

6.2.2 溫冷排水影響模擬分析

本計畫規劃取用觀塘工業專用港水源做為液化天然氣氣化水源，氣化後再將冷排水排入觀塘工業專用港，故需要探討外推方案對於大潭電廠溫排水的擴散傳輸及港內排放冷排水之影響，茲以數值模式模擬進行分析，分述如下：

6.2.2.1 溫排水模擬驗證

大潭電廠冷卻循環水系統所排出的溫排水，會升高附近海域水溫。依據行政院環境保護署公布之水污染防治法，「放流水標準」規定排放水水溫，在距離排放口 500m 處的表面水溫差不得超過 4°C。本次變更觀塘工業港防波堤及碼頭堤線外推，港域水深由原先 10 公尺以上，外推至水深 15 公尺以上，工業港與工業區聯絡棧橋，因此配合由 742 公尺再延伸 455 公尺，外推後將可能會影響大潭電廠溫排水的擴散傳輸，茲以數值模式模擬分析觀塘工業專用港外推方案後對大潭電廠溫排水的影響。

依據民國 103 年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」，大潭電廠現有溫排水導流堤於規劃設計階段，即曾以近域模式進行模擬分析，考量外推方案並不會改變導流堤的結構，因此，毋需再進行溫排水的近域模擬分析。另外，由於電廠溫排水排放進入近岸海域後，主要藉由潮汐反覆運動驅動溫度於水平方向之擴散能力，而溫度高之水體會同時往海面進行垂直方向之擴散，屬於三維方向的擴散物理問題，故必須使用能夠考量水平及垂直擴散效應的三維模式較為合理。本計畫採用成功大學水工試驗所自行研發的三維分層水動力及遠域溫度擴散模式 (A three-dimensional multi-layer hydrodynamic and thermal transport model) 進行模擬，可根據物理問題考量表面波浪、海潮流、風吹剪力流、河川逕流、海洋放流水等相互加成影響下所產生之海域水體動力特性，並再根據水動力結果計算溫度、鹽度、密度或污染物質的擴散現象。

一、過往研究資料

參考民國 103 年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」(詳表 6.2.2.1-1)，大潭電廠由 6 部機擴增成 9 部機時(溫排水量由 130CMS 增加為 200CMS)，其模擬結果顯示距排放口 500m 處之綜合溫升在各種潮位

及流況下均不會超過 4°C。在最差情形下，假設最大排熱量保守狀況下，距離排放口 500m 處近域溫升及遠域溫升分別為 2.24°C 及 1.25°C，綜合溫升為 3.49°C，與水污染防治法「放流水標準」之溫差規定 4°C，僅差 0.51°C。

此外，依民國 103 年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」，蒐集大潭電廠民國 100 年海水溫度實測資料與其溫排水模擬結果進行比較。台電公司於民國 100 年之全年實測溫升值介於 0~2.74°C，而其模擬原規劃排放量(130CMS)之最大溫升值為 3.05°C，亦即於任何時間所測得實測值均小於其模擬值。

表 6.2.2.1-1 大潭電廠溫排水排放(200CMS)於距排放口 500m 處溫升模擬結果

潮位	流況	距排放口 500m 處溫升模擬結果(單位：°C)		
		近域模擬	遠域模擬	綜合溫升
平均高潮位	0.02 m/sec	1.75	1.05	2.80
	0.25 m/sec	1.74	1.05	2.79
	0.50 m/sec	1.74	1.05	2.79
平均潮位	0.02 m/sec	2.00	1.16	3.16
	0.25 m/sec	1.98	1.16	3.14
	0.50 m/sec	1.98	1.16	3.14
平均低潮位	0.02 m/sec	2.24	1.25	3.49
	0.25 m/sec	2.24	1.25	3.49
	0.50 m/sec	2.22	1.25	3.47

資料來源：台電公司 103 年“大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書”。

二、模擬條件

大潭電廠現有溫排水導流堤與排放設施：溫排水導流堤堤前水深約-7.0m，在導流堤終端安放之封口結構物內設置 6 個孔道(每個孔道寬 4.0m 及高 2.5m)來排放溫排水，溫排水排放係以尾端封閉，並採開孔沉箱結構之潛式排放方式。本計畫將分別模擬現況配置條件下，電廠溫排水排放量分別為 6 部機(溫排水量 130CMS)及 9 部機(溫排水量 200CMS)時，距排放口 500m 處之溫升，再與前述過往研究資料之溫升監測與模擬結果進行比較分析。模式模擬之驗證方案與條件(表 6.2.2.1-2)如下：

- (一) 驗證模擬情境 1：現況配置，導流堤排放，130 CMS，7°C
- (二) 驗證模擬情境 2：現況配置，導流堤排放，200 CMS，7°C

表 6.2.2.1-2 本計畫之溫排水模擬條件

海域背景溫度(°C)	29.7
排放口座標(TWD97)	(254336,2770086)
進水口座標(TWD97)	(253981,2768953)
流量(CMS)	130與200
溫昇(°C)	7.0
排放方式	導流堤潛沒排放

本計畫擬採用三維模式模擬所得距放流口 500m 處檢核點的表層溫升，並選取各檢核點溫升最大者，以探討分析溫排水進入海域後的空間分布與時空變化狀況，檢測點為距放流口 500m 處之 N13、N23、N33、N43、N53(詳圖 6.2.2.1-1 所示)。圖 6.2.2.1-2 為驗證模擬情境 1、情境 2 與距排水口 500m 處檢核點的表層溫升歷線比較，驗證模擬情境 1 與情境 2 之最大溫升值均發生在 N13 檢核點，驗證模擬情境 1(溫排水流量 130CMS)之最大溫升值約 2.82°C，與大潭電廠於民國 100 年監測所得距排放口 500m 處的最大溫升 2.74°C相當。

驗證模擬情境 2(溫排水流量 200CMS)之最大溫升值約 3.31°C，較驗證模擬情境 1 增加 0.49 度，而民國 103 年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」之模擬結果，其放流量由 130CMS 增為 200CMS 時，距排放口 500m 處的最大溫升由 3.05°C增加至 3.49°C，約增加 0.44°C。由前述比較分析，驗證了本計畫模式應用於大潭電廠溫排水模擬的適用性與合理性。



圖 6.2.2.1-1 溫排水出水口檢核點位置示意圖

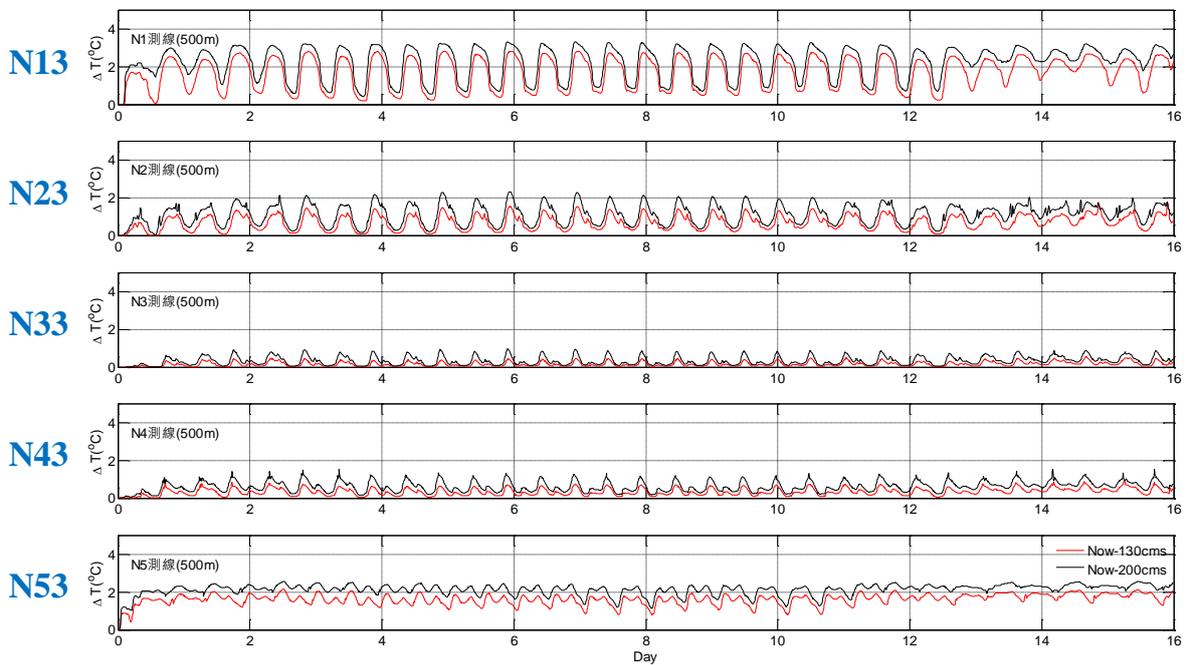


圖 6.2.2.1-2 驗證模擬與距 500m 處檢核點之表層溫升歷線比較

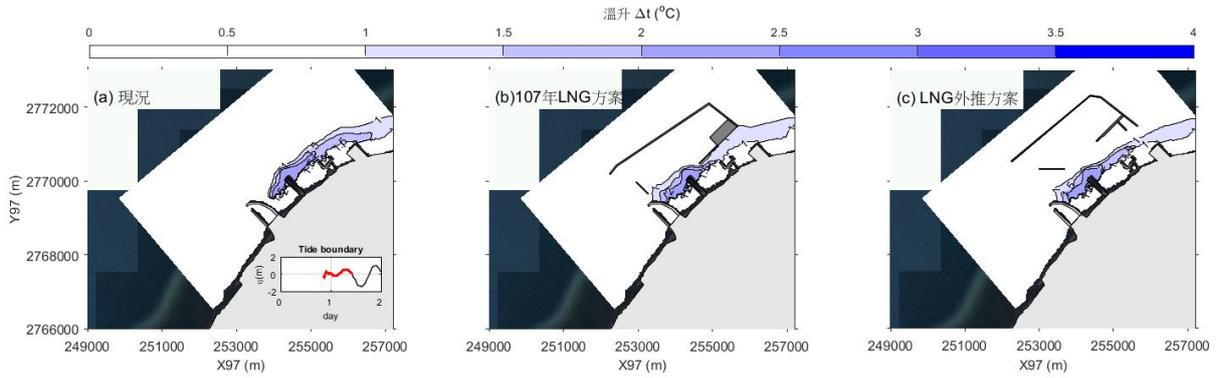
6.2.2.2 溫排水模擬結果

考量外推方案配置後，大潭電廠溫排水將仍經由電廠現有導流渠道排放，茲以此模擬條件進行溫排水模擬，計畫配置模擬方案條件如下：

- 外推方案 1，導流堤排放，130 cms，7°C
- 外推方案 2，導流堤排放，200 cms，7°C

圖 6.2.2.2-1 所示分別為現況、迴避替代修正方案與外推方案在退潮時之等溫升線圖。圖 6.2.2.2-2 所示為計畫配置方案與現況配置，於距離放流口 500m 處 5 個檢核點的表層溫升歷線比較。模式模擬工業專用港外推前後的溫排水擴散傳輸結果顯示，距排放口 500m 處 5 個檢核點的水溫歷線都呈現潮汐週期變化，當海流將溫排水口較高溫度水團帶往檢核點時，檢核點處的水溫就升高，當海流將高溫水團帶離檢核點處時，檢核點的水溫就降低。此顯示因有隔離水道的規劃，電廠溫排水仍可藉由隔離水道南北流通的海流進行擴散傳輸，而排放溫水主要侷限在排放口及其兩側沿岸方向的狹長水域。

圖 6.2.2.2-2 亦顯示計畫配置方案與現況配置在距離排放口 500m 處各檢核點的最大溫升排序為 N13>N53>N23>N43>N33，三維數值模擬之最大溫升值都發生在 N13，各約為 3.31°C 與 3.30°C，差異並不大。至於溫升歷線的溫度低值(波谷)則顯示 LNG 港外推方案的溫度低值較現況顯著提高，最大達 1.75°C，此顯示 N13 附近水體的背景溫度明顯提升。除此之外，LNG 港外推方案的各檢核點溫升值，以 N33 檢核點為最小，主要由於其所處位置水深較深，流速較大，水溫擴散傳輸較好所致。LNG 港外推方案主要係將迴避替代修正方案再往外海側推移 455m。兩方案的模擬結果顯示，整體而言，LNG 港碼頭外推將使得 LNG 港與海岸間水域的流速增加，有利於電廠溫排水的擴散傳輸。



現況

迴避替代修正方案

外推方案

圖 6.2.2.2-1 不同計畫現況配置退潮時之等溫升線圖

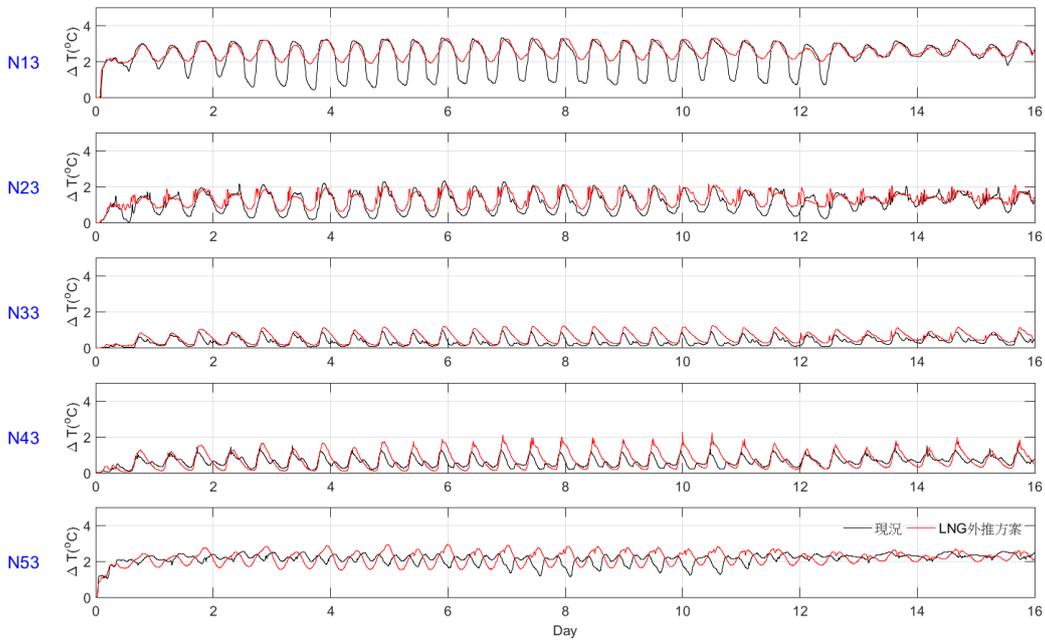


圖 6.2.2.2-2 計畫配置方案與現況配置，於距 500m 處檢核點表層溫升歷線比較

表 6.2.2.2-1 以兩種方法估算距排放口 500m 最大溫升，估算方式(1)為採用近域模式模擬所得距放流口 500m 處溫升，再加上本計畫以三維遠域模式模擬成果估算所得背景溫升(含熱回流)，其中近域模式模擬所得放流口 500m 處的溫升值，係採用民國 103 年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」的成果，於 130CMS 與 200CMS 溫排水量時，其放流口 500m 處的溫升值分別為 1.80°C 與 2.24°C。茲將計畫配置方案(外推方案)計算所得之三維模式背景溫升(1.30°C)與近域模式距 500m 處溫升(2.24°C)相加後，外推方案在距排放口 500m 的最大綜合溫升為 3.54°C，比 1 迴避替代修正方案減少 0.04°C。估算方式(2)則是直接採用本計畫三維模式模擬所得距放流口 500m 處 5 個檢核點的表層溫升，選取各檢核點溫升最大者，據此，外推方案在距排放口 500m 之三維模式模擬最大溫升為 3.30°C。

因工業港採離岸開放式配置，不會影響南北向沿岸流，工業港外推後港區海水更可以自然流通，有效降低溫升現象，經模擬結果可以得知距排放口 500m 的最大綜合溫升及距排放口 500m 之三維模式模擬最大溫升皆小於 4°C。

表 6.2.2.2-1 計畫配置方案溫升彙整表

模擬方案		模擬條件	距排放口500m最大溫升模擬結果(單位：°C)				
			大潭電廠環評資料 <small>註1</small>		估算方式(1)		估算方式(2)
			近域模擬500m溫升	綜合溫升	背景溫升 <small>註2</small>	綜合溫升	500m檢測點最大溫升值 <small>註3</small>
現況配置	驗證模擬情境1	7°C 130CMS	1.80	3.05	0.94	2.74	2.82
	驗證模擬情境2	7°C 200CMS	2.24	3.49	1.21	3.45	3.31
迴避替代修正方案		7°C 130CMS	1.80	-	1.01	2.81	2.83
迴避替代修正方案		7°C 200CMS	2.24	-	1.34	3.58	3.38
外推方案		7°C 130CMS	1.80	-	0.99	2.79	2.84
外推方案		7°C 200CMS	2.24	-	1.30	3.54	3.30

註1：參考民國103年「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫環境影響說明書」的成果，於130CMS與200CMS溫排水量時，其放流口500m處的溫升值。

註2：本計畫三維遠域模式模擬成果估算所得背景溫升(含熱回流)，背景溫升的計算範圍為選取以放流口為中心的1km²範圍。

註3：本計畫三維模式模擬所得距放流口500m處檢核點的表層溫升，選取各檢核點溫升最大者，各方案均以檢測點N13為最大溫升。

6.2.2.3 冷排水模擬結果

本計畫取用之海水，經開架式氣化器與LNG進行物理性熱交換後排放至水體，所排放之非接觸性冷排水除溫度略降以外，氣化過程不會對海水水質產生影響。另因LNG船之生活廢水將不會於觀塘工業港內排放，故不會影響港區海域。海域水質影響主要為氣化器新增之冷排水進入鄰近海域後，其溫降對於近岸海域可能帶來之環境影響。本計畫已完成相關海域水溫數值模擬分析工作，模擬結果將可瞭解營運期間環境影響，說明如下：

在冷排水排放之水溫擴散模擬方面，基本上排放水排入海域時產生之混合及擴散現象包括以下過程：一、近域混合，二、遠域擴散。近域混合主要係分析出

水口射流動量捲增主宰的流場區域，在不同排放條件下熱擴散分佈情形，換言之排放水排入水體後，流團藉由自身動量與週遭水體產生捲增效應(entrainment)，即射流本身與海水間之動量差，使溫排水在離開排放口後，能迅速地隨流捲入四周海水而達到較高之混合稀釋效果，所探討的時間與空間尺度大約在數分鐘及數百公尺範圍內。遠域擴散則是探討排放水長期排放下，於周圍氣象及海洋條件下，熱擴散受潮流、海流擴散傳輸影響而分析在大範圍水域內所累積之水質增量，影響的範圍較大，介於數百公尺到數公里之間，時間大約在數天至數週之間。

於探討冷排水或溫排水排放後對水體產生之溫差現象時，冷排水或溫排水之排放必須符合行政院環境保護署公布之水污染防治法中「放流水標準」水溫規定，即：一、排放口絕對溫度不得超過 42°C；二、距排放口 500 公尺處之表面水溫差不得超過 4°C。本計畫針對第二項標準進行水溫數值模擬，分析冷排水排放後對水體產生之溫差現象時，係分別計算近域混合以及遠域擴散，然後於距離排放口 500 公尺處近遠域模擬所得之溫差加總為綜合溫差作為保守估計，評估是否符合法規標準及對海域之影響。

一、冷排水排放量及溫差

第三接收站現有第一期之冷排水量加上第二期約為 12.2 CMS，本計畫以冷排水環境初始溫差約 -9 °C 進行模擬評估，以排放渠道進行表面排放。本計畫出水口方案排放規劃應於各種背景潮位情況下均符合溫排水排放法規要求，以使得溫排水在離排放口 500 公尺處之表面溫差小於 4°C，以降低對海域環境影響程度。

二、冷排水溫差模擬評估

於近域方面模擬分析之應用模式，係美國 E.O.Tech. 公司運用美國環保署公開之近域模式加以改良，為 Koh&Fan 模式，此模式已運用於台灣數十項冷、溫排水排放之模擬分析，並經過水工模型試驗充分驗證。

於遠域方面之長期排放累積影響模擬分析，本計畫使用於國際間運用較為廣泛之 DHI 丹麥水力數值研究所研發之 MIKE-3 三維水動力數值模式(包含傳輸模組)進行模擬，其除具備有限體積法在計算流體力學上自動滿足連續性的優點外，對於不規則邊界的適應性，亦較傳統有限差分之矩形網格有較

佳適應性。在邊界條件方面，MIKE-3 HD 邊界條件以潮位邊界進行設置，潮位邊界之獲得可以藉由 DHI MIKE-3 所提供之高解析度（0.125 度）全球潮汐預報工具箱，進行邊界上各節點之潮位預報，並生成對應位置的時間序列文件，作為邊界水位條件之輸入檔案。

近域溫差模擬分別針對不同水位（平均高潮位、平均潮位及平均低潮位）與不同背景流況（0.02 公尺/秒、0.25 公尺/秒及 0.50 公尺/秒）進行計算，遠域模擬亦針對漲潮時、平潮時及退潮時輸出結果分析，以使模擬結果能涵蓋不同環境背景狀況，包含最差情形下之結果。

近域模擬於平均高潮位、平均潮位及平均低潮位下各種背景流況之溫差空間分布圖如圖 6.2.2.3-1 所示；遠域模擬漲潮時、平潮時及退潮時之溫差空間分布圖如圖 6.2.2.3-2 所示。表 6.2.2.3-1 為距排放口 500 公尺處近、遠域模擬所得溫差，以及加總後之綜合溫差結果說明，由表 6.2.2.3-2 可知近域溫差介於 $-0.94\sim-0.50^{\circ}\text{C}$ ，遠域溫差介於 $-0.35\sim-0.25^{\circ}\text{C}$ ，綜合溫差介於 $-1.29\sim-0.75^{\circ}\text{C}$ ；最大溫差出現於低潮位及背景流速低之狀況下，近域溫差為 -0.94°C ，遠域溫差為 -0.35°C ，綜合溫差為 -1.29°C ，低於法規標準之 4.0°C ，符合法規對海域環境影響之規範。

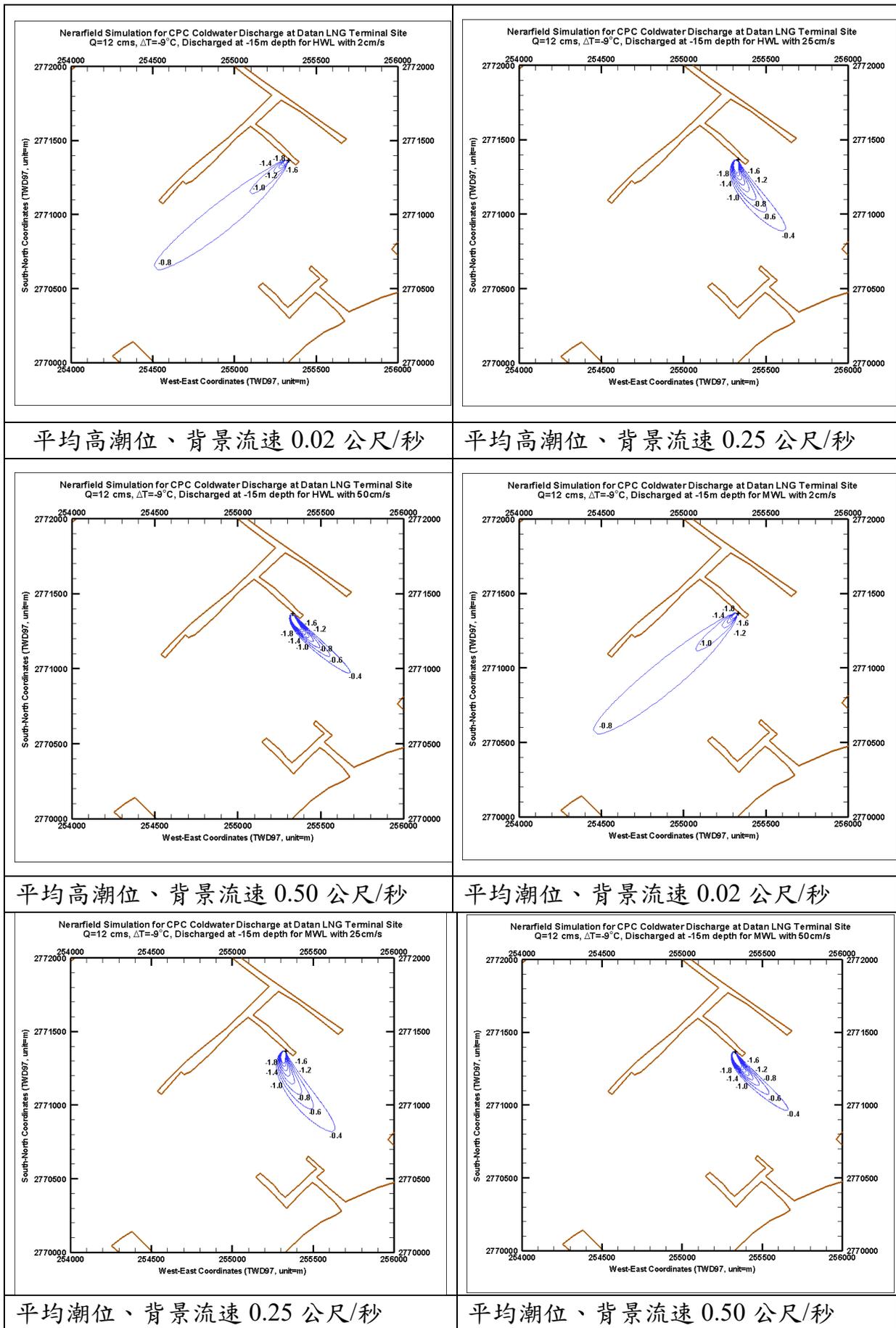


圖 6.2.2.3-1 近域模擬結果溫差分佈圖(1/2)

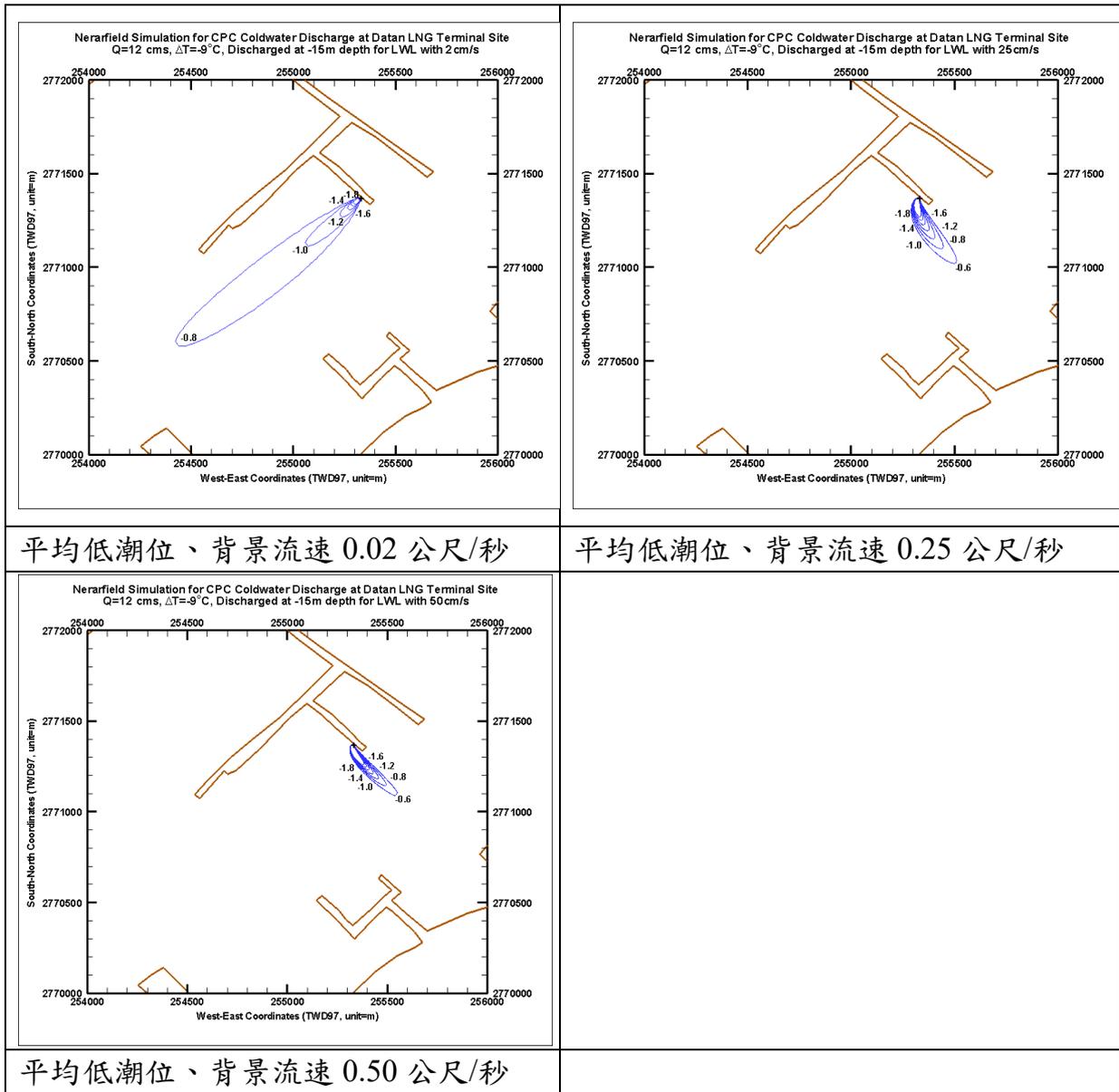


圖 6.2.2.3-1 近域模擬結果溫差分佈圖(2/2)

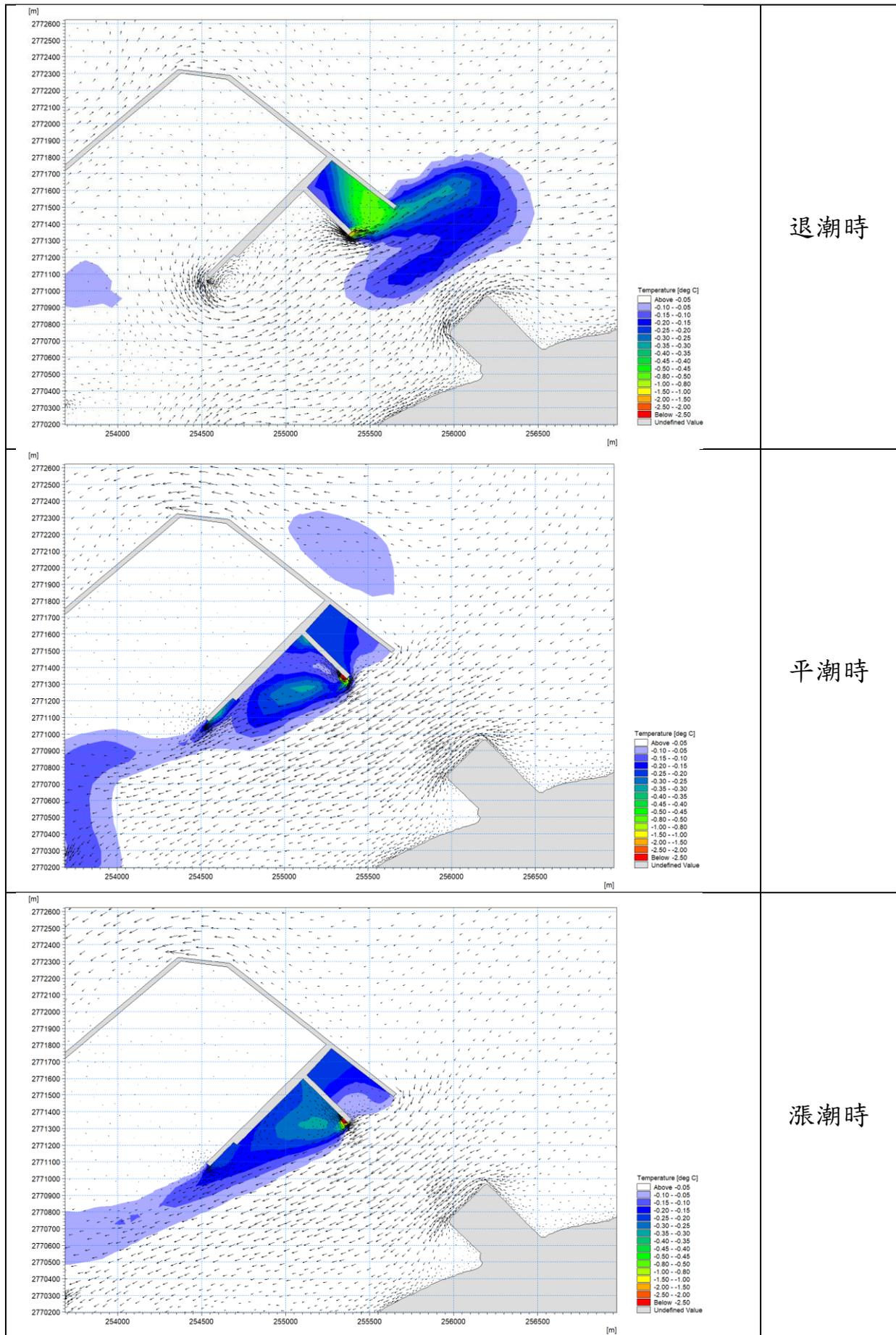


圖 6.2.2.3-2 遠域模擬結果溫差分佈圖

表 6.2.2.3-1 距排放口 500 公尺處溫差擬結果

潮 位	流 況	距排放口於 500 公尺處溫差模擬結果 (單位：°C)		
		近域模擬	遠域模擬	綜合溫差
平均高潮位	2 cm/sec	-0.90	-0.25	-1.15
	25 cm/sec	-0.52	-0.25	-0.77
	50 cm/sec	-0.50	-0.25	-0.75
平均潮位	2 cm/sec	-0.92	-0.25	-1.17
	25 cm/sec	-0.55	-0.25	-0.80
	50 cm/sec	-0.53	-0.25	-0.78
平均低潮位	2 cm/sec	-0.94	-0.35	-1.29
	25 cm/sec	-0.58	-0.35	-0.93
	50 cm/sec	-0.56	-0.35	-0.91