乙烯），作業人員應避免直接接觸含有污染之土壤及地下水，且整治工法中會使用 EHC 或氧化劑等化學藥品，因此在執行相關作業時，須先了解物質安全資料表（附件十二）及配戴個人防護具（如橡膠手套），以確保個人安全。

三、 人因工程傷害

本場址使用重型機具（如怪手）進行開挖作業，於作業時可能會影響到之作業範圍應避免人員進入，以避免被怪手之迴轉半徑撞傷。現場若有存放物料時，應整齊堆置避免人員跌倒、壓傷等。

四、 其他作業傷害

1. 本場址整治作業區域大多為無遮蔽物之開放式作業場所，因此應注意氣溫可能造成作業人員之傷害，應適時補充水分及於陰涼處適時休息，以避免作

業人員有中暑之虞。

2.本場址內常有大型貨車及堆高機等車輛移動，因此在整治過程中，應注意車子的動向與安全措施（如圍籬、交通錐、警示燈等）須妥善設置，以避免作業人員或現場人員遭受到車輛之撞擊。

11.2 人員防護裝備

本場址在執行整治作業時，應避免作業人員操作上之疏忽而釀成工安意外。因此，現場整治作業區之個人基本防護裝備如下：

所執行之工安管理措施包括：

- 一、 安全帽。
- 二、 活性碳口罩。
- 三、 棉質工作手套、橡膠手套。
- 四、 工作安全鞋。
- 五、 現場作業人員須穿著適合於施工作業之服裝（如長袖衣褲）。

11.3 施工圍籬架設及標示

本場址於整治作業期間，視整治作業進度及現場狀況，於現場劃分整治作業區與非整治作業區二種，其中整治作業區會以安全圍籬或交通錐將其區分，以讓大家有所警覺。另經使用過之受污染設備要集中放入預備之容器，連同現場廢棄物一併處理。

11.4 環境維護及綠美化設施

本場址於整治期間，應維護工地之整潔，並於工程結束後確保垃圾皆有進行清除，且道路應進行清掃。

11.5 緊急應變計畫

本計畫將擬定現場工作方法及安全衛生工作守則，工地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，以決定是否需修正工作內容。並建立救護與通報程序，發生如火災或其他緊急事件，而無法控制且有擴大之慮時，應立即依照本計畫規劃之緊急應變計畫運作流程（如圖 11-1）執行，由工地負責人與現場安全衛生負責人主導與通知相關支援單位（如表 11-1），並由安全

衛生負責人研判現場狀況，評估是否暫停作業或機具檢修，各級負責人的職掌如表 11-2 所述。

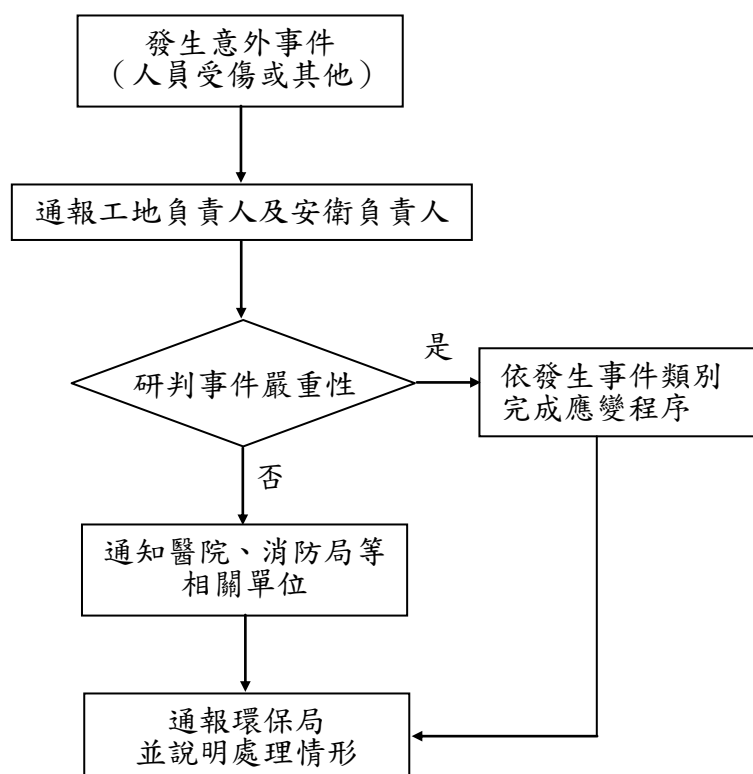


圖 11-1 意外及緊急事件通報流程

表 11-1 場址鄰近環保及醫療、警察、消防資源

機構種類	單位名稱	電話
主管機關、警察局、消防隊	行政院環境保護署	02-23832389
	臺南市政府環保局	06-2686751
	臺南市政府警察局-麻豆分局 (台南市麻豆區興國路6號)	06-5722031
		110
	臺南市政府消防局-第二大隊麻豆分隊 (台南市麻豆區興國路9號)	06-5718130
		119
勞工安全衛生主管機關	勞委會南區勞動檢查所 (高雄市新興區七賢一路386號)	07-2354861
鄰近醫院	新樓醫院麻豆分院 (台南市麻豆區小埤里苓子林20號)	06-5702228

表 11-2 各級負責人安全衛生權責表

計畫主持人	- 計畫之執行與協調。 - 研擬及修改安全與衛生計畫。 - 管理與運作。 - 專案調查小組之組成與運作。 - 安全與衛生計畫之製定與執行。 - 與業主及其他主管機關之聯繫。
現場負責人	- 調查與復育計畫之運作。 - 工作計畫之執行。 - 與安衛管理員研擬個人防護設備之等級。 - 現場管制。 - 運作紀錄。 - 緊急應變聯絡者。 - 代理計畫主持人。
工安負責人	- 本安全衛生計畫之現場執行，若現場人員之行為逾越本規範，應予以制止且記錄於管理計畫中，並向計畫主持人報告。 - 訂定防護安全設備等級與需求。 - 安全防護設備之檢視。 - 安全防護設備之維修與保存。 - 現場人員進出之管制。 - 員工是否適於現場工作之安全考量。 - 員工衛生與安全計畫之製訂。 - 緊急應變聯絡者。 - 現場緊急急救之協調與執行。 - 工地管制區之規劃。 - 廢棄物之管理。 - 員工醫療紀錄之保存。 - 意外紀錄之撰寫與保存。
現場工作人員	- 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之規定。 - 服從安全衛生管理員之糾正。 - 依工作計畫書之規定執行其所負責之工作。 - 若有安全疑慮應向現場經理報告或與安全衛生組討論。 - 切勿單獨工作。 - 若遇意外發生，立即向現場負責人或公安負責人報告。

整治完成之自行驗證方式
及採樣檢測規劃

12

第十二章 整治完成之自行驗證方式 及採樣檢測規劃

12.1 自行驗證標的污染物及目標

本計畫整治目標為污染物濃度低於土壤及地下水污染整治法所訂定之污染管制標準，本場址之標的污染物土壤為苯及 1,2-二氯乙烷，地下水為苯、甲苯、氯苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烯、砷及可能之相關副產物（如二氯乙烯），各污染物管制標準如第六章表 6-1 所列。

12.2 自行驗證方式與土壤、地下水採樣檢測規劃

本計畫自行驗證之土壤及地下水採樣及分析工作，均委託取得環保署認證之檢測機構依最新公告之採樣與分析方法辦理，待確認驗證結果均已符合整治目標後提送報告予臺南市環保局申請覆驗，若須進行第二次（含）以上驗證，費用由本公司支付。分別規劃土壤、地下水及復育區驗證方法如下：

一、土壤驗證規劃

針對本場址公告土壤污染管制區及整治場址地號進行驗證，土壤污染區域（特化場及造粒廠西側道路）以 20 公尺網格佈點採樣，周邊中低污染區則規劃 50 公尺網格佈點採樣。此外，另針對有污染情形之污水廠放流口及未發現污染之農化廠佈點驗證，共計 10 點，規劃驗證點位如圖 12.2-1 所示，採樣深度至地表下 12 公尺，採樣過程約每 50 公分土壤管柱以 PID 及 FID 篩測，每點挑選篩測值最高之深度樣品分析，分析項目為土壤 VOCs 法規管制項目。

二、地下水驗證規劃

待定期監測連續 2 季低於管制標準後，將啟動自行驗證作業，針對整治前之高污染區（污染深度至地表下 12 公尺，以 6~12 公尺污染濃度最高）、中低污染區（污染深度至地表下 8 公尺，以 5~8 公尺污染濃度最高）及污染團邊界進行驗證，高污染區 2 口（MW10-1 及 MW11-1）、中低污染區 4 口（MW4、MW5、MW6、MW8）及上、下游 3 口（MW7、MW2 及 MW9），規劃驗證點位如圖 12.2-2，其中 MW10-1 與 MW11-1 井深為 12 公尺，開篩於地表下 6~12 公尺，其餘井深均為 8 公尺，開篩於地表下 2~8 公尺，共 9 口。分析項目為地下水 VOCs 法規管制項目、五氯酚、2,4,5-三氯酚及 2,4,6-三氯酚，另於監測井 MW10-1 加測砷。

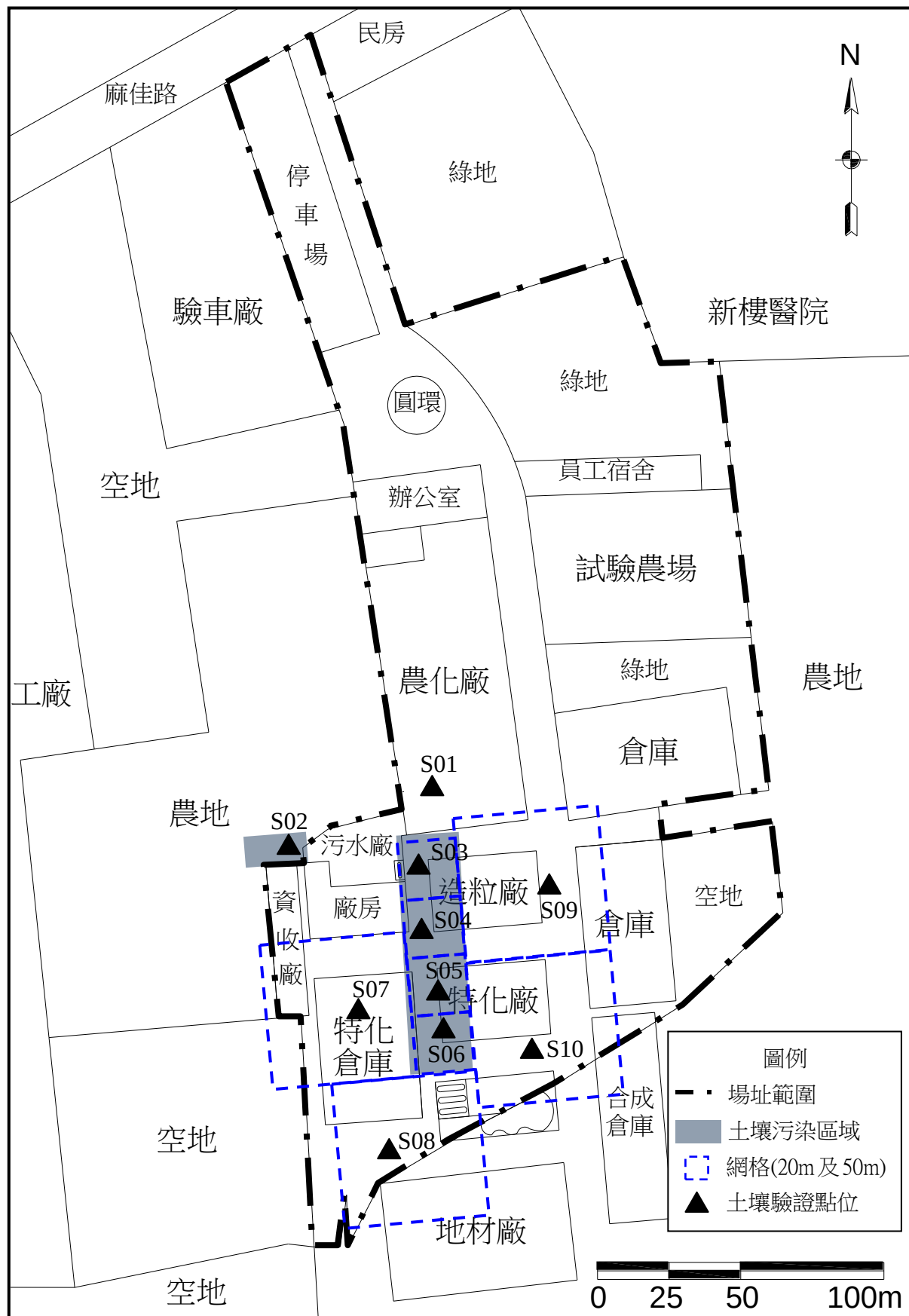


圖 12.2-1 土壤驗證點位

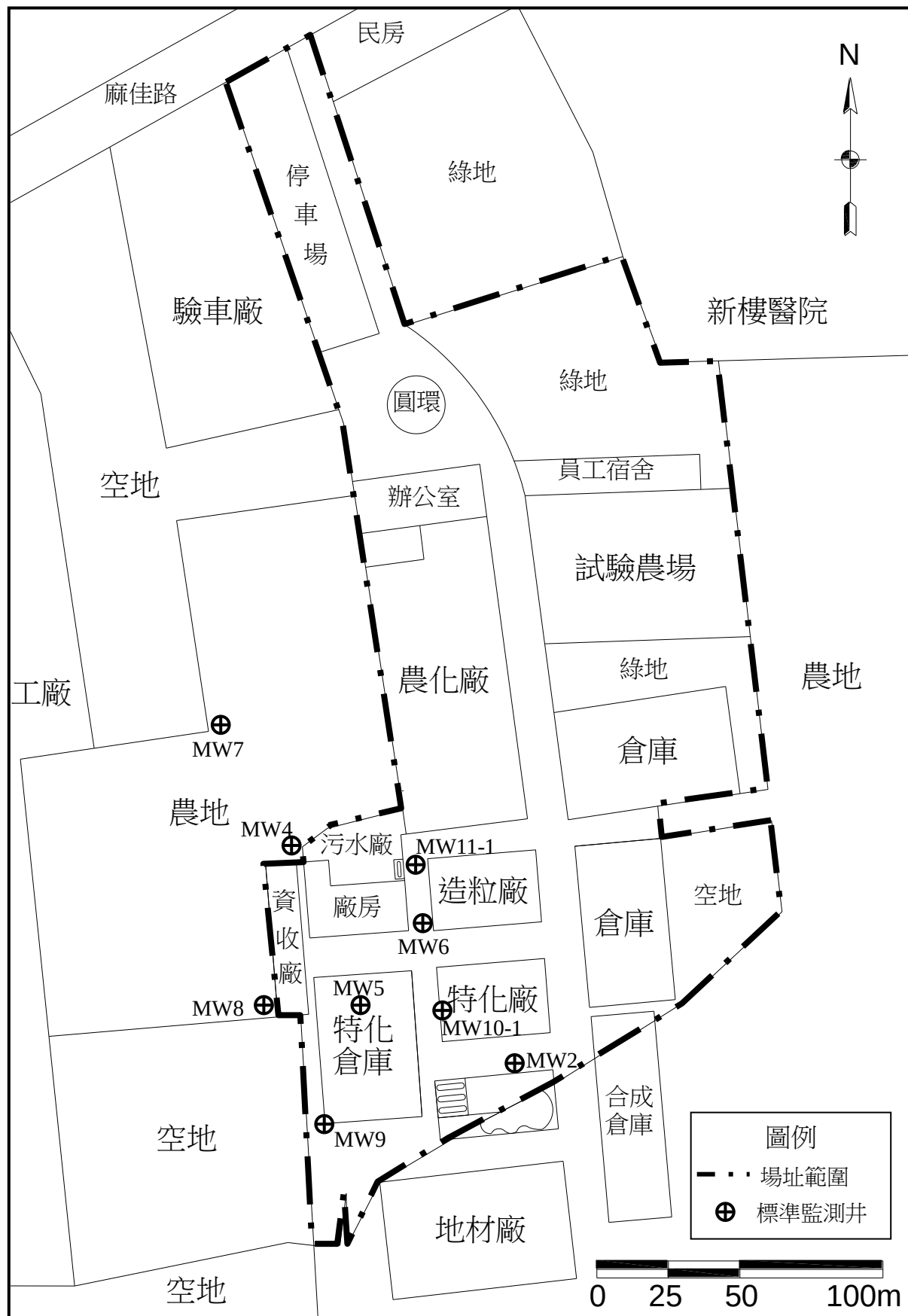


圖 12.2-2 地下水驗證點位

三、土壤復育區驗證規劃

針對本場址土壤復育完成土方，將每 100 立方公尺執行 1 個樣品分析，委由認證實驗室分析土壤 VOCs 管制項目與氯苯，分析結果 VOCs 需低於土壤污染管制標準值二分之一，氯苯需小於 75mg/kg(氯苯目前尚無訂定土壤污染管制標準，但於 102 年 12 月 16 日行政院環保署預告「土壤污染管制標準」修正草案中，有增訂氯苯土壤污染管制標準為 150mg/L，因此以此作為土壤中氯苯管控標準)，並於進度成果報告期間提出土壤復育完成驗證申請，待台南市環保局驗證通過後將回填至本公司空地或送至合格土資場。

整治經費預估 **13**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十三章 整治經費預估

13.1 整治經費推估

本計畫變更後主要整治工作包括抽水法、開挖法、化學氧化或生物處理法操作，整治經費涵蓋土壤開挖與處理、整治系統建置、定期維護與操作、藥劑購買、監測作業及相關管理費用，後續全場整治經費估算為新台幣肆仟玖佰肆拾萬元整，明細如表 13.1-1 所示。

13.2 整治經費來源

本計畫整治經費來源將由本公司全額負擔，由於本場址污染範圍大、整治技術複雜且不確定性高，造成整治經費龐大，經考量在完成整治之情況下可同時兼顧公司永續經營，將採取較長之整治期程，每年提撥固定整治經費（約 1,000 萬元）以維持公司正常營運，以分階段、分區之整治方式逐步完成全場整治，除可避免影響公司經營而造成整治工程之延宕或成效不彰，亦為整治難度較高場址之較佳整治策略。

表 13.1-1 計畫變更後全場整治費用估算

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
一	污染整治				
1.1	土壤開挖與處理	式	1	4,000,000	4,000,000
1.2	整治系統建置	式	1	6,000,000	6,000,000
1.3	定期維護與操作	式	1	15,000,000	15,000,000
1.4	化學氧化藥劑	式	1	10,000,000	10,000,000
1.5	生物整治藥劑	式	1	3,000,000	3,000,000
二	成效監測與評估	式	1	7,000,000	7,000,000
三	自行驗證採樣檢測	式	1	800,000	800,000
四	報告撰寫與技師簽證	式	1	3,600,000	3,600,000
總計					49,400,000



整治期程 **14**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十四章 整治期程

14.1 整治期程規劃

本計畫於 103 年 9 月開始執行全場整治(原整治計畫期程如表 14.1-1 所示)，污染洩漏區位於特化廠洗滌塔區域，該區設備因為要配合廠內生產作業，故先於周邊進行污染處理與控制，但於整治過程中殘留於該區污染物會持續滲出，導致污染處理成效較差，整治期間雖隨時依現場狀況調整操作參數與增加整治井密度，但建物下仍有局部區域污染殘留問題。為能加速後續污染整治成效，本公司調整廠內生產作業，於民國 109 年拆除該區部分設備後，於污染洩漏源區進行土壤及地下水補充調查，並進一步評估地下水分層污染範圍，調查結果顯示該區土壤及地下水污染較目前 DPE 整治區域嚴重，且污染源區土壤尚有高濃度污染殘留，評估無法如期完成整治作業，除了調整及變更整治工法外，並提出整治計畫期程展延，以利本場址整治作業，原整治計畫期程至 112 年 3 月預計展延至 117 年 3 月，變更後整治期程如表 14.1-2 所示。

本計畫依據第七章整治方法之流程與規劃，預計於高污染區(污染洩漏區)進行土壤開挖與土壤復育作業，預計期程需 6 個月，並依污染特性分區整治，高污染區尚有污染物殘留於土壤中，且無法開挖區域將先抽除純相污染物，再以化學氧化法抽注系統整治，中低污染區預計採取生物整治法處理。整治過程中如有整治成效不佳之情形(未達年度整治目標)，地下水污染區域優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或更新整治系統(包含整治設備、整治井、整治藥劑)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制；土壤污染區域將搭配替代工法進行界面活性劑沖排整治，整治操作期程約需 63 個月，整治完成自行驗證與提出整治完成報告約需 3 個月。整治期間將定期辦理土壤、地下水及環境監測，以評估整治成效及避免二次污染發生，詳細規劃於第九章。

考量本場址土壤質地以粉土質黏土為主，土壤透氣性與地下水滲透性均較差，將影響污染物移除及藥劑傳輸效率，因此整治所需時間較長，另由相關實場案例與前期整治經驗顯示含氯有機物污染整治亦需較長之期程，因此本計畫規劃延長 5 年整治期程，藉由縝密整治規劃、確實現場整治作業與詳實監測評估，確保本場址如期如質完成整治，避免解除列管後地下水污染物濃度有回復之情形。

表 14.1-1 計畫整治期程-變更前(1/2)

項次	工作項目	102年			103年				104年				105年				106年			
		4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月
一	現地試驗																			
1.1	雙相抽取法現地試驗																			
1.2	生物/化學法試驗																			
二	污染帶區地下水整治																			
2.1	邊界整治牆設置																			
2.2	現地生物/化學法操作																			
三	污染源區土壤及地下水整治																			
3.1	雙相抽取法操作																			
3.2	整治成效與工法轉換評估																			
四	定期監測																			
4.1	土壤定期監測(每年3、9月)																			
4.2	地下水定期監測 (每年3、6、9、12月)																			
4.3	環境定期監測																			
五	半年進度報告(每年1、7月)																			
六	自行驗證																			

表 14.1-1 計畫整治期程-變更前(2/2)

項次	工作項目	107年				108年				109年				110年				111年				112年
		1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月
一	現地試驗																					
1.1	雙相抽取法試驗																					
1.2	生物/化學法試驗																					
二	污染帶區地下水整治																					
2.1	邊界整治牆設置																					
2.2	現地生物/化學法操作																					
三	污染源區土壤及地下水整治																					
3.1	雙相抽取法操作																					
3.2	整治成效與工法轉換評估	▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		
四	定期監測																					
4.1	土壤定期監測(每年3、9月)	▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		
4.2	地下水定期監測 (每年3、6、9、12月)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
4.3	環境定期監測																					
五	半年進度報告(每年1、7月)	▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲
六	自行驗證																					

表 14.1-2 計畫整治期程-變更後

項次	工作項目	原整治計畫期程	新增整治期程																				
		111年	112年				113年				114年				115年				116年				117年
		10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月
一	中低污染區-地下水整治																						
1.1	生物整治(好氧)																						
二	高污染區-土壤及地下水整治																						
2.1	土壤開挖與復育作業																						
2.2	純相抽除、化學氧化法抽注系統																						
2.3	替代方案或工法																						
2.4	整治成效評估	▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲	
三	定期監測																						
3.1	土壤定期監測(每年3、9月)		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		
3.2	地下水定期監測(每年3、6、9、12月)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
3.3	環境定期監測																						
四	半年進度報告(每年1、7月)		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲		▲
五	自行驗證																						

註：———未達年度預計目標時執行替代工法

14.2 整治預計達成目標

為確保如期、如質完成本場址污染整治，本計畫依據場址及工法特性估算土壤及地下水整治預計達成目標，彙整如表 14.2-2 所示。

本計畫土壤及地下水污染以現地工法整治，純相抽除、化學氧化法抽注系統及好氧生物整治處理，均可降低土壤及地下水污染程度，針對本場址高污染區（特化廠及造粒廠西側道路）之土壤定期監測點位(S02、S03)與地下水定期監測井(MW10-1、MW11-1)，及中低污染區位於高污染區下游地下水定期監測井(MW5、MW6)規劃年度達成目標，查核點位如圖 14.2-1 與圖 14.2-2 所示，評估項目為各點位之超標污染物（氯苯、甲苯、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、三氯乙烯或苯）。

本場址氯苯之污染濃度及污染總量最高且污染範圍最大，是本場址能否整治成功之關鍵，將依據前期氯苯整治成效推估後續預計處理成效，污染消減預計達成目標與削減率計算方式說明如下。

一、污染消減預計達成目標估算

本場址高污染區主要整治工法為化學氧化法抽注系統，中低污染區主要整治工法為好氧生物整治，依據前期此二工法整治結果計算氯苯一階反應速率(如圖 14.2-3 與圖 14.2-4)來推估各區每年削減率。

高污染區主要整治工法為化學氧化法抽注系統，化學氧化氯苯反應速率常數約 $0.007 \sim 0.013 \text{ day}^{-1}$ ，若以最慢反應速率常數 0.007 day^{-1} 計算目前高污染區氯苯最高污染濃度 157 mg/L ，約需 722 天能使地下水氯苯濃度低於管制標準 1 mg/L ，考量高污染區存在之純相物質或土壤中殘留相污染物持續溶出，而現地整治會進行分區抽注作業，並非連續持續注藥，因此於達成目標另將安全係數納入約需多 2.5 倍時間(反應速率常數以 0.0028 day^{-1} 計算)，高污染區保守估計約需 5 年時間可達本計畫整治目標。

本場址中低污染區主要整治工法為好氧生物整治，計算前期好氧生物整治對氯苯一階反應速率，其反應速率常數約 $0.015 \sim 0.0188 \text{ day}^{-1}$ ，若以最慢反應速率常數 0.015 day^{-1} ，計算目前中低污染區氯苯濃度均低於 10 mg/L ，約需 153 天能使地下水氯苯濃度低於管制標準 1 mg/L ，考量本場址中低污染區分布較廣，因此採分區整治，預計每年可完成一區整治作業。

二、年度污染消減率計算

整治成效之評估方法係以目標查核井各標的污染物之濃度削減率為查核目標，將以目前最近一次監測污染物濃度值(表 14.2-1)，為監測井之初始污染濃度，削減率之計算方式如下列公式。

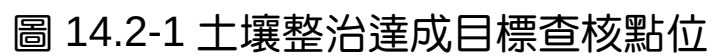
$$\text{削減率} = ((\text{初始濃度值} - \text{查核點之濃度值}) / \text{初始濃度值}) \times 100\%$$

三、整治過程中年度污染削減率計算

然而，根據前期場址整治經驗，整治期間污染物濃度雖會呈現下降趨勢，但於整治過程中污染濃度仍會有上下起狀況，或於調整工法初期呈現上升之趨勢而後再下降，若於地下水整治過程中，測得標的污染物之濃度超過初始濃度值，則本計畫將以該標的污染物於整治期間所測得之最高濃度值作為削減率之計算基準，故削減率之計算方式將更改如下列公式。

$$\text{削減率} = ((\text{最高濃度值} - \text{查核點之濃度值}) / \text{最高濃度值}) \times 100\%$$

整治過程中如有局部整治成效不佳之情形且未達預計年度目標，地下水污染區將優先檢討評估整治系統設計與操作方式，進行適當調整與確認，必要時將新增或調整整治系統(包含整治井、藥劑調配、注藥方式)，以克服藥劑分布不均、局部污染累積、低滲透性地質之現地整治限制，例如可採用直接灌入法(Direct Push)之注藥方式，可針對特定位置、深度高壓加藥，增加低滲透性地層之整治成效；土壤污染區域將搭配替代工法進行界面活性劑沖排整治。



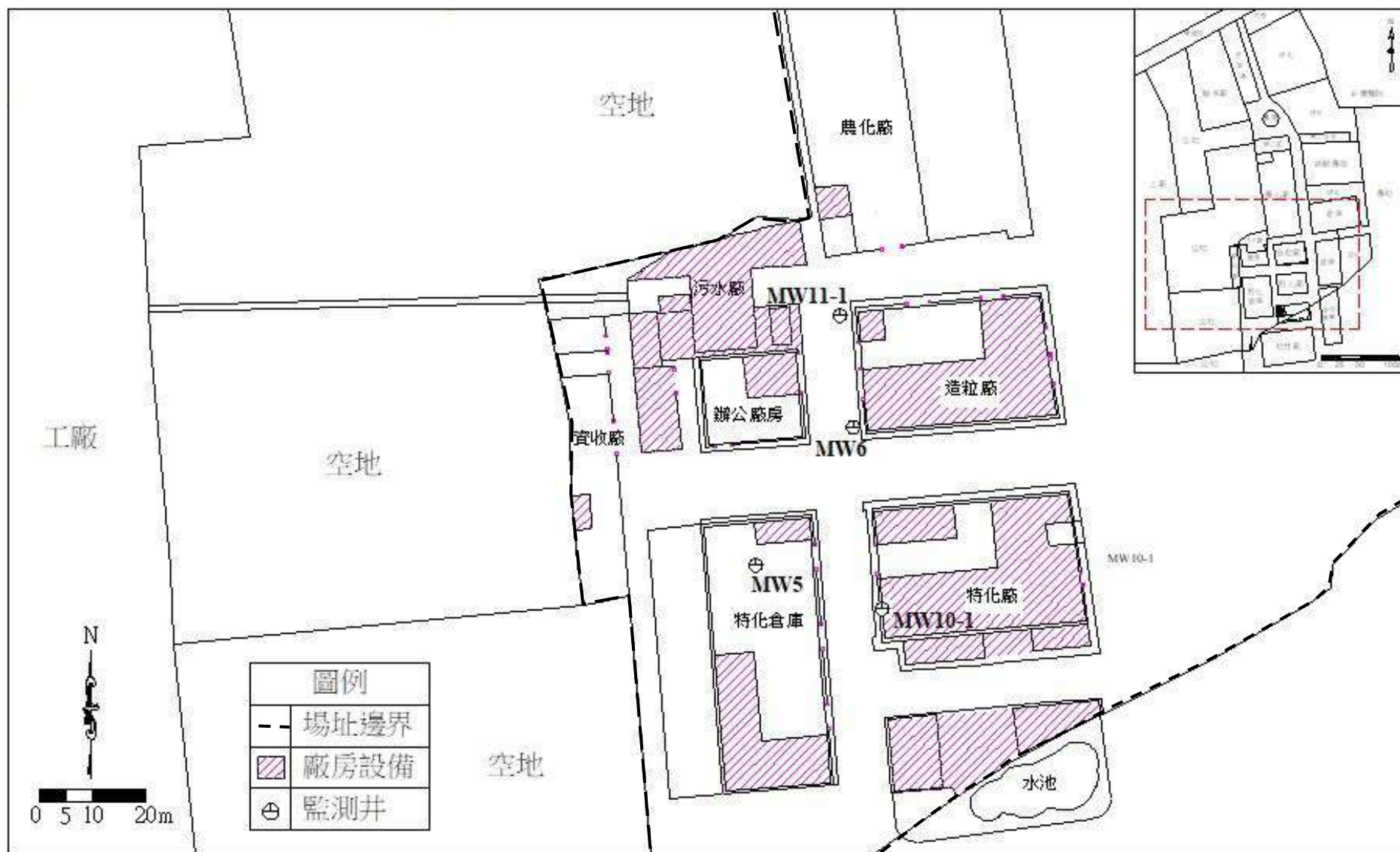


圖 14.2-2 地下水整治達成目標查核點位

表 14.2-1 本計畫查核點最近監測結果

監測位置	土壤(mg/kg)			地下水(mg/L)			
	特化廠 (S03)	造粒廠 (S02)		特化廠 (MW10-1)	造粒廠 (MW11-1)	MW5	MW6
採樣日期(年/月)	111/9	111/3	111/9	111/9	111/9	111/9	111/9
氯乙烯	ND	ND	ND	2.21	<0.100	<0.0500	<0.0500
反-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
順-1,2-二氯乙烯	ND	ND	ND	<0.098	<0.098	<0.0490	<0.0490
氯仿	ND	ND	ND	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
四氯化碳	ND	ND	ND	<0.101	<0.101	<0.0505	<0.0505
苯	3.32	0.04	ND	10.2	4.9	<0.0500	<0.0500
1,2-二氯乙烷	5.94	0.01	ND	9.55	0.297	<0.0500	<0.0500
三氯乙烯	ND	ND	ND	0.143	<0.100	<0.0500	<0.0500
1,2-二氯丙烷	ND	ND	ND	—	—	—	—
甲苯	<2.00	0.01	ND	29	<0.100	<0.0500	<0.0500
四氯乙烯	ND	ND	ND	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
乙苯	3.09	0.03	1.18	0.366	0.324	<0.0500	<0.0500
二甲苯	11.2	0.44	4.01	1.17	0.969	<0.150	<0.150
1,3-二氯苯	ND	ND	ND	—	—	—	—
1,2-二氯苯	ND	ND	ND	<0.099	<0.099	<0.0495	<0.0495
氯苯	627	1,400	137	157	137	2.46	1.47
氯甲烷	—	—	—	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
1,1-二氯乙烯	—	—	—	<0.099	<0.099	<0.0495	<0.0495
二氯甲烷	—	—	—	<0.100	0.149	<0.0500	<0.0500
1,1-二氯乙烷	—	—	—	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
1,1,1-三氯乙烷	—	—	—	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
1,1,2-三氯乙烷	—	—	—	<0.099	<0.099	<0.0495	<0.0495
1,4-二氯苯	—	—	—	<0.100	<0.100	<0.0500	<0.0500
萘	—	—	—	<0.098	<0.098	<0.0490	<0.0490

註：粗體、灰底表超過地下水管制標準；「—」表未監測。

表 14.2-2 本計畫土壤及地下水整治年度污染消減預計達成目標

監測點位與 削減率計算 基準 查核時間		高污染區				中低污染區	
		土壤		地下水			
		特化廠 (S03)	造粒廠 (S02)	特化廠 (MW10-1)	造粒廠 (MW11-1)	MW5	MW6
超過管 制標準 濃度 (mg/L)	氯苯	627	註 ⁵	157	137	2.46	1.47
	甲苯	—	—	29	—	—	—
	氯乙烯	—	—	2.21	—	—	—
	三氯乙烯	—	—	0.143	—	—	—
	苯	—	—	10.2	4.9	—	—
	DCA	—	—	9.55	0.297	—	—
113 年 3 月		30%	35%	30%	30%	註 ⁶	低於地 下水整 治目標
114 年 3 月		50%	60%	60%	60%		
115 年 3 月		60%	70%	80%	80%	低於地 下水整 治目標	
116 年 3 月		70%	80%	90%	90%		
117 年 3 月		低於 150mg/kg		低於地下水整治目標			

註：1. DCA 為表示 1,2-二氯乙烷。

2. 計畫變更後第二年開始查核，並以各年第一季之定期監測結果為查核依據。

3. 地下水削減率初始濃度計算基準為各查核井最近一次監測值。

4. 特化廠土壤削減率初始濃度計算基準為該區域氯苯測得最高值。

5. 造粒廠土壤削減率初始濃度以 112 年 3 月該區域氯苯測得最高值為計算基準，因造粒廠土壤氯苯濃度於 3 月與 9 月變化太大(如表 14.2-1)，為能較嚴謹確認該區污染狀況，將於 112 年 3 月進行土壤採樣確認。

6. 特化倉庫(MW5)預計於 113 年開始進行生物整治作業。

7. 因土壤氯苯濃度無管制標準，本計畫參考 102 年 12 月 16 日行政院環保署預告「土壤污染管制標準」修正草案中，有增訂氯苯土壤污染管制標準為 150mg/kg，故以此標準作為本計畫查核目標。

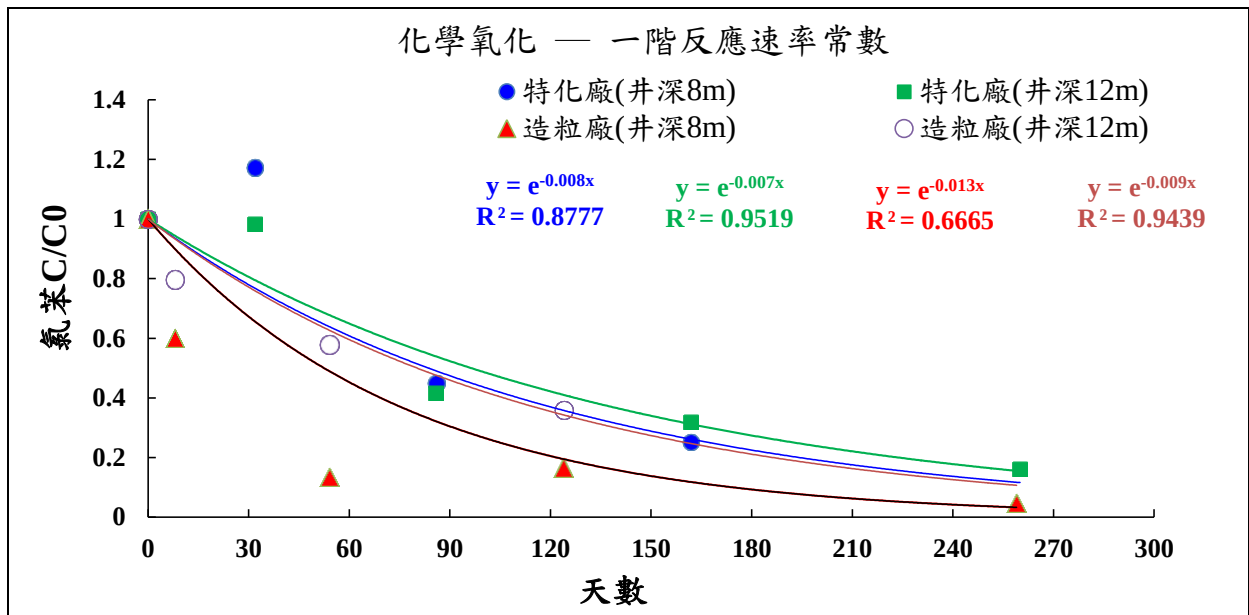


圖 14.2-3 化學氧化法假一階反應速率

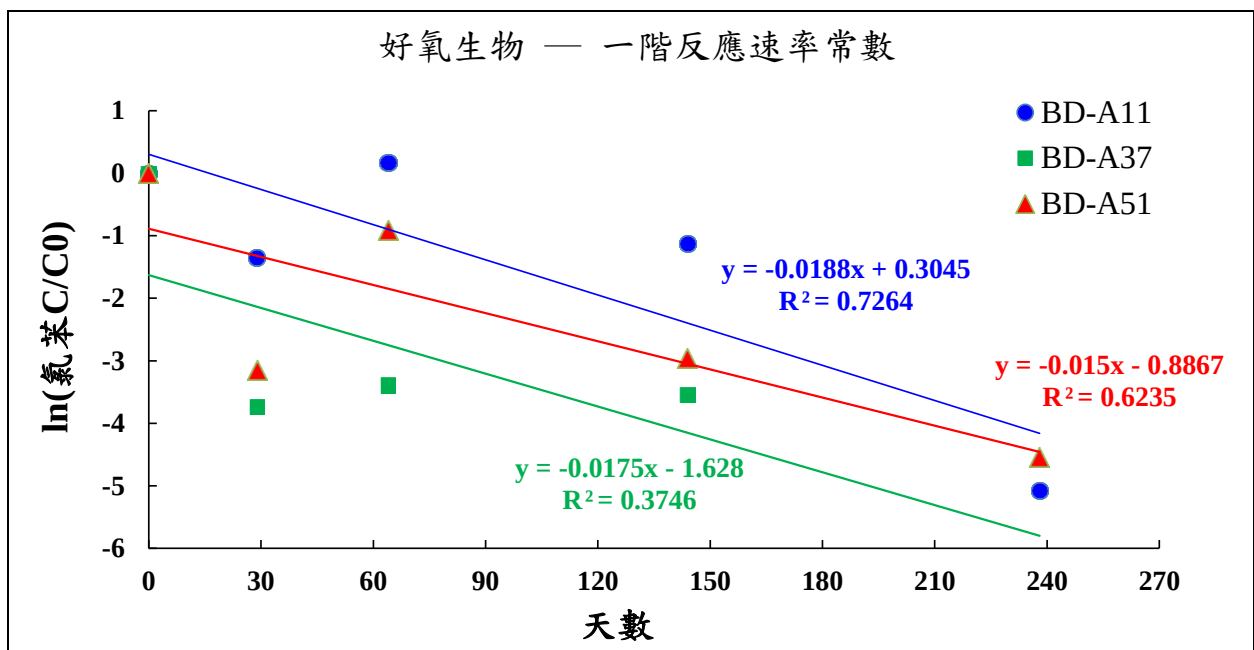


圖 14.2-4 生物整治(好氧)一階反應速率

其他經主管機關指定之事項 **15**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十五章 其他經主管機關指定之事項

15.1 簽證技師姓名及執業執照字號

本公司於 110 年 05 月 01 日委託富立業工程顧問(股)公司執行本場址整治計畫，並由富立業公司周奮興技師執行本計畫簽證作業，相關技師執業證書請參考附件一，技師簽證資料詳如表 15-1 所示，工作底稿與簽證報告詳如附件十三所示。

表 15-1 本計畫簽證技師資料

項次	項目	資料
1	姓 名	周奮興
2	技 師 執 業 執 照 字 號	技執字第 006328 號
3	所 屬 公 會	台灣省環境工程技師公會
4	公 會 會 籍 編 號	1141
5	職 業 機 構 名 稱	富立業工程顧問股份有限公司
6	通 訊 地 址	台中市西屯區福中二街 16 巷 17 號
7	聯 絡 電 話	04-23585953
8	傳 真	04-23502618

15.2 主管機關指定事項

目前尚無主關機關指定事項。

參考資料 **16**

「惠光股份有限公司地下水污染整治場址」污染整治計畫-第二次變更

惠光股份有限公司

第十六章 參考資料

1. 行政院環保署，(2008)「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之調查、驗證作業及整治工作等技術參考手冊建置計畫」之”土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之初步篩試調查、查證及驗證作業技術參考手冊”
2. 行政院環保署，(2008)「土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之調查、驗證作業及整治工作等技術參考手冊建置計畫」之”土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊
3. 行政院環保署毒物及化學物質局-安全資料表
4. 經濟部工業局，(2008)”含氯碳氫化合物土壤及地下水污染預防與整治技術手冊”
5. 梁振儒，(2007)「台灣土壤及地下水環境保護協會簡訊」之”淺談土壤及地下水污染現地過硫酸鹽化學氧化整治法 ”
6. 董天行，(2010)“地下水含氯有機物分佈之不確定性與調查因應”
7. 陳文福等，(2000)「農業工程學報」之”台灣地下水之氧化還原狀態與砷濃度”
8. 廖崇億等，(2016)「台灣農業研究院研究報告」之”降低地下水中砷含量之方法比較”
9. 蘇裕昌，(2015)「VOL,19 No.1 漿紙技術」之”界面活性劑的基礎及應用”
10. “APPLICATION OF CATALYZED PERSULFATE TO CHLOROBENZENES IN GLACIAL TILL AND BEDROCK, CORINNA, ME”, The 6th International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, CA May 19-22, 2008.
11. BARTELS,I.,KNACKMUSS,H.-J.,and REINEKE,W.(1984) “Suicide Inactivation of Catechol 2,3-Dioxygenase from *Pseudomonas putida* mt-2 by 3-Halocatechols”, APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY 47: 500-505.
12. “CATALYZED PERSULFATE OXIDATION TREATMENT”, Specialty Earth Sciences, LLC.

13. Corcho D., Fernández J., Laperou, L., Guadaño J.(2015)” 2. Laboratory evaluation of mixed surfactants solutions to mobilise hexachlorocyclohexane (DNAPL) from sardas landfill.”, 13th HCH & Pesticides Forum 2015 – Zaragoza, Spain.
14. C.M. Kao and Jason Prosser(1999)” Intrinsic bioremediation of trichloroethylene and chlorobenzene: field and laboratory studies”, Journal of Hazardous Materials B69 (1999). 67–79
15. David A. Sabatini, Robert C. Knox, and Jeffrey H. Harwell, (1996) ”Surfactant-Enhanced DNAPL Remediation: Surfactant Selection, Hydraulic Efficiency, and Economic Factors”,USEPA ENVIRONMENTAL RESEARCH BRIEF
16. Dolfing, J., and Harrison, B.K.(1992)“*Gibbs Free Energy of Formation of Halogenated Aromatic Compounds and Their Potential Role as Electron Acceptors in Anaerobic Environments*”, Environ. Sci. Technol 26: 2213-2218.
17. Field, J.A., and Reyes, S.-A. (2008)“*Microbial degradation of chlorinated benzenes*”, Biodegradation 19: 463-480.
18. “Field Application of Passive Treatment of Chlorinated Solvents using Novel Sustained-Release Oxidant Technologies”, XCG Consulting Ltd.& Carus Corporation.
19. KLECKA, G.M., and GIBSON, D.T.(1981)“*Inhibition of Catechol 2,3-Dioxygenase from Pseudomonas putida by 3-Chlorocatechol*”, APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY 41: 1159-1165.
20. MARS, A.E., KASBERG, T., KASCHABEK, S.R., AGTEREN, M.H., Janssen, D.B., and REINEKE, W.(1997) “*Microbial Degradation of Chloroaromatics: Use of the meta Cleavage Pathway for Mineralization of Chlorobenzene*”, JOURNAL OF BACTERIOLOGY 179: 4530-4537.
21. Nina Ricci Nicomel, Karen Leus, Karel Folens, Pascal Van Der Voort, Gijs Du Laing, (2015) “*Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives*”, Environmental Research and Public Health
22. O.S. Thirunavukkarasu, T. Viraraghavan, K.S. Subramanian, S. Tanjore, (2002)

- “Organic arsenic removal from drinking water”, Urban Water Volume 4
23. Philip A. Block, Richard A. Brown, David Robinson, (2004) “*Novel Activation Technologies for Sodium Persulfate In Situ Chemical Oxidation.*”, Proceedings of the Fourth International Conference on the Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds.
24. Richard A. Brown, ERM, Inc., (2003) “*In Situ Chemical Oxidation : Performance, Practice, and Pitfalls*”, AFCEE Technology Transfer Workshop.
25. Scott G. Huling and Bruce E. Pivetz., (2006) “*In-Situ Chemical Oxidation*”, EPA 600-R-06-072, USEPA Engineering Issue
26. Songqiao Chen and Solomon W. Leung, (2016) “*In Situ Arsenic Removal in Groundwater for Rural Communities by Iron Sorption and Arsenic Immobilization*”, International Proceedings of Chemical, Biological and Environment Engineering
27. S Fiorenza and CH Ward, (1997) “Microbial adaptation to hydrogen peroxide and biodegradation of aromatic hydrocarbons”, Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology.
28. USEPA, June 1999, Multi-Phase Extraction:State-of-the-Practice, EPA 542-R-99-004
29. Vogt,C.,Alfreider,A.,Lorbeer,H.,Hoffmann,D.,Wuensche,L.,and Babel,W. (2004) “*Bioremediation of chlorobenzene-contaminated ground water in an in situ reactor mediated by hydrogen peroxide*”, Journal of Contaminant Hydrology 68: 121-141.