經濟部

MOEAWRA1040076

海域取水管工法分析及可行性評估計畫

成果報告

Analysis and Feasibility Assessment of Construction Method of Marine Intake Pipes

委託單位：經濟部水利署第八河川局

執行單位：中興工程顧問股份有限公司

中華民國 105 年 05 月

海域取水管工法分析及可行性評估計畫

成果報告

委託單位：經濟部水利署第八河川局

執行單位：中興工程顧問股份有限公司

摘要

本計畫研究區域範圍主要包含水規所民國 104 年 1 月「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」成果中初選兩處建議佈管區域及創新研發中心現有取水管鄰近區域，評估現有海域是否需要進一步辦理補充調查，及提出建議補充調查項目與蒐集佈管工程相關資料作進一步研析；另外也包含台東縣境內利嘉溪口至太麻里溪口以外之海域，評估其他海域調查之經濟可行性評估。本計畫之工作項目包括(1)建議現有海域環境之補充調查項目(2)其他海域調查經濟可行性評估(3)試驗管工程工法分析及可行性評估(4)其他全程服務。

根據試驗管可行性評估結果顯示，試驗管建議方案一、二及三屬可行之方案，而建議方案四雖然在財務上不如前三方案，但試驗管的用意在於參考現有資料、且針對可能發生的外力條件下，設計出適合在本海域環境下生存的取水管，進行佈放測試，因此建議應導入試驗工程的概念，採用最佳建議工法並允許可能失敗情況。完成後除可取得深層海水維持部分運作外，並可驗證該區域工法可行與否，做為永久管的施作參考，在本概念下試驗管具有施作可行性，方案四其試驗價值高於前三方案甚多，如其財務估算結果仍在可接受範圍內，建議應考慮採用方案四的規劃。

本計畫自經濟部東部深層海水創新研發中心於民國 101 年 5 月 6 日發生無法取水情形，創研中心即採用各種檢查與方法試圖恢復深層海水汲取功能，經濟部水利署水利規劃試驗所以知本溪鄰近海域(由利嘉溪口南岸至太麻里溪口北岸)進行海域環境詳細調查報告，該報告提出調查區域海域環境特性複雜，加上此區域以往調查資料有限，不利探討影響此處海床穩定的相關機制，建議應持續進行長期觀測與機制評估研究。中興公司執行本可行性評估計畫期間，廣泛蒐集國內外各方專家學者資料進行彙整與研析，除了將現有管線損壞原因做出詳細分析、建議未來進一步補充調查試驗項目與細節外，更規劃出試驗管的需求、法規限制、適合工法、材質、取水頭形式、工程經費、效益分析與招標、保固等細節，針對創研中心海域取水管提出綜和可行性分析研究，做為未來恢復深層海水取水做為的參考。

經濟部水利署第八河川局
海域取水管工法分析及可行性評估
成果報告

目 錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章 前言

1.1 計畫緣起與目的

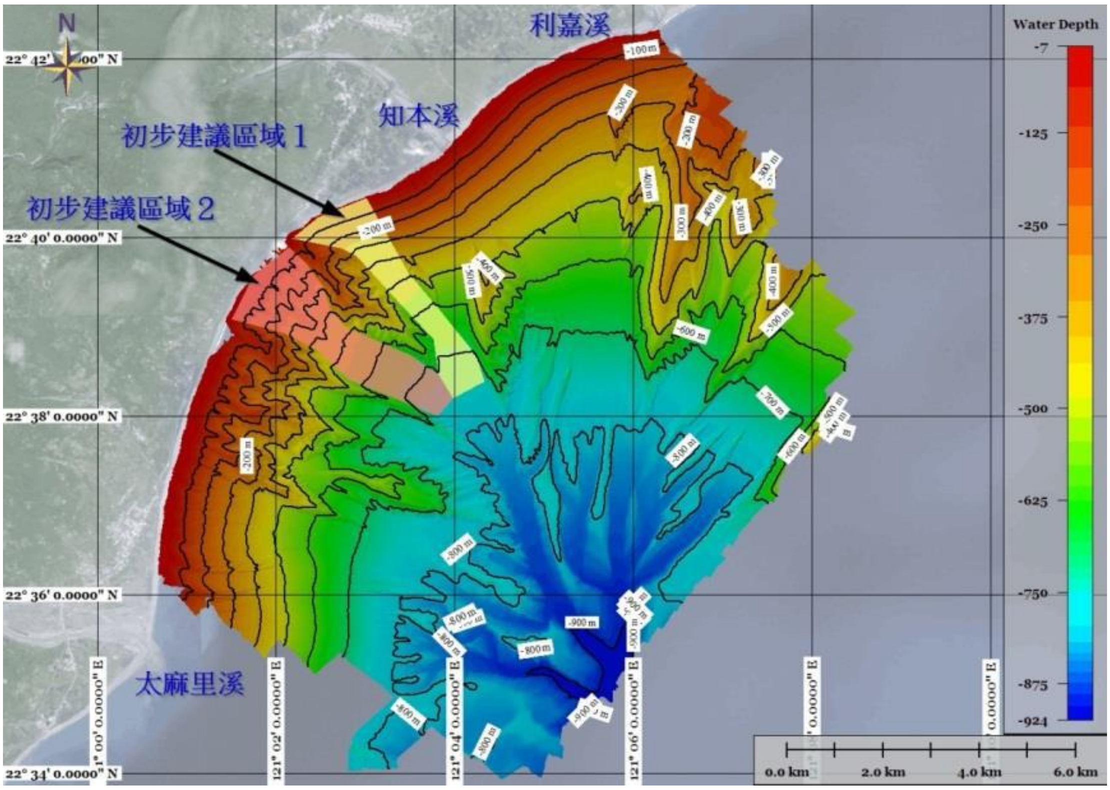
經濟部水利署第八河川局(以下簡稱第八河川局)依據經濟部水利署(以下簡稱水利署)指示辦理「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠計畫」，完成臺東縣深層海水產業園區第 1 支深層海水產業級取水管與技術研發模廠，以提升低冷精緻農業及冷能應用加值技術，並提供園區開發所需之用水量。該模廠於民國 101 年 3 月 16 日完成驗收並移交經濟部技術處接管，技術處則於民國 101 年 5 月 3 日起，正式負責營運管理並將模廠更名為「經濟部東部深層海水創新研發中心」(以下簡稱創新研發中心)。詎料自民國 100 年 10 月本工程中深層海水取水管佈管完成正常取水約半年後，旋於民國 101 年 5 月 6 日發生無法取水情形，之後經濟部水利署水利規劃試驗所(以下簡稱水規所)為了解無法取水原因，於民國 103 年以知本溪鄰近海域(由利嘉溪口南岸至太麻里溪口北岸)進行海域環境詳細調查，並於民國 104 年 1 月完成「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告，該報告於結論與建議中提出，由於調查區域海域環境特性複雜，加上此區域以往調查資料有限，不利探討影響此處海床穩定的相關機制，此外並依照調查成果提出未來佈管優選區域，但優選區域仍有許多設計條件待進一步調查與評估，建議應持續進行長期觀測與機制評估研究。

鑑於目前深層取水管線無法發揮功能，而未來重新佈設長期穩定取水管工程所需經費龐大，應審慎辦理為宜，就現階段已掌握之資料及經驗而言，風險仍高，然創新研發中心目前仍無法取水，前述之進一步調查與評估仍需投注大量經費與時間，惟若考量以較經濟、較低風險之工程規模佈設試驗性取水管並進行監測，除可作為後續長期穩定取水管工程之先期試驗工程，其施工經驗及監測資料可茲參考外，亦可立即供應創新研發中心短期深層海水之需求。爰此水利署於民國 104 年 5 月 25 日邀集技術處及工業局召開「經濟部深層海水創新研

發中心深層海水用水需求研商會議」，結論略以：「為使創新研發中心於短期內可儘速恢復營運，將評估利用現有取水井規劃於符合深層海水需求 200~400 公尺水深，及 1,000 CMD 出水量之臨時取水(試驗管)工程，做為短期供水設施」，第八河川局遂研擬「海域取水管工法分析及可行性評估」計畫(以下簡稱本計畫)先行辦理海域取水管工程工法分析及可行性評估工作，作為後續工作執行之參考依據。

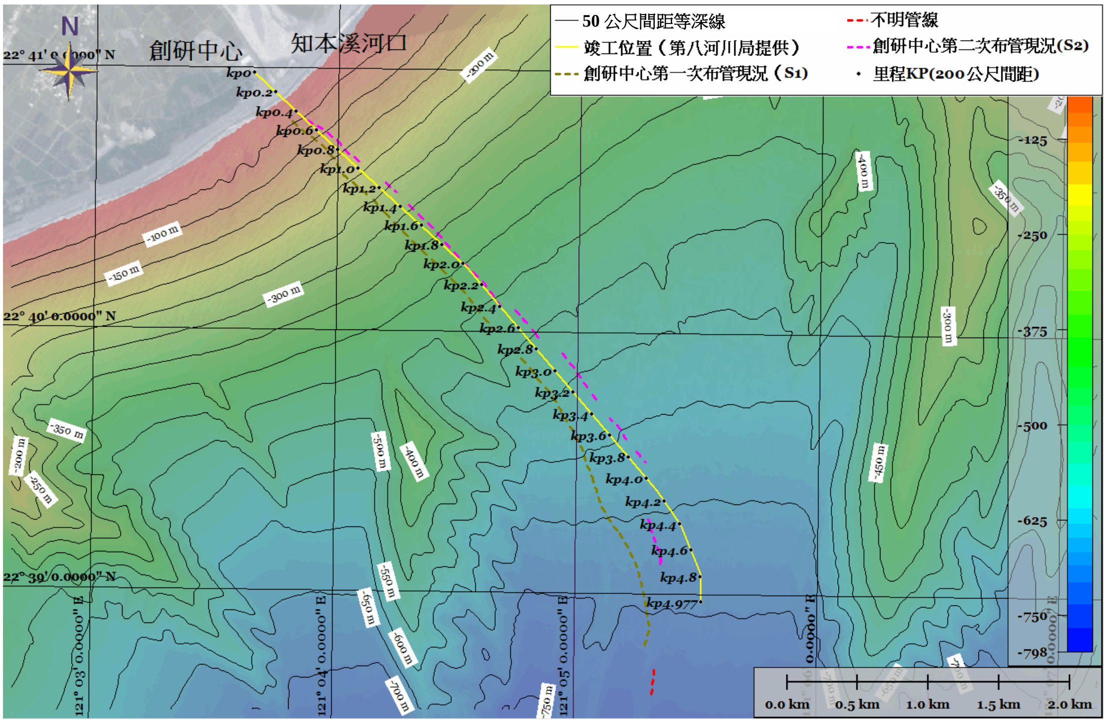
1.2 計畫區域範圍

本計畫研究區域範圍主要包含水規所民國 104 年 1 月「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」成果中初選兩處建議佈管區域(見圖 1.2-1)及創新研發中心現有取水管鄰近區域(見圖 1.2-2)，評估現有海域是否需要進一步辦理補充調查，及提出建議補充調查項目與蒐集佈管工程相關資料作進一步研析；另外也包含台東縣境內利嘉溪口至太麻里溪口以外之海域，評估其他海域調查之經濟可行性評估。



資料來源：104 年 1 月「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」

圖 1.2-1 「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」初步建議佈管區域位置圖



資料來源：「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」

圖 1.2-2 「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」之創研中心管線現況圖

1.3 委託工作內容

本計畫根據「經濟部深層海水創新研發中心深層海水用水需求研商會議」結論，規劃符合深層海水需求 200~400 公尺水深、1,000 CMD 出水量之試驗性取水管（即試驗管），並以利用陸上現有之取水井及機電設施，避免設備重複投資為原則，進行試驗管工程工法分析及可行性評估工作，不包含海域現地調查工作。其工作內容如下：

一、建議現有海域環境之補充調查項目

參考水規所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」調查成果，針對未來長期穩定取水工程施工所需，提出現有海域環境應補充調查項目與調查頻率之建議，做為水規所後續辦理「現有海域環境補充調查計畫」之參考，並於水規所辦理該計畫期間，派員參與該計畫各階段審查會議協助審查，俾使該計畫各階段成果可供本計畫分析評估之用。

二、其他海域調查經濟可行性評估

針對臺東縣境內利嘉溪口至太麻里溪口以外之海域，蒐集相關資料進行其他海域調查之經濟可行性評估，研析由目標海域取水至現有廠址，或遷廠至目標海域取水等方案之經濟可行性，以供另案辦理「其他海域環境調查」之決策。

三、試驗管工程工法分析及可行性評估

(1) 計畫需求之評估:依據主管相關機關意見、主辦機關之發展及資源、使用單位需求及未來趨勢，評估試驗管工程適宜之設計取水量及取水深度。

(2) 辦理試驗管工程是否需提送政府相關單位有關本工程之報告、環境影響說明書或環境影響評估報告書之相關業務及審查（若需進行環境影響評估報告書作業，則另案辦理）。

(3) 試驗管工程相關法規規定需申請許可之調查。

(4) 依水規所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」調查成果及其他相關文獻資料研究分析評估，研擬初步佈管路線。

(5) 針對既有無法取水之管線，分析探討其無法取水之原因及損壞情況，同時參考國內其他工程及國外實際案例，研擬較適宜現有工址海域特性之試驗管佈管工法，並評估其施工可行性。

(6) 試驗管工程經費及工期探討。

(7) 試驗管工程風險與經濟效益評估，及其保固期限之擬訂。

(8) 其他與試驗管工程工法分析及可行性評估有關之事項。

四、其他全程服務

(1) 文件檔案（含長官參訪或相關會議之簡報與文件製作）及本計畫相關資料之建立。

(2) 提供服務期間各服務項目之完整紀錄（包含一般書面與電子檔）。

(3) 本計畫結束前提送成果報告（成果報告書及電子檔），內容至少應包含各工作項目。

(4) 本計畫執行期間之報告書及相關文件印製。

(5) 定期召開工作會議並視實際需要，不定期加開相關主題之討論或工作會報，其時間、地點由第八河川局訂定。

第二章 工址環境資料蒐集與分析

2.1 海象

2.1.1 波浪

台東近岸海域長期波浪測站有兩處：中央氣象局於 2001 年於三仙台海岬北面約 700m，水深約-25m 處設立浮球式波浪觀測站(以下稱成功浮球波浪站)，地理位置為 121.4˚E，23.1325˚N，水利署於 2010 年於卑南溪口與利嘉溪口間，離岸約 750m，水深約-30m 處設立資料浮標觀測站(以下稱台東資料浮標)，地理位置為 121˚08'24"E，22˚43'20"N。其中前者離本計畫研究範圍約 60km，惟其開始施測年代較久，因此亦納入參考，圖 2.1-1 為計劃海域附近海象測站位置示意圖。

資料來源：Google Earth

圖 2.1-1 海象測站位置示意圖

表 2.1-1 為台東縣政府於2004年委託僑龍工程顧問股份有限公司辦理「台東市富岡港交通船專用碼頭區規劃及水工模型試驗工作」推算之富岡港外海 50 年復現期距不同波向颱風波高與週期，該研究計畫選定 112 個(1940~2002)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，顯示最大颱風波浪波高約為 13.3m。

表 2.1-1 富岡港外海 50 年復現期距不同波向颱風波浪推算表

波向	$H_{1/3}$(m)	$T_{1/3}$(sec)
SSW	8.5	13.0
S	10.3	14.8
SSE	11.1	14.7
SE	10.6	14.9
ESE	12.2	15.8
E	13.1	16.6
ENE	13.2	18.0
NE	13.3	18.3

資料來源：台東市富岡港交通船專用碼頭區規劃及水工模型試驗工作，台東縣政府。

台東浮標於 2014 年 7 月下旬麥德姆颱風期間測得最大 $H_{1/3}$ 為 6.7m，$T_{1/3}$ 為 11.1sec；9 月下旬鳳凰颱風期間測得最大 $H_{1/3}$ 為 6.5m，$T_{1/3}$ 為 9.7sec。另依據成功浮球波浪站歷年所測資料(表 2.1-2)顯示波浪特性基本上可以區分為夏季波浪、冬季波浪與颱風期間波浪。2002~2013 年平均示性波高介於 0.71~1.81m，趨勢上由 1 月逐漸下降至 6 月再漸增至 12 月，呈現東北季風時期平均浪大，夏季平均浪小之季節性變化，其中 10 月~隔年 1 月平均示性波高皆在 1.5m 以上，另外機率分布顯示除夏季 6~8 月以小於 0.6m 之波高為主，其餘月份以小浪(0.6~1.5m)居多。值得注意的是，全年度之最大示性波高普遍測得於夏秋季颱風期間，明顯與平均值之季節變化不同，其中 2005 年泰利颱風期間測達 13.51m，超過推算之富岡港外海 50 年回歸期颱風波浪波高。

表 2.1-2 成功浮球波浪站歷年波浪統計(2002~2013 年)

月份	觀測次數	最大示性波高			平均示性波高(m)	平均週期(sec)	示性波高分佈百分比			
		波高(m)	尖峰週期(sec)	發生時間			<0.6	小浪 0.6~1.5	中浪 1.5~2.5	大浪 >0.6
1	25996	4.05	10.4	20090124	1.56	7.8	0.75	52.1	40.3	6.62
2	23304	4.57	9.7	20080209	1.46	7.9	0.5	59.2	35.6	4.25
3	30987	4.39	9.7	20050303	1.41	8.1	0.62	63.1	31.2	4.75
4	23941	3.57	9.6	20040408	1.13	8.0	5.85	76.2	17.1	0.71
5	28941	4.53	14.3	20080514	0.87	7.8	26.5	66.0	6.5	1.12
6	24522	4.7	20.1	20040619	0.71	7.6	54.3	40.6	3.62	1.37
7	24224	9.87	14.2	20050717	0.81	8.2	55.8	34.3	5.62	4.0
8	22363	8.99	14.1	20090807	0.95	8.6	42.1	42.6	9.25	5.75
9	21643	13.51	14.7	20050901	1.36	8.4	10.1	61.0	21.5	7.28
10	21974	10.88	13.9	20071005	1.56	8.3	1.28	54.2	38.0	6.71
11	22933	5.7	11.9	20071127	1.7	8.2	0.57	49.2	32.8	17.2
12	27640	4.63	10.9	20061216	1.81	8.3	0.42	32.5	54.7	12.1

資料來源：中央氣象局網站

2.1.2 潮汐

本計畫區域附近海域有富岡潮位測站(121˚11'32"E，22˚47'27"N)。自 2001~2012 年之潮位統計如表 2.1-3 所示：

表 2.1-3 富岡潮位測站之潮位統計(2001~2012 年)

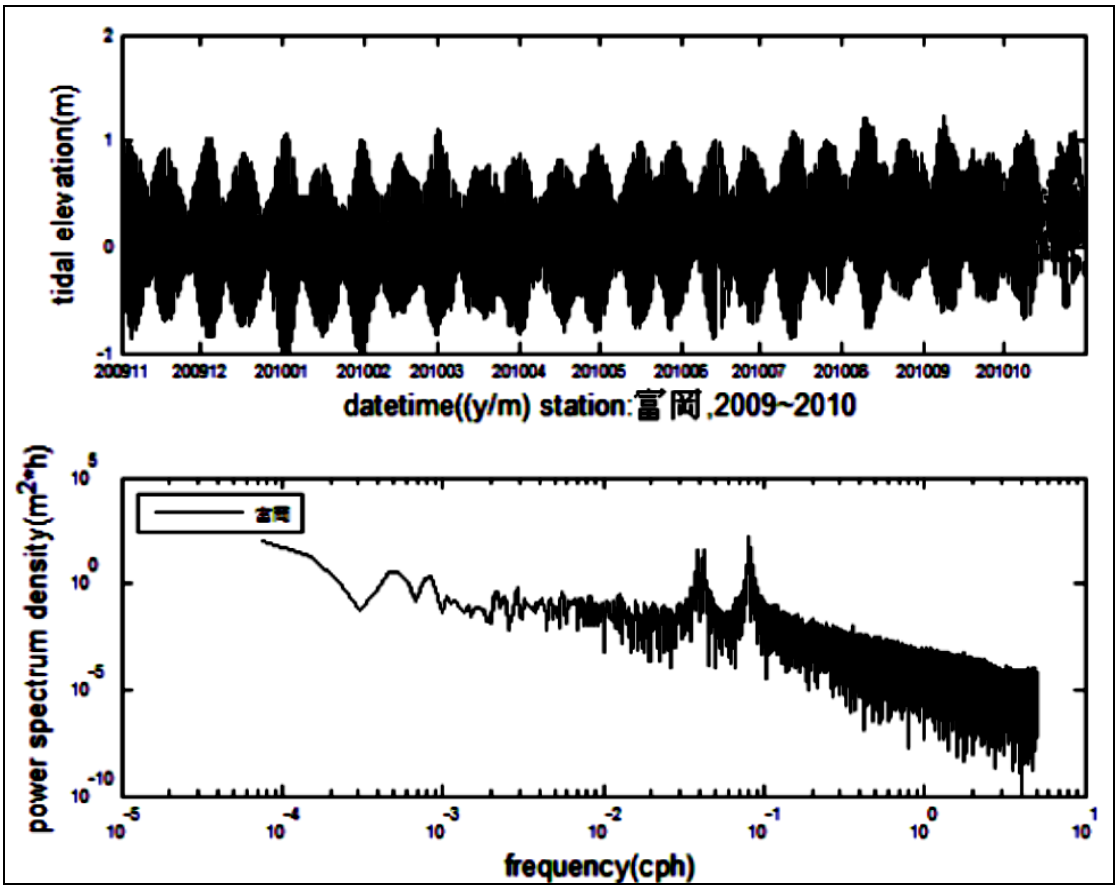
最高高潮位(HHWL)	1.60m (2012/6/15 泰利颱風)
大潮平均高潮位(HWOST)	0.89m
平均高潮位(MHWL)	0.61m
平均潮位(MWL)	0.13m
平均低潮位(MLWL)	-0.35m
大潮平均低潮位(LWOST)	-0.65m
最低低潮位(LLWL)	-1.15m (2004/12/13)

資料來源：經濟部水利署台灣水文年報第四部份-近海水文。

由歷年潮位資料顯現潮位站月平均潮位變動範圍，為每年 1 月(或 2 月)最低，每年 8 月(或 9 月)最高，測站歷年平均潮位於由 1~8 月逐月增加，爾後逐月減小，此為受季節氣壓變化影響。另根據法國制潮型指標 R=(K1+O1)/(M2+S2) 計算公式，判斷潮型指標，R 值小於 0.25

者，視為半日潮型，大於 1.5 者為全日潮型，介於兩者之間為混合潮型。

根據富岡測站 2009 年 11 月~2010 年 10 月完整一年之潮位記錄藉由傅立葉轉換分析其頻譜(圖 2.1-2)，由潮位的時間序列變化可見每日有 1~2 次漲退潮，呈現近似混合潮變動特性，然以半日潮變動較明顯，能譜分佈顯示潮位的變化以頻率約 0.04~0.08cph 的成份為主，即全日潮與半日潮為主要成份，其中半日潮能量略大於全日潮，而推算富岡測站 2009 年 11 月~2010 年 10 月之潮型指標值為 0.56，顯示附近海域屬於混合潮型。



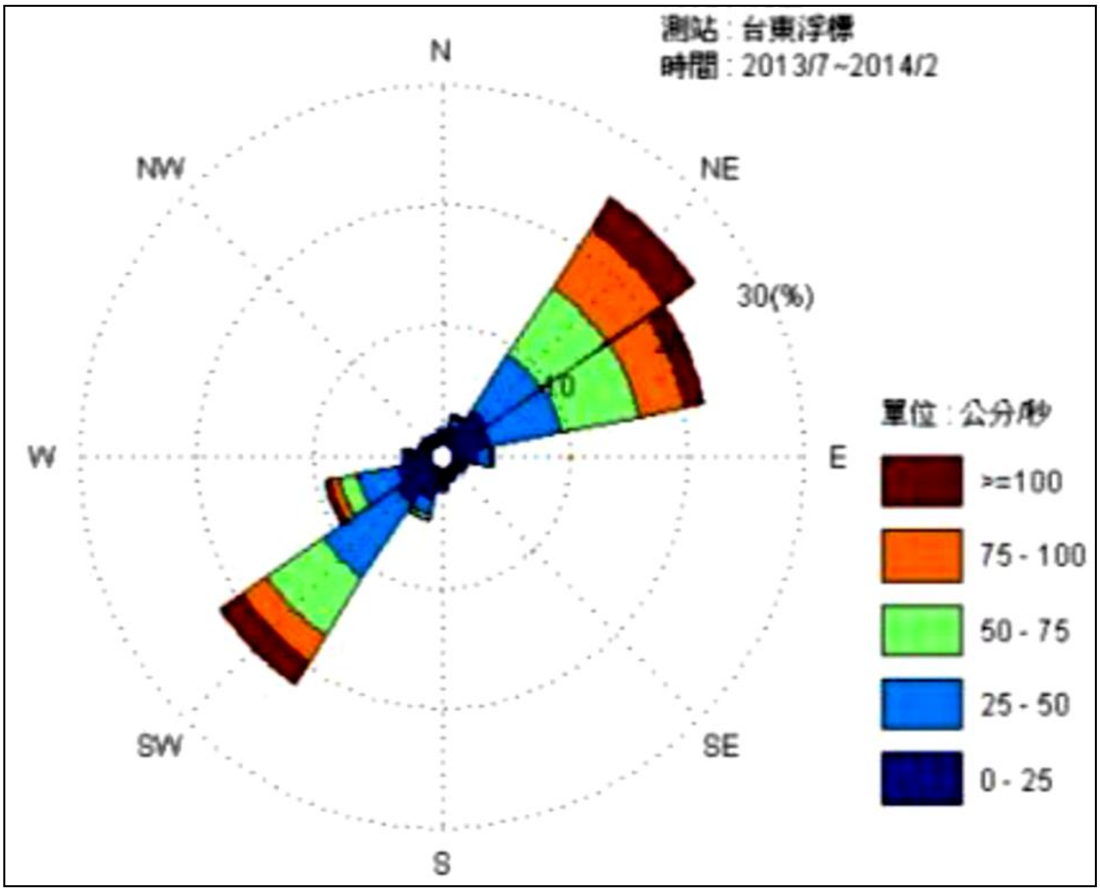
資料來源：富岡港交通船專用碼頭區規劃及水工模型試驗工作，台東縣政府。

圖 2.1-2 富岡漁港潮汐能譜與水位(2009 年 11 月~2010 年 10 月)

2.1.3 海潮流

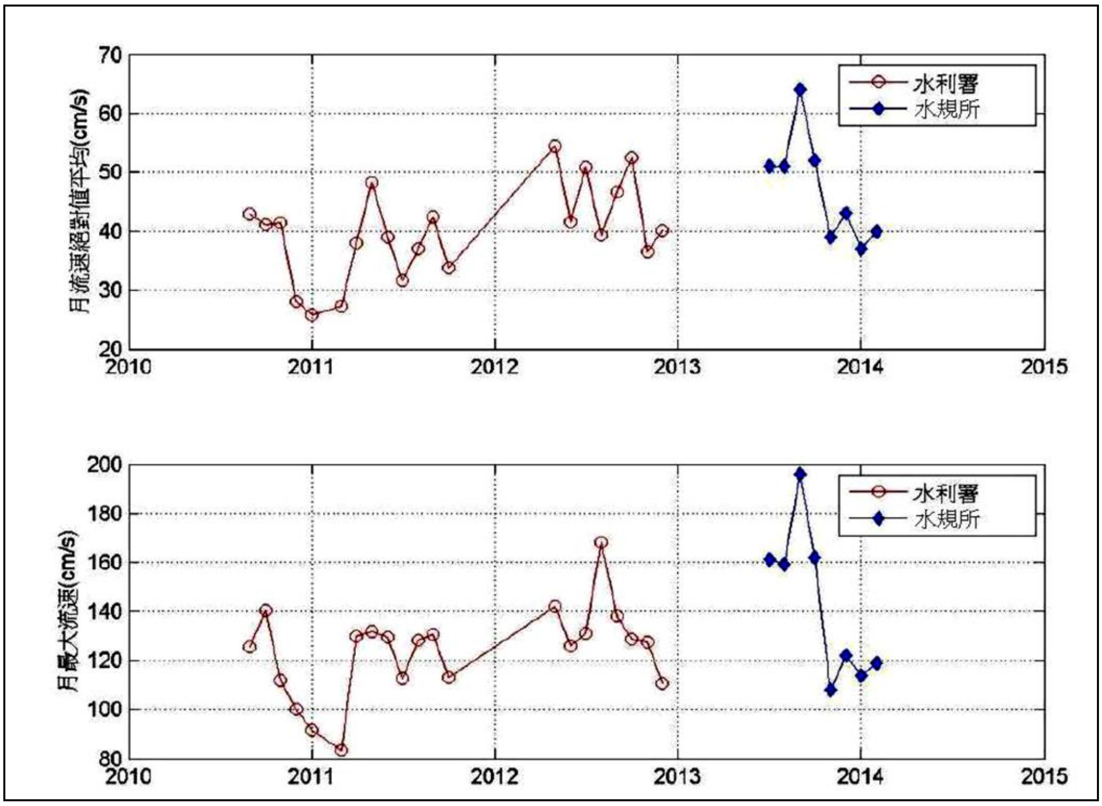
計畫範圍含蓋近岸至水下-850m 以深之海域，其中鄰近之近岸海域長期海流測站，僅有前述水利署所設立之台東資料浮標(121°08'24"E，22°43'20"N)，至於水深-30m 以深的區位，則多屬短期或是

瞬時之施測。依據 2010~2012 年台灣水文年報，台東資料浮標流向以東北-西南為主，其次東北東-西南西，整體以往東北~東北東之流向居多，大流速流向較小流速成分為集中，如圖 2.1-3 所示，其中最頻繁流向為東北，可能與黑潮主流長年通過台灣東部海域有關，部分月份呈現西南為主，推測可能與東北季風(如 2010 年 12 月~2011 年 1 月)風驅流與夏季黑潮主軸被西南季風向東推而遠離台灣東岸，近岸補流形成反向環流所致(如 2011 年 7~8 月與 2012 年 7~8 月)，月流速絕對值平均介於 20~70cm/sec，無明顯季節性變化趨勢，最大流速主要測得於颱風影響時期，例如 2012 年 8 月與 2013 年 9 月各於天秤與天兔颱風時期測得 168cm/sec 與 196cm/sec 之年度最大流速(詳圖 2.1-4)。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

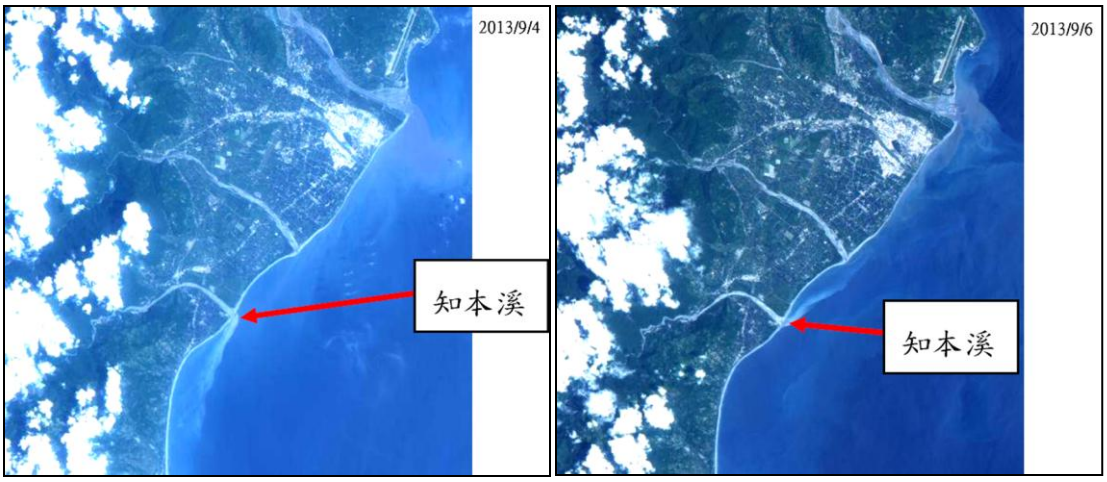
圖 2.1-3 台東資料浮標站海流分層玫瑰圖



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.1-4 台東資料浮標站之海流月平均統計時序列

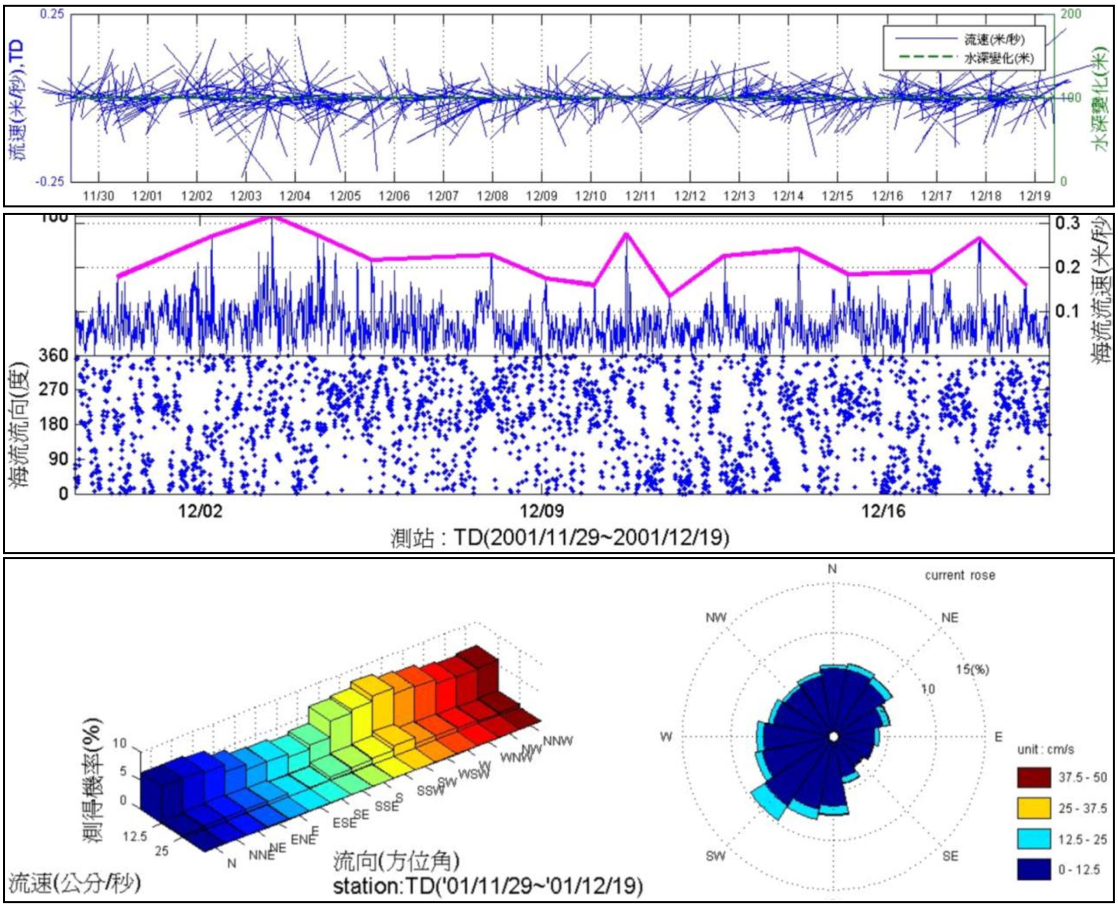
圖 2.1-5 為福衛二號於本研究範圍內不同時間所拍攝得之照片，顯示在 2013 年 9 月初降雨使得知本溪出海口形成一道顯著之懸砂軌跡，隨著漲、退潮而向北或向南擴散與傳輸，代表此區在近岸段其受潮汐影響之沿岸方向流動尚十分顯著。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.1-5 福衛二號拍攝知本溪出海口附近之衛星照片

而針對較深區位之海水流動特性，農委會「國家水產生物種原庫台東支庫新建工程」計畫，曾於本計畫研究區內水深-300m 處(121° 05.052'E，22° 40.773'N)以底碇式螺旋槳海流儀連續觀測 21 日(2001/11/29~2001/12/19)，記錄距海床約 5m 處之流速流向(圖 2.1-6)，顯示該點位在施測期間流速均在 1 節(50cm/sec)之內，且 95%以上均小於 20cm/sec，最大者為 31.7cm/sec，平均流速則為 1.1cm/sec；流向的部分大約有一較主要之朝東北與西南之流動，惟其他各方向亦均佔據一定比例，明顯與在近岸所測得之流向特性不同。



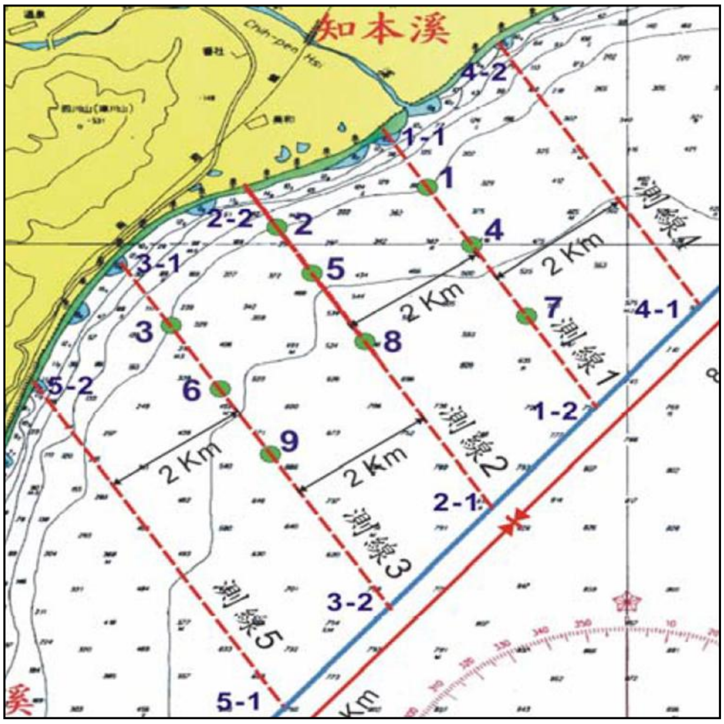
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.1-6 計畫研究區內水深-300m 離海床約 5m 處之流速流向

另於第八河川局「台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫」(2007)報告書中，曾以船碇式 ADCP 測量計畫研究區內之一年四季各漲、退潮時段海流情況，各測線之位置標示於圖 2.1-7，各測線之起訖點坐標則詳

表 2.1-4 所示。量測之各深度層流況如圖 2.1-8~圖 2.1-11，顯示知本外海之表層(-26m)流速較快，平均流速約在 30~60cm/sec，而底

層(-202m)流速則約為表層之一半；潮水流向為東北-西南向，漲、退潮時潮水均由東北方向西南方流，惟於水深-100m 以下因受當地地形影響，漲、退潮流向由東北-西南向轉為東南-西北向。



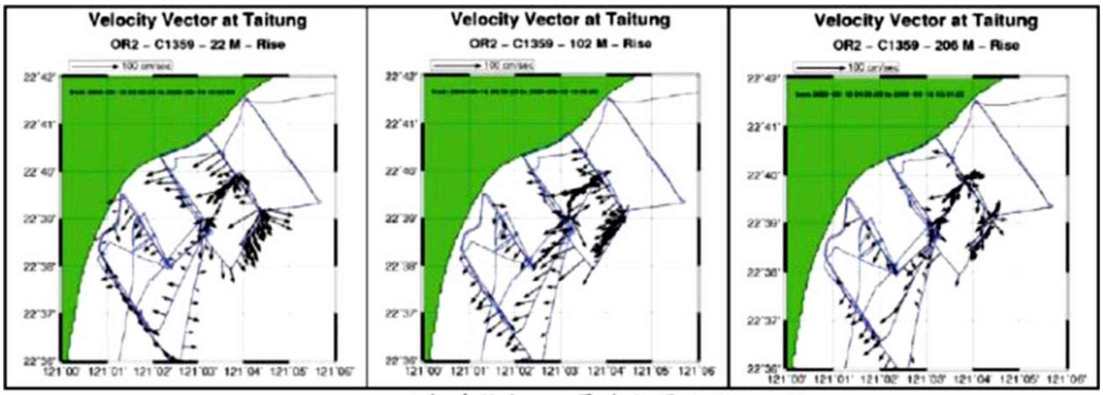
資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.1-7 知本外海海域流況調查測線位置分佈圖

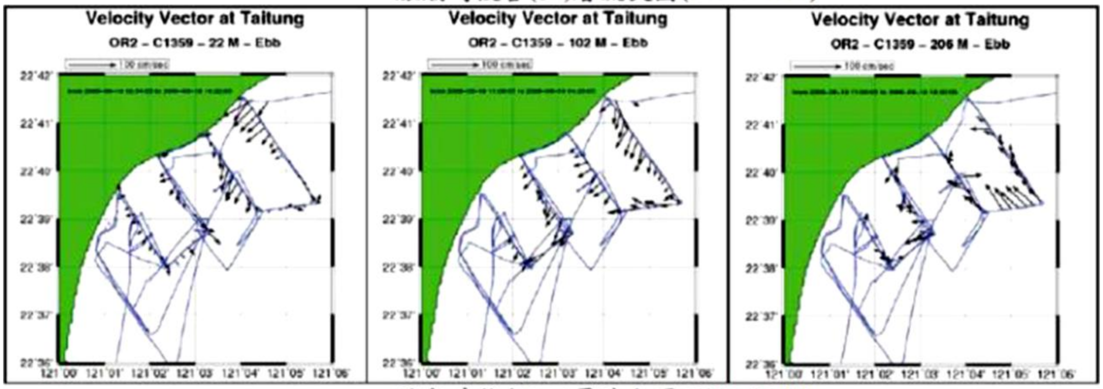
表 2.1-4 知本外海海域流況調查測線起迄點坐標

經度(TWD97)		緯度(TWD97)		備註	
度	分	度	分	測線	
121	3.633977	22	40.761842	Line 1-1	航線-1
121	5.317686	22	38.389802	Line 1-2	
121	4.552458	22	37.500973	Line 2-1	航線-2
121	2.583320	22	40.273955	Line 2-2	
121	1.681630	22	39.571343	Line 3-1	航線-3
121	3.780390	22	36.614794	Line 3-2	
121	6.171778	22	39.222697	Line 4-1	航線-4
121	4.532483	22	41.511956	Line 4-2	
121	2.926810	22	35.781680	Line 5-1	航線-5
121	1.007743	22	38.571131	Line 5-2	

資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。



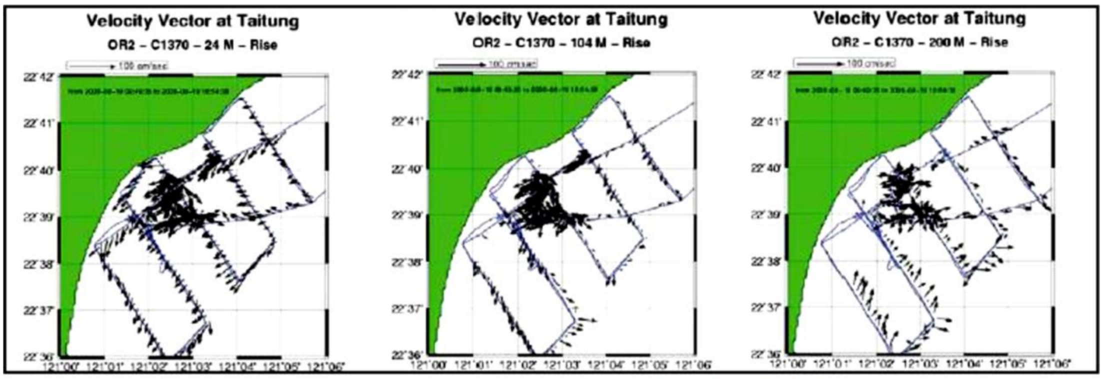
漲潮時段各(三)層流矢圖(2006.06.18)



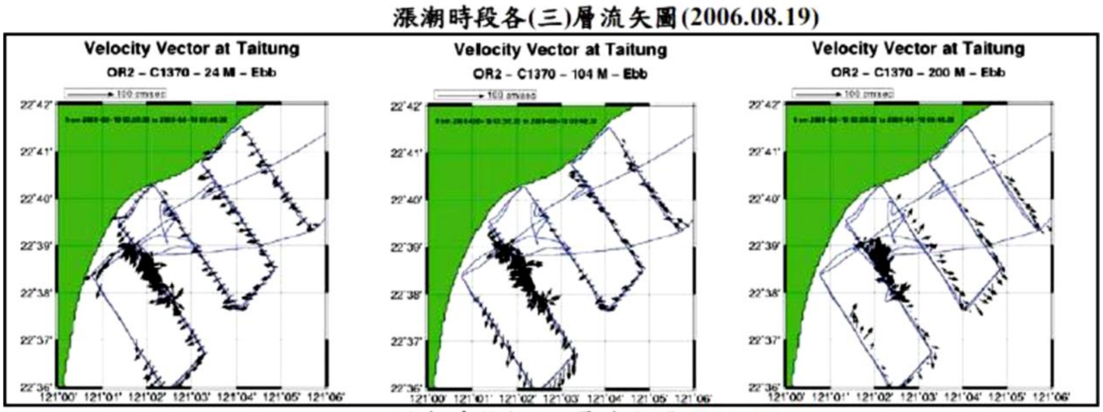
退潮時段各(三)層流矢圖(2006.06.18)

資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.1-8 漲、退潮時段各層流矢圖(第一季)



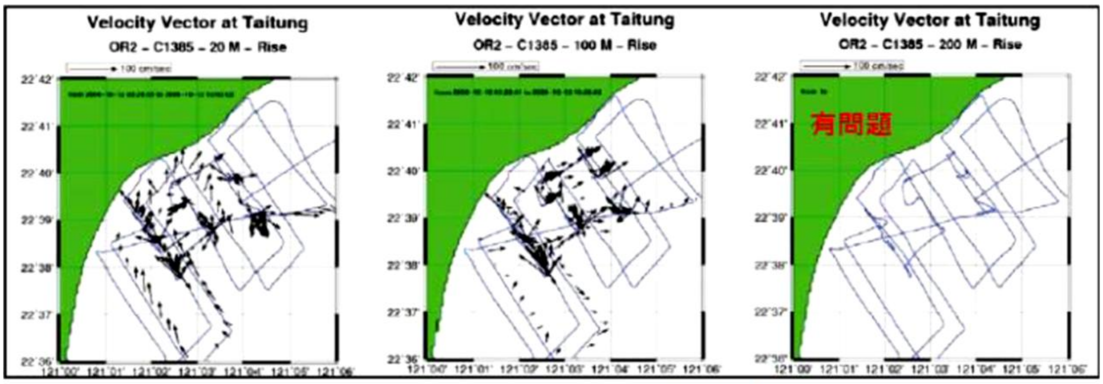
漲潮時段各(三)層流矢圖(2006.08.19)



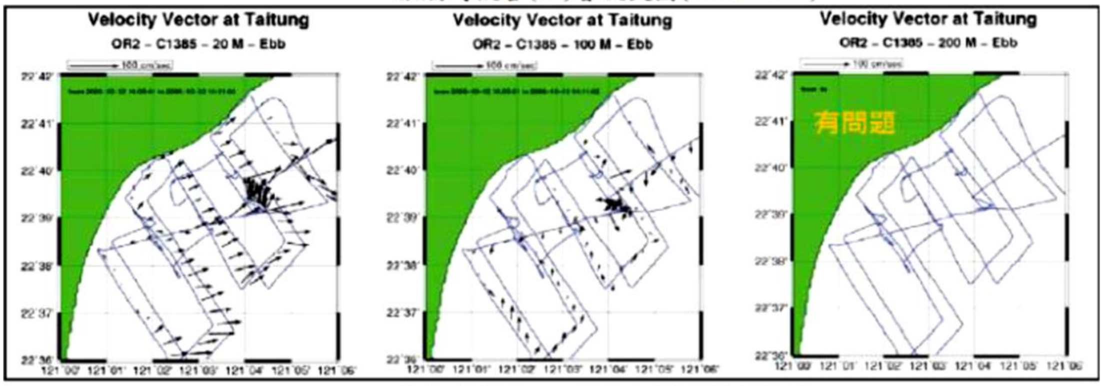
退潮時段各(三)層流矢圖(2006.08.19)

資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.1-9 漲、退潮時段各層流矢圖(第二季)



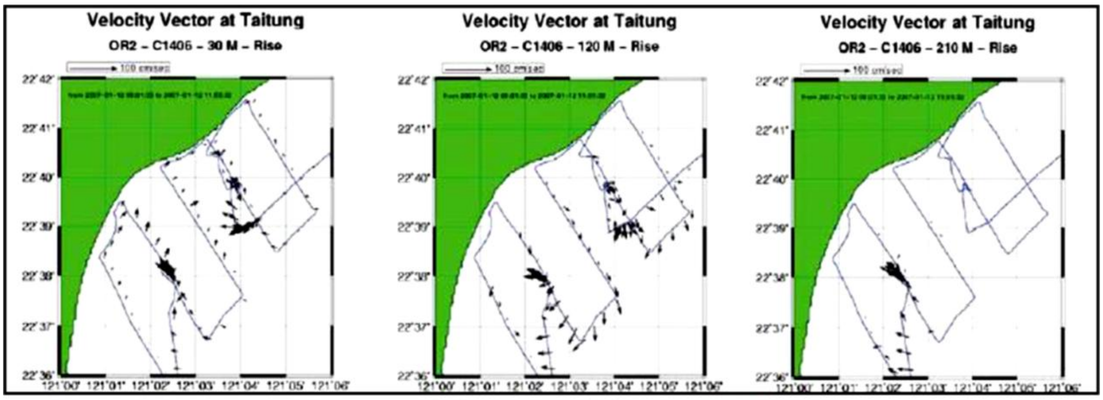
漲潮時段各(三)層流矢圖(2006.10.12)



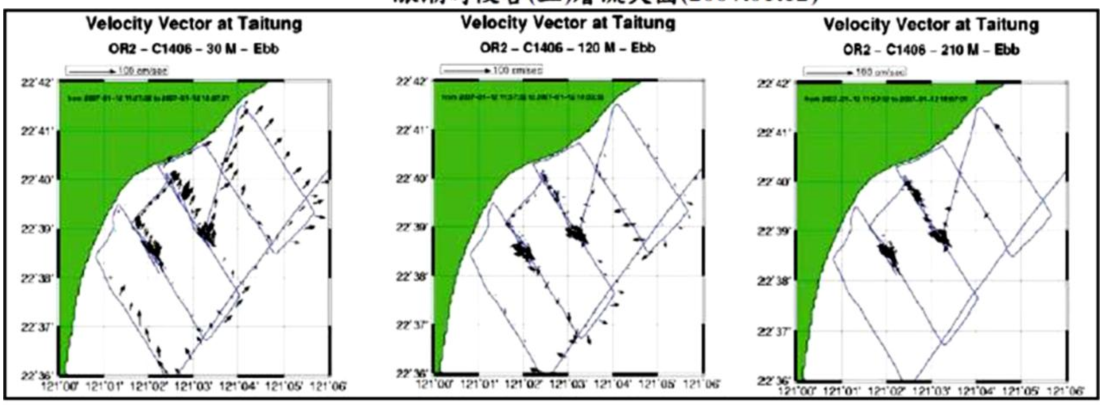
退潮時段各(三)層流矢圖(2006.10.12)

資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.1-10 漲、退潮時段各層流矢圖(第三季)



漲潮時段各(三)層流矢圖(2007.01.12)



退潮時段各(三)層流矢圖(2007.01.12)

資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.1-11 漲、退潮時段各層流矢圖(第四季)

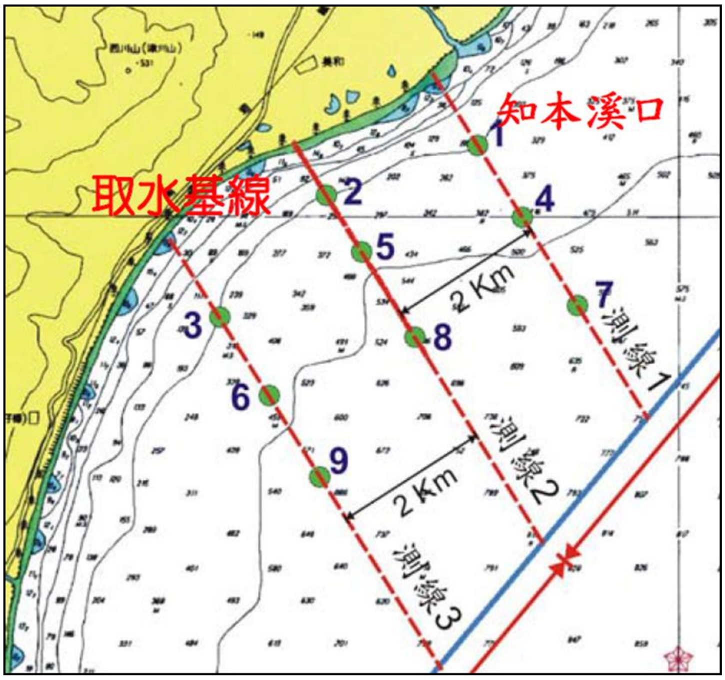
2.2 水文

本計畫區海域主要入流之河川包括利嘉溪、知本溪以及太麻里溪等。依水保局台東分局「加強坡面綠覆保水與區域性水土保育中長程方針規劃」報告(2008)，利嘉溪流域年平均雨量為 2,640.6mm，豐水期(5 月至 10 月)降雨量佔全年的 81.1%，豐水期逕流佔年平均逕流量之 86.38%；利嘉溪年平均流量為 158.86cms，統計之 10 年、25 年以及 50 年復現期距流量分別為 2028.48cms、2487.89cms 以及 2809.92cms。知本溪流域年平均雨量為 2,766.5mm，豐水期降雨量 2370.9mm，佔全年的 85.7%，豐水期逕流量佔年平均逕流量的 85.5%；知本溪之年平均流量為 158.23cms，統計之 10 年、25 年以及 50 年復現期距流量分別為 2359.04cms、2728.12cms 以及 2955.73cms。太麻里溪之年平均流量為 149.86cms，統計之 5 年、10 年、25 年以及 50 年復現期距流量分別為 2138.7cms、2659.4cms、3317.2cms 以及 3805cms。

此外，依據第八河川局「台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫」(2009)，卑南溪與利嘉溪的計畫洪水量分別為 17400cms 及 2700cms。而成功大學防災中心依據本研究範圍鄰近流域之崩塌分布情形，調查坡面崩塌土砂生產、坡面土壤侵蝕以及河道土砂侵蝕及堆積過程，以集水區整體觀點，分析土砂生產、運移與侵蝕堆積過程，並推估本研究範圍附近重要河川之河口長期年平均輸砂量(經濟部中央地質調查所，「易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置-集水區侵蝕及堆積之調查與評估計畫」，2007~2013 年)，其中知本溪約為 45 萬 m^3/年，利嘉溪 60 萬 m^3/年，太麻里溪約為 75 萬 m^3/年，卑南溪約為 217 萬 m^3/年。另於經濟部水利署「易淹水地區水患治理計畫-第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水規劃(莫拉克颱風後治理計畫檢討報告)」(2009)中，太麻里溪平均年輸砂量為 125 萬 m^3 (莫拉克颱風後)。

2.3 水質

依據「台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫」,於本計畫區域進行水質調查,包括4季不同深度之溫度(T)、鹽度(S)、密度(D)、總懸浮顆粒濃度(TSM)、酸鹼值(pH)、溶氧(DO)及硝酸鹽(NO_3)、磷酸鹽(PO_4)、矽酸鹽(SiO_4)等營養鹽類，各測站之位置標示於圖 2.3-1，各測站之坐標則詳表 2.3-2 所示。量測之知本外海溫度(T)、鹽度(S)、密度(D)資料如圖 2.3-2~圖 2.3-4，顯示在本研究範圍海水平均溫度部分由海面的 27.23 度(攝氏)隨海水深度遞減，至水深約 200m 時降為 15.28℃，至水深約 400m 時再降為 10.42℃，最後至水深約 600m 時降低至 7.35℃；而海水平均鹽度部分由海面之 34.02 psu，至水深約 100m 處時提升達最高值 34.64 psu，至水深約 200m 時再降為 34.63 psu，之後海水鹽度隨海水深度遞減，至水深約 400m 時降為 34.45 psu，最後至 600m 時降低至 34.43 psu；至於海水平均密度部分則由海面之 1021.9 kg/m^3 隨海水深度遞增，至水深約 100m 處時提升為 1025.0 kg/m^3,至水深約 200m 時再升為 1026.2 kg/m^3，至水深約 400m 時為 1026.5 kg/m^3，最後至 600m 時再提升至 1029.6 kg/m^3。



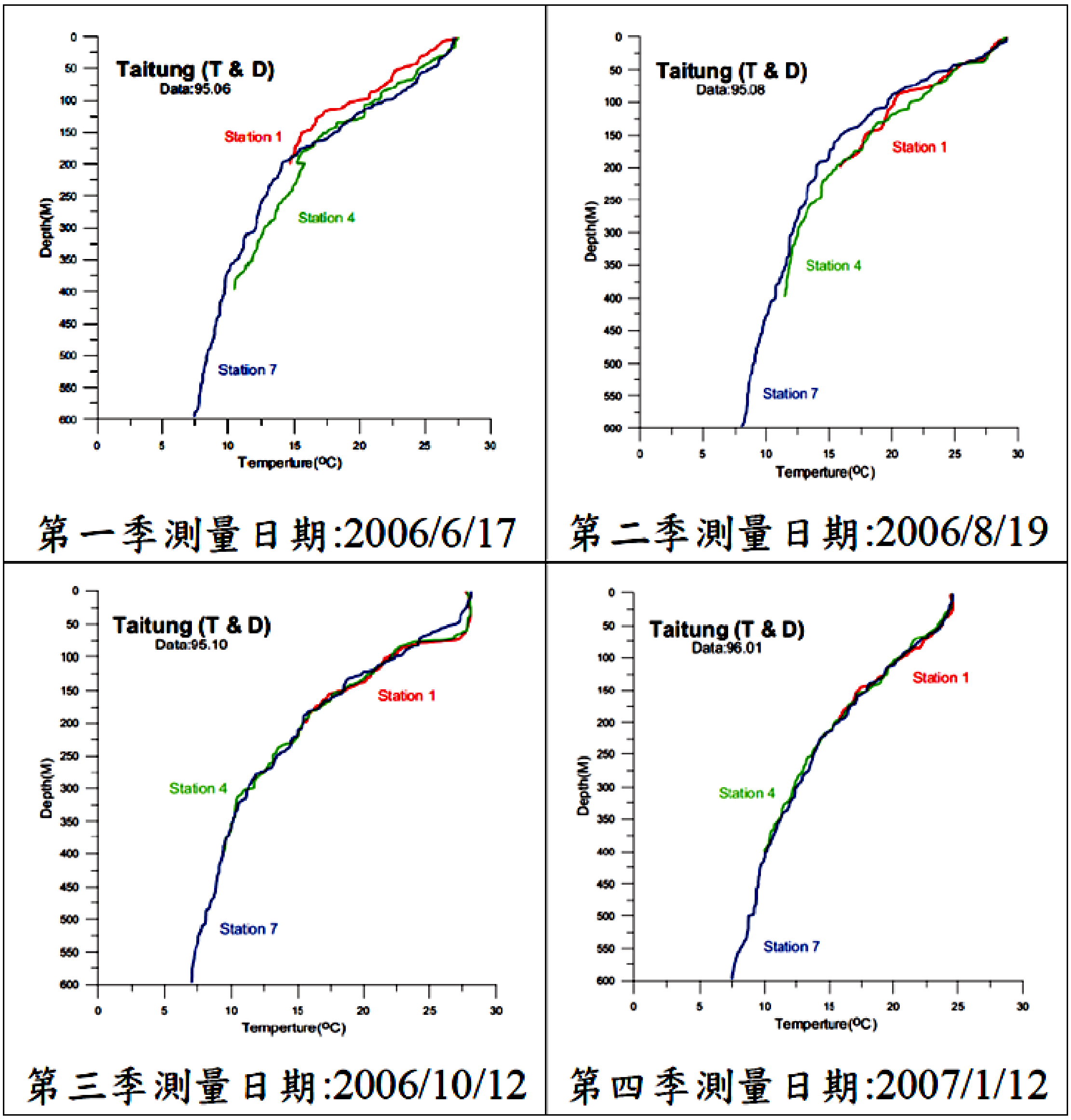
資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.3-1 知本外海水文、水質及底質調查位置分佈圖

表 2.3-1 知本外海水文、水質及底質調查位置坐標

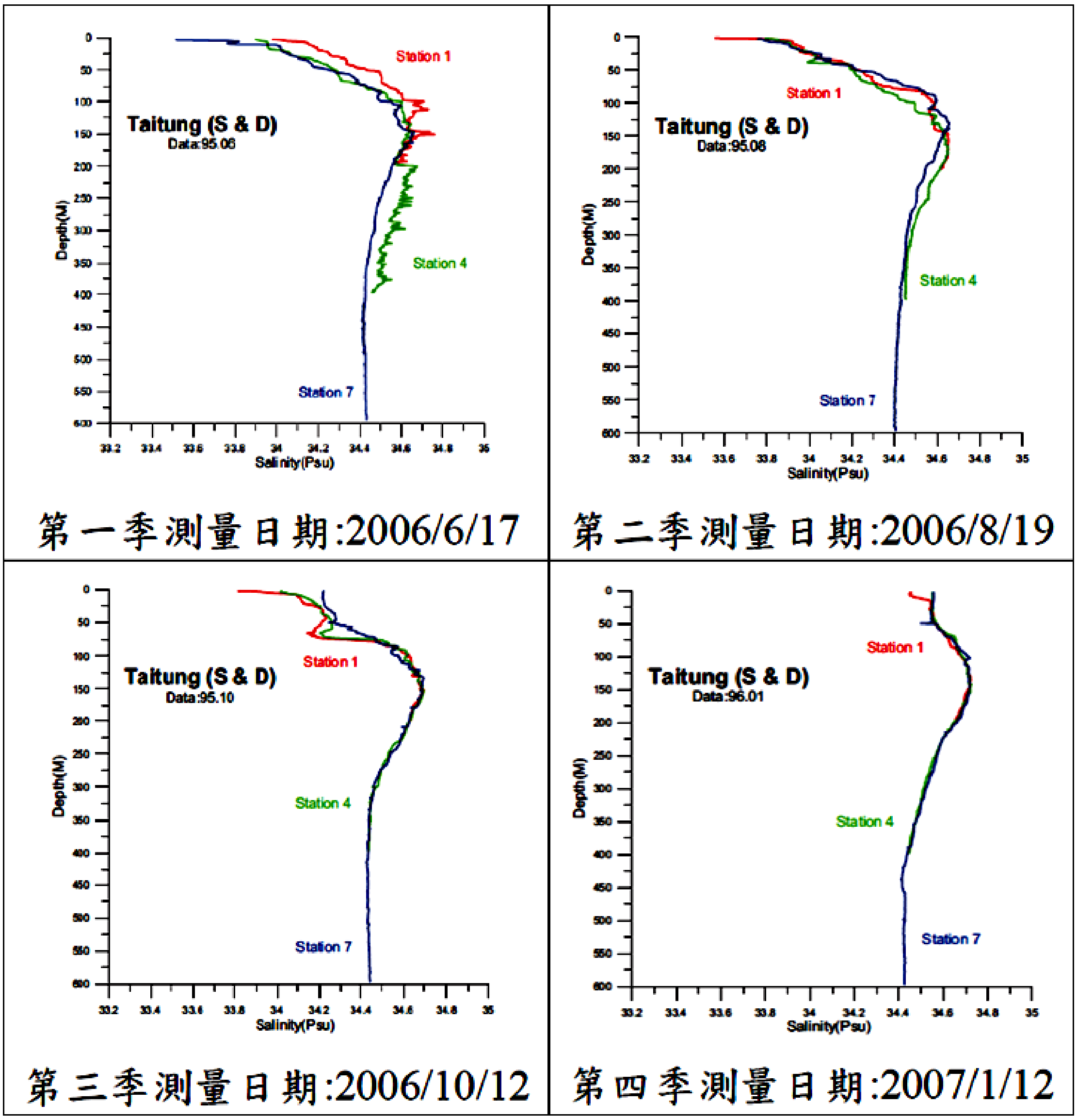
經度(TWD97)		緯度(TWD97)		備註	測站水深	樣品數	預定採樣深度(M)				
度	分	度	分	測站			樣本點1	樣本點2	樣本點3	樣本點4	樣本點5
121	3.978265	22	40.275100	Sample 1	200M	3	表層(2)	100	200		
121	2.844199	22	39.903778	Sample 2	200M	3	表層(2)	100	200		
121	2.136872	22	38.930752	Sample 3	200M	3	表層(2)	100	200		
121	4.315511	22	39.799729	Sample 4	400M	4	表層(2)	100	200	400	
121	3.116723	22	39.517877	Sample 5	400M	4	表層(2)	100	200	400	
121	2.437990	22	38.504763	Sample 6	400M	4	表層(2)	100	200	400	
121	4.852808	22	39.043553	Sample 7	600M	5	表層(2)	100	200	400	600
121	3.563092	22	38.883724	Sample 8	600M	5	表層(2)	100	200	400	600
121	2.846432	22	37.923756	Sample 9	600M	5	表層(2)	100	200	400	600

資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.3-2 知本外海水溫資料

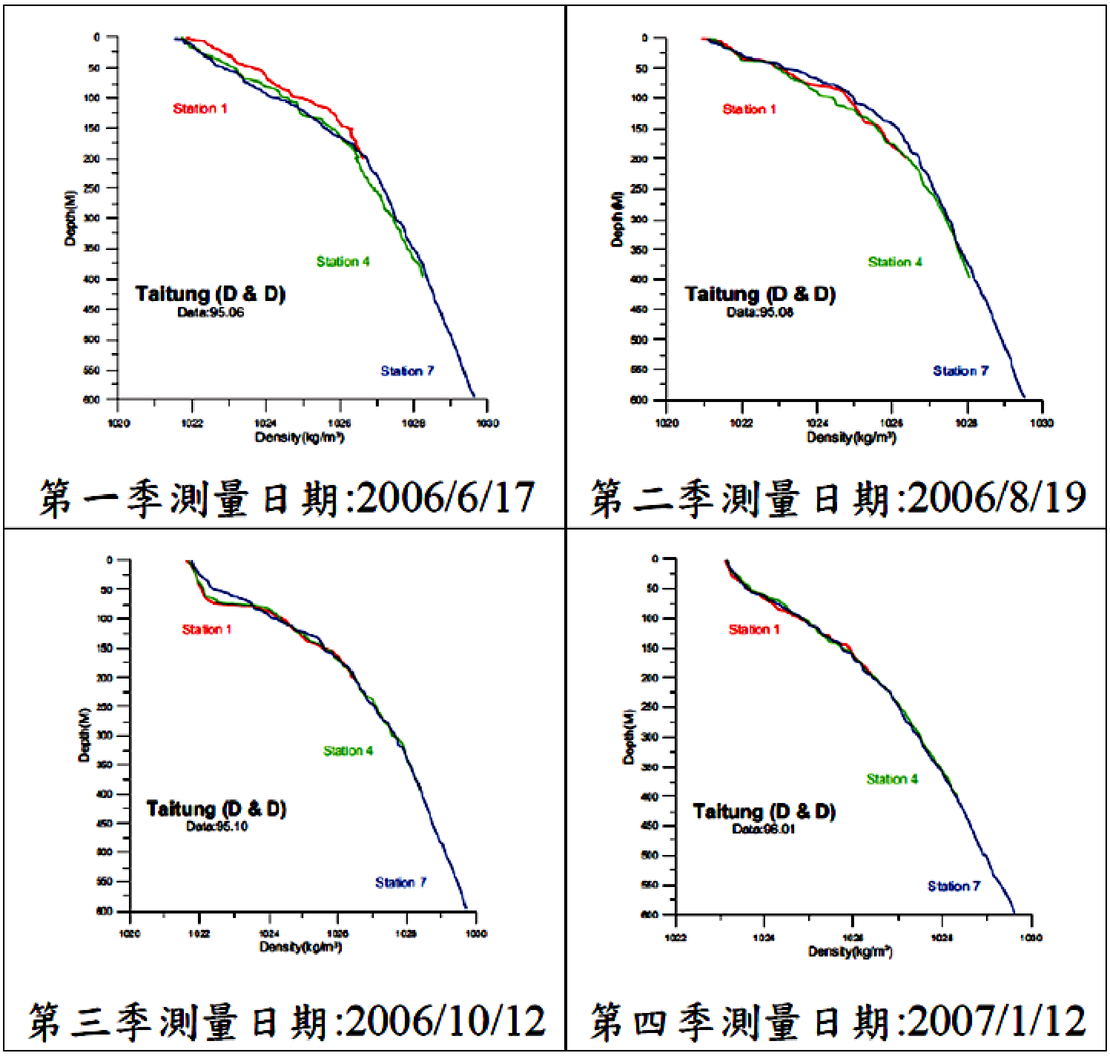


第一季測量日期:2006/6/17　第二季測量日期:2006/8/19

第三季測量日期:2006/10/12　第四季測量日期:2007/1/12

資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.3-3 知本外海鹽度資料



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.3-4 知本外海密度資料

表 2.3-2 以及圖 2.3-5~圖 2.3-8 為計劃海域不同深度之四季水質分析成果，顯示在本研究範圍海水溫度大約在水下-400m 以深會降至 10℃以下，而水深-600m 處可低至 6.908℃(10 月份)至 7.835℃(8 月份)。此外，而水體的 pH 值在水深-600m 處接近中性、溶氧量較低，而硝酸鹽(NO_3)、磷酸鹽(PO_4)、矽酸鹽(SiO_4)等營養鹽類則呈現越深越豐富的現象。

表 2.3-2 知本外海各水深之水質分析成果

第一季深層海水於不同深度之水質特性(2006/6)

Depth (m)	T (°C)	S (psu)	TSM (mg/L)	pH (25°C)	DO (μM)	AOU (μM)	NH4 (μM)	NO2 (μM)	NO3 (μM)	PO4 (μM)	SiO4 (μM)	Chl a (mg/m^3)	BOD (mg/L)	Bac	E. coli	NO3-N (mg/L)
2	27.329	33.825	0.26	8.080	208.2	-8	0.66	0.03	0.7	0.02	3.7	0.63	0.44	4.5	n.d.	0.01
100	20.533	34.644	0.36	7.947	177.5	47	0.56	0.04	7.1	0.41	8.8	0.11	0.20	2.9	n.d.	0.10
199	15.195	34.642	0.22	7.822	157.8	90	0.65	0.01	15.1	0.94	19.5		0.14	3.0	n.d.	0.21
389	10.545	34.477	0.31	7.682	133.5	139	0.53	0.01	24.9	1.56	43.6		0.19	2.1	n.d.	0.35
591	7.189	34.457	0.40	7.580	111.4	183	0.42	0.02	32.2	1.98	71.9		0.18	2.7	n.d.	0.45

(註)Bac: Bacteria biomass (10^5 cells/mL); E.coli (CFU/100mL); n.d.: non-detectable

第二季深層海水於不同深度之水質特性(2006/8)

Depth (m)	T (°C)	S (psu)	TSM (mg/L)	pH (25°C)	DO (μM)	NH4 (μM)	NO2 (μM)	NO3 (μM)	PO4 (μM)	SiO4 (μM)	Chl a (mg/m^3)	BOD (mg/L)	Bac	E. coli	NO3-N (mg/L)
2	28.988	33.692	0.21	8.117	197.2	0.24	0.00	0.1	0.04	2.2	0.42	0.43	6.5	n.d.	0.00
101	19.864	34.575	0.15	7.938	178.2	0.34	0.01	7.4	0.54	11.4	0.12	0.29	2.5	n.d.	0.10
199	15.224	34.597	0.12	7.853	168.1	0.30	0.00	12.0	0.85	18.0	n.d.	0.27	1.7	n.d.	0.17
394	10.960	34.437	0.15	7.717	143.1	0.38	0.00	20.5	1.50	40.7	n.d.	0.20	1.4	n.d.	0.29
591	7.835	34.403	0.16	7.608	110.6	0.23	0.00	27.2	2.02	69.0	n.d.	0.21	1.3	n.d.	0.38

(註)Bac: Bacteria biomass (10^5 cells/mL); E.coli (CFU/100mL); n.d.: non-detectable

第三季深層海水於不同深度之水質特性(2006/10)

Depth (m)	T (°C)	S (psu)	TSM (mg/L)	pH (25°C)	DO (μM)	NH4 (μM)	NO2 (μM)	NO3 (μM)	PO4 (μM)	SiO4 (μM)	Chl a (mg/m^3)	BOD (mg/L)	Bac	E. coli	NO3-N (mg/L)
2	27.945	34.065	0.30	8.130	195.6	0.36	0.01	0.4	0.05	3.1	0.23	0.14	9.3	n.d.	0.01
100	21.595	34.625	0.28	7.990	175.4	0.36	0.06	5.1	0.41	8.4	0.14	0.07	3.5	n.d.	0.07
199	15.287	34.619	0.21	7.856	163.2	0.29	0.01	12.5	0.92	18.6	n.d.	0.13	1.9	n.d.	0.18
389	9.544	34.431	0.29	7.665	124.2	0.16	0.00	25.0	1.88	55.1	n.d.	0.16	1.5	n.d.	0.35
596	6.908	34.442	0.74	7.580	106.5	0.13	0.01	31.5	2.42	81.6	n.d.	0.24	1.3	n.d.	0.44

(註)Bac: Bacteria biomass (10^5 cells/mL); E.coli (CFU/100mL); n.d.: non-detectable

第四季深層海水於不同深度之水質特性(2007/1)

Depth (m)	T (°C)	S (psu)	TSM (mg/L)	pH (25°C)	DO (μM)	NH4 (μM)	NO2 (μM)	NO3 (μM)	PO4 (μM)	SiO4 (μM)	Chl a (mg/m^3)	BOD (mg/L)	Bac	E. coli	NO3-N (mg/L)
2	24.656	34.498	0.69	8.099	204.3	0.53	0.04	0.3	0.05	4.0	0.51	0.15	7.3	n.d.	0.00
100	19.755	34.703	0.31	7.951	174.0	0.68	0.03	7.3	0.46	10.5	0.02	0.04	3.0	n.d.	0.10
199	15.419	34.642	0.30	7.875	168.5	0.64	0.01	12.2	0.74	18.4	n.d.	0.05	2.0	n.d.	0.17
398	10.649	34.459	0.37	7.707	134.2	0.64	0.00	24.7	1.56	47.4	n.d.	0.09	1.2	n.d.	0.35
595	7.448	34.428	0.35	7.601	110.0	0.55	0.01	32.9	2.12	77.2	n.d.	0.11	1.1	n.d.	0.46

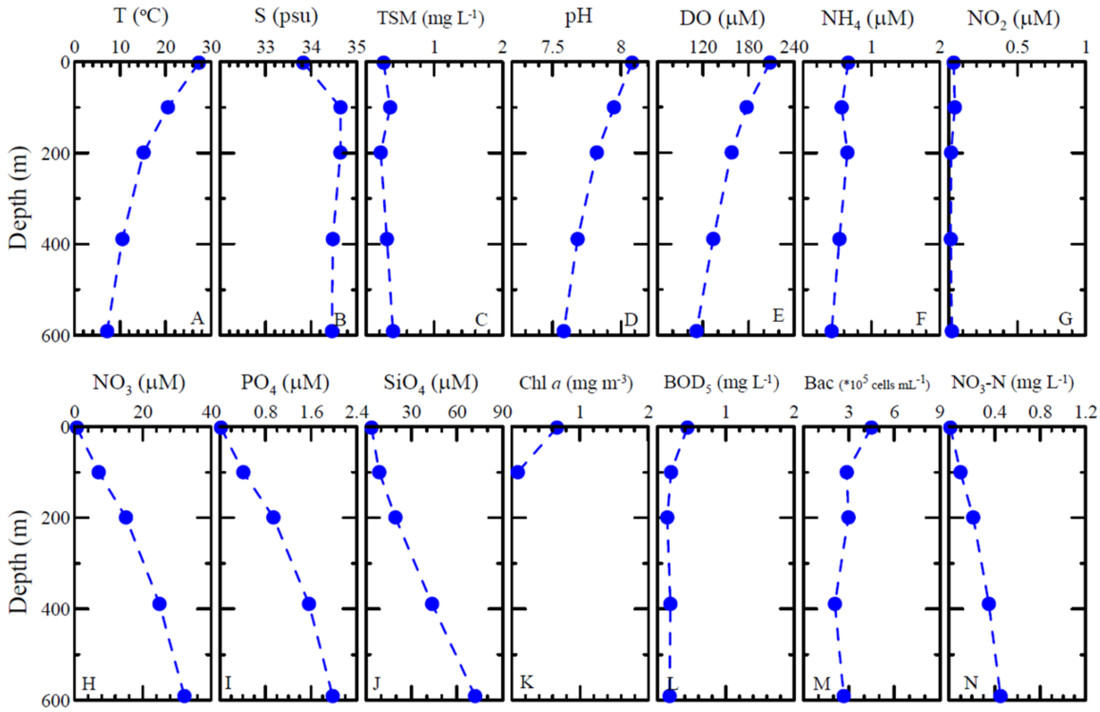
(註)Bac: Bacteria biomass (10^5 cells/mL); E.coli (CFU/100mL); n.d.: non-detectable

第 1~4 季深層海水於不同深度之水質特性(2006~2007 平均值)

Depth (m)	T (°C)	S (psu)	TSM (mg/L)	pH (25°C)	DO (mM)	NH_4 (mM)	NO_2 (mM)	NO_3 (mM)	PO_4 (mM)	SiO_4 (mM)	Chl a (mg/m^3)	BOD (mg/L)	Bac	E. coli	NO_3-N (mg/L)
2	27.229	34.020	0.37	8.107	201.3	0.45	0.02	0.4	0.04	3.2	0.45	0.29	6.9	n.d.	0.01
100	20.437	34.637	0.27	7.957	176.3	0.49	0.04	6.7	0.45	9.8	0.10	0.15	3.0	n.d.	0.09
199	15.281	34.625	0.21	7.851	164.4	0.47	0.01	12.9	0.86	18.6	n.d.	0.15	2.2	n.d.	0.18
389	10.424	34.451	0.28	7.693	133.7	0.43	0.00	23.8	1.62	46.7	n.d.	0.16	1.5	n.d.	0.33
596	7.345	34.432	0.41	7.592	109.6	0.33	0.01	31.0	2.13	74.9	n.d.	0.18	1.6	n.d.	0.43

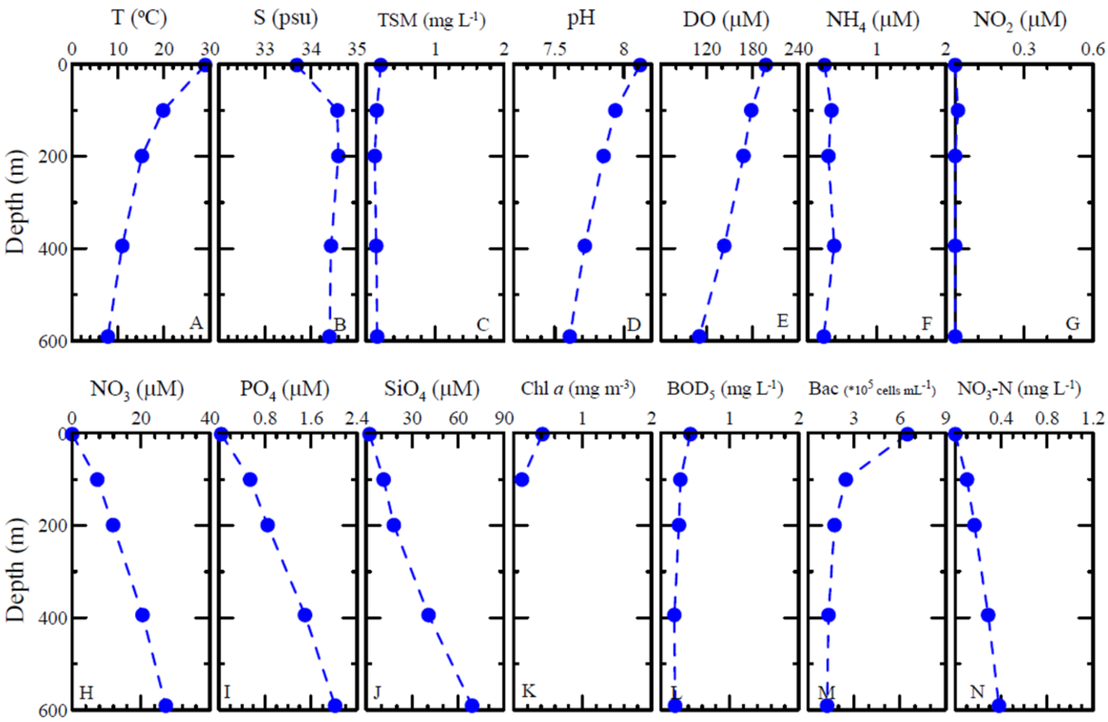
Bac: Bacteria biomass (10^5 cells/mL); E.coli (CFU/100mL); n.d.: non-detectable

資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。



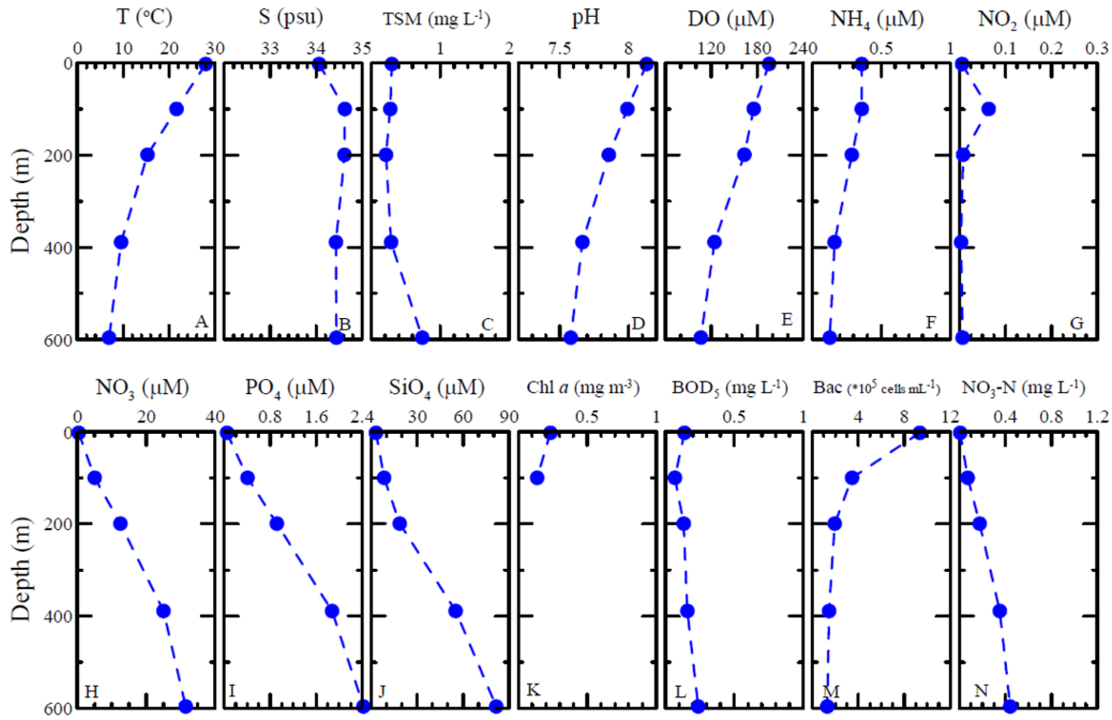
資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.3-5 知本海域第一季深層海水於不同深度之水質特性(2006/6)



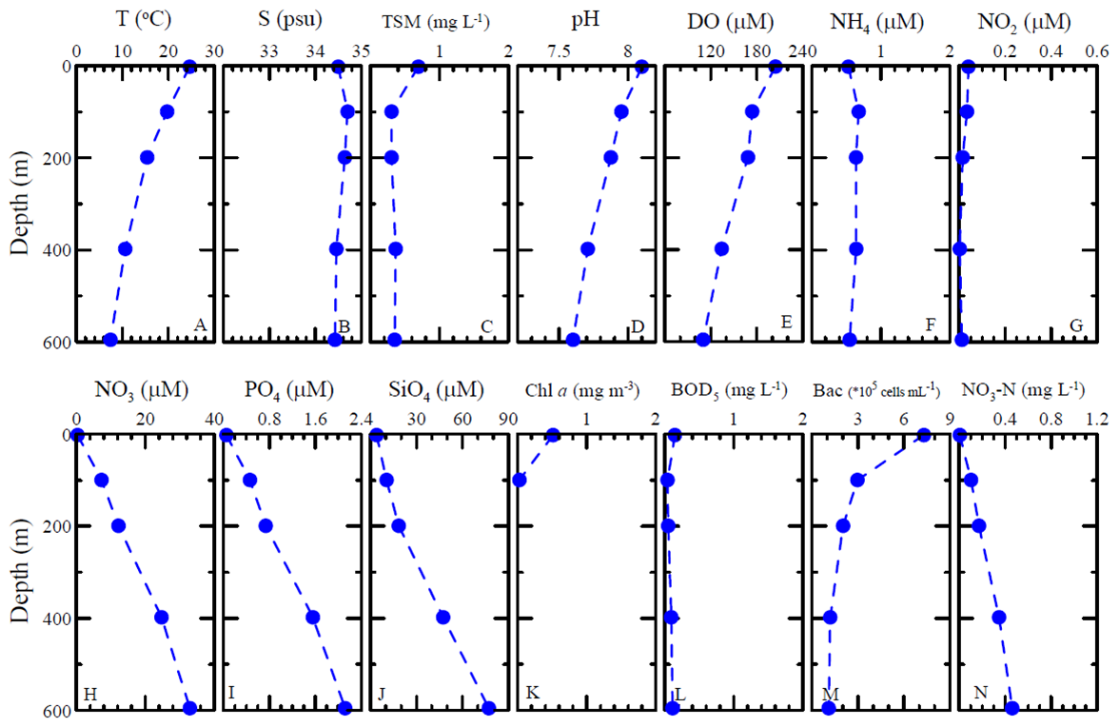
資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.3-6 知本海域第二季深層海水於不同深度之水質特性(2006/8)



資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.3-7 知本海域第三季深層海水於不同深度之水質特性(2006/10)



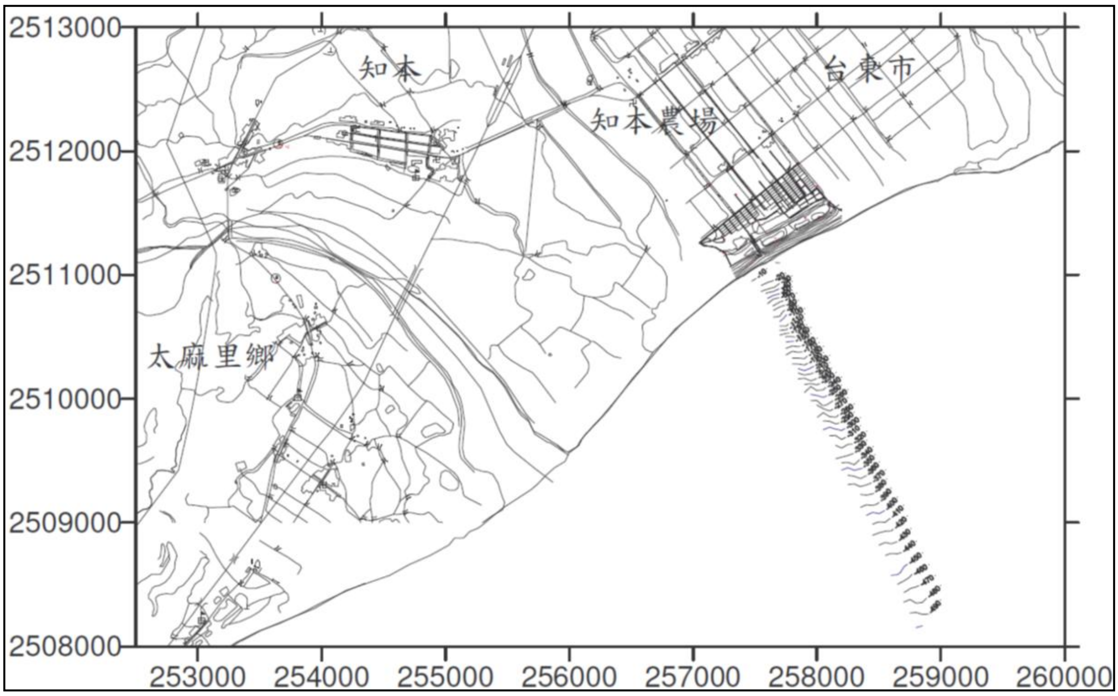
資料來源：台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.3-8 知本海域第四季深層海水於不同深度之水質特性(2007/1)

2.4 海底地形

2.4.1 地形水深

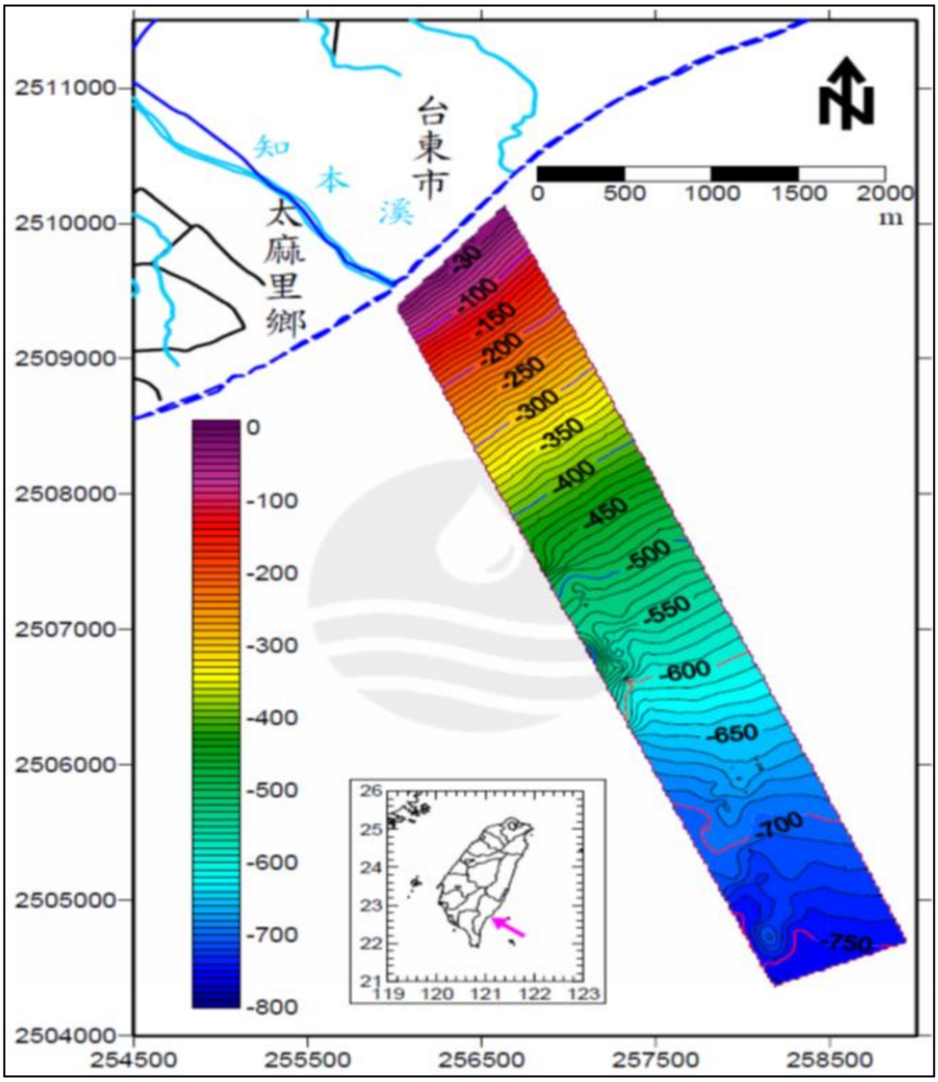
農委會水產試驗所於 2001 年辦理「國家水產生物種原庫新建工程」規劃所需現場調查，施測知本溪口外海管線鋪設預定區位，其施測範圍長約 3km，寬 200m，深度約至水深-350m，測線間隔為 50m，其結果顯示該範圍海底地形坡度平均約為 15/100(如圖 2.4.1-1)。



資料來源：「國家水產生物種原庫新建工程」規劃所需現場調查，農委會水產試驗所。

圖 2.4.1-1 知本溪口附近局部地形水深施測成果

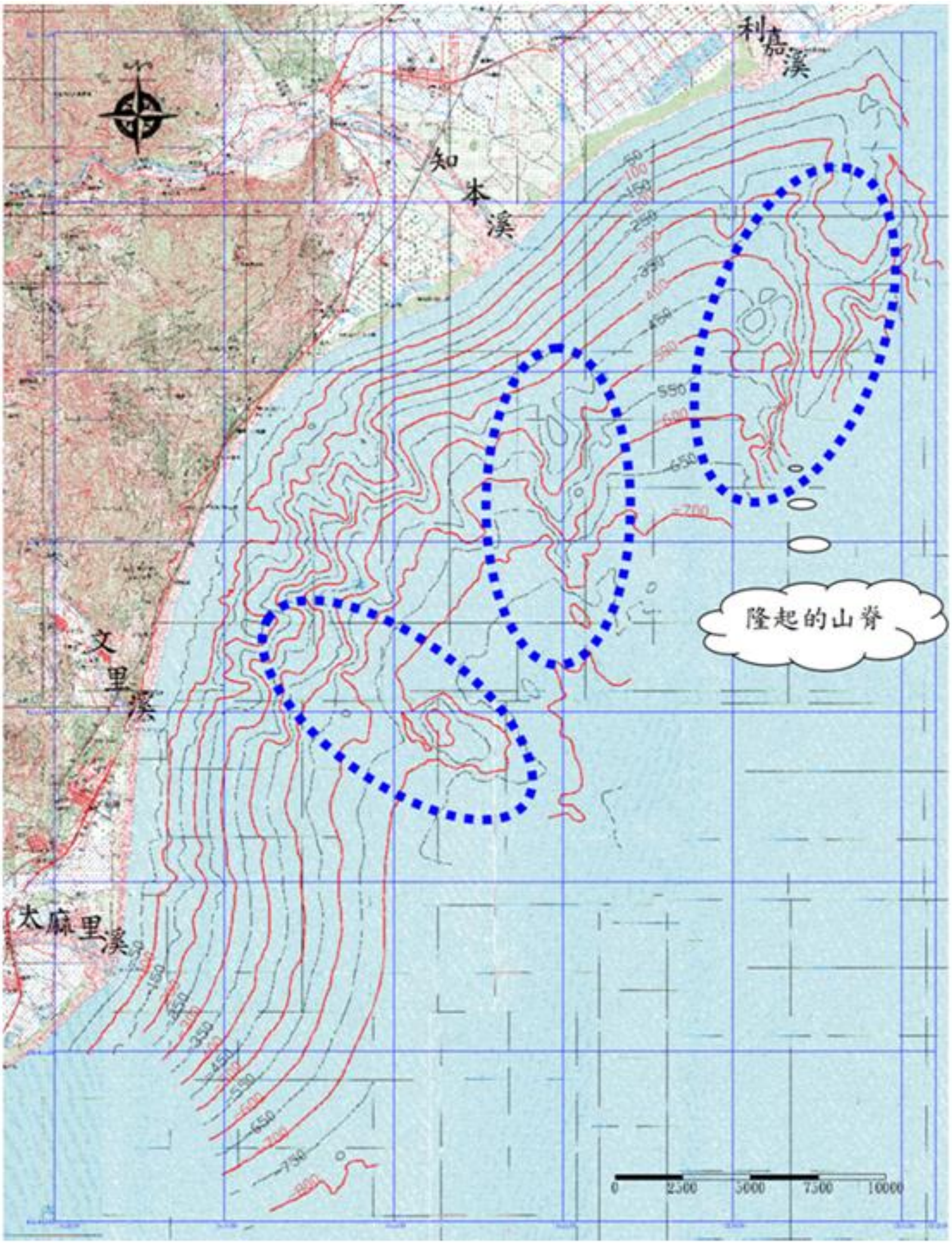
經濟部水利署於 2005 年辦理「知識型水利產業技術開發計畫(1/2)-深層海水環境水質基本調查」規劃自水深-20m 處量測至水深-750m 處，測量寬度為(管線預定)斷面左右各 450m，間隔為每隔 150m 寬量測一次，其結果顯示海底地形平均坡度約為 14/100(如圖 2.4.1-2)。



資料來源：知識型水利產業技術開發計畫(1/2)-深層海水環境水質基本調查，經濟部水利署。

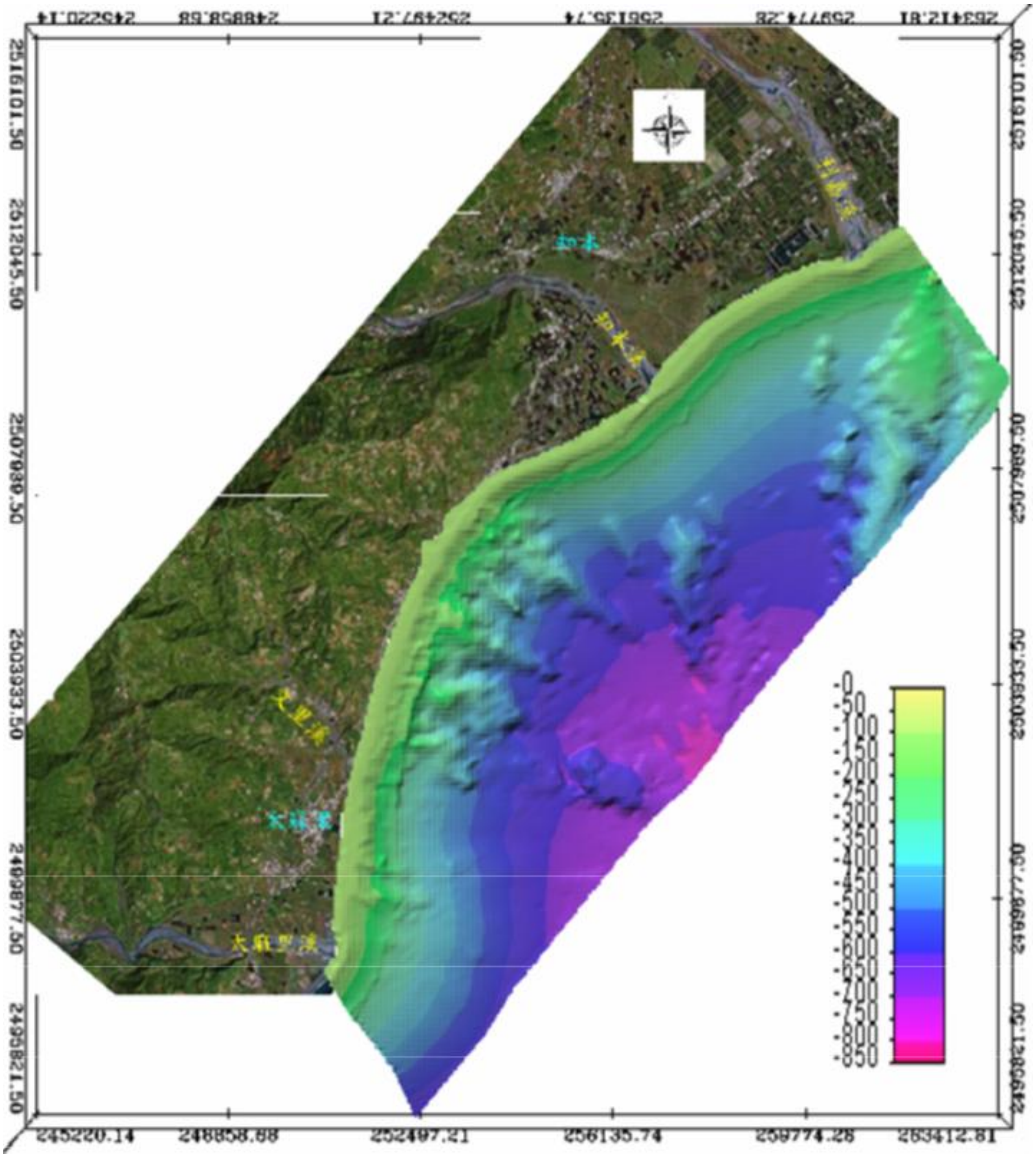
圖 2.4.1-2 知本溪口海域地形水深施測成果

第八河川局於 2007 年辦理「台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫」針對該計畫範圍(沿岸方向北起利嘉溪口北側豐原附近，南至太麻里溪口南側香蘭附近)之海底地形進行量測，其中於淺海區(水深-100m 以淺)進行兩次量測(2006/06、2006/10)，於深海區(水深-600m 以淺)進行一次施測(2006/06)。圖 2.4.1-3、圖 2.4.1-4 為 2006/06 施測之全區等深線與 3D 地形圖，顯示知本海域之海底地形具三個主要隆起之海中山脊，由北往南分別為利嘉溪溪口向南延伸、知本溪溪口向南南東延伸、文里溪溪口向東延伸，該研究計畫判釋此三個隆起區域係由陸地延伸至綠島之山脊線，在山脊線間形成二個較平坦之海底地。在知本溪溪口附近四周為一平順均勻之邊坡，向東一路下滑，區內最深處達-850m 左右。



資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

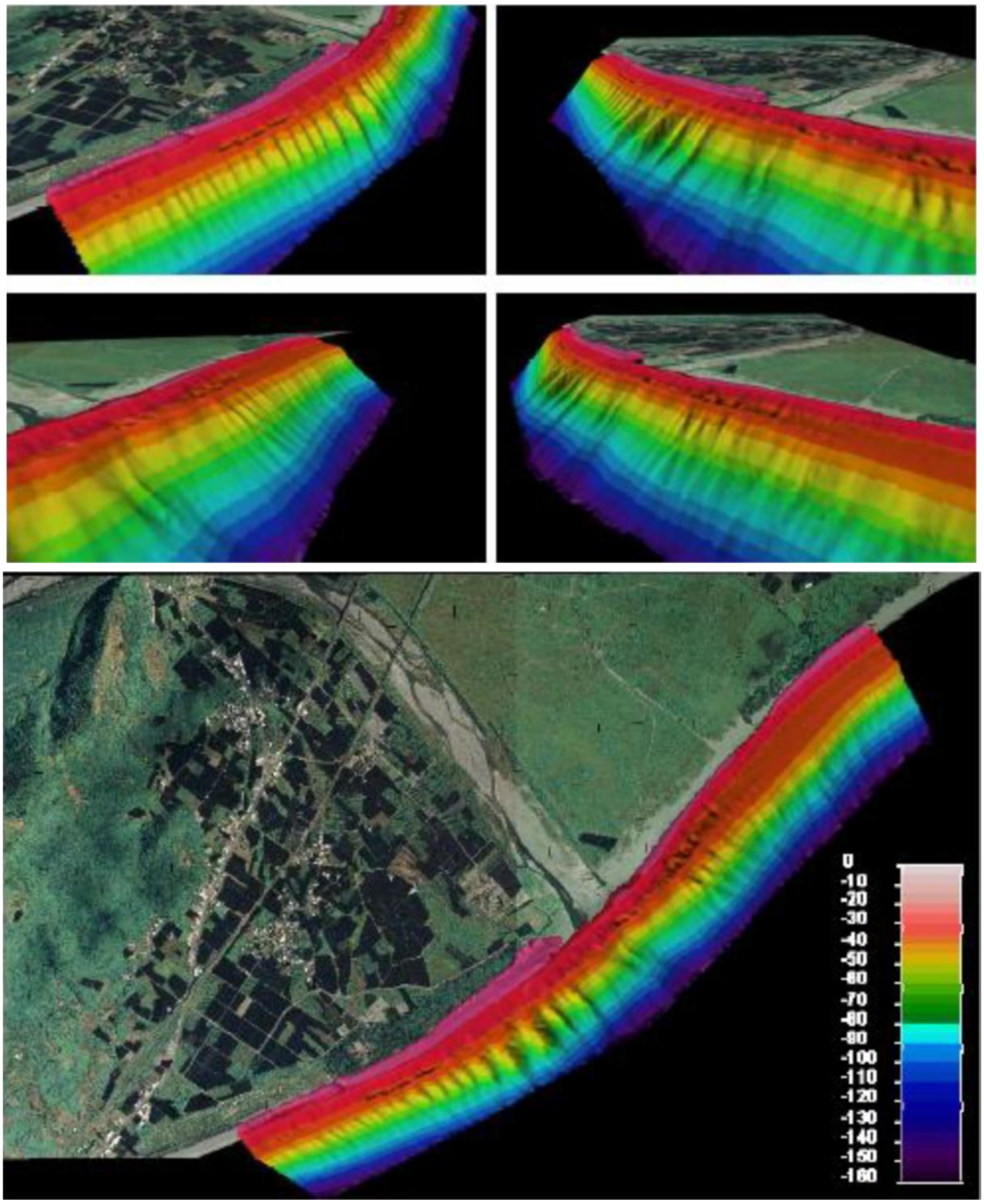
圖 2.4.1-3 知本海域水深等高線圖



資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.1-4 知本海域水深 3D 圖

經濟部水利署於 2011 年辦理「深層海水模廠近岸段地形水深監測及多功能展示規劃」中將水深資料網格化後匯入 Fledermaus 系統並以權重方式製作成 3D 色階地形圖(圖 2.4.1-5)，結果顯示在知本溪口南北兩側均存在蝕溝之地形，自水下約-20~-30m 一路向下延伸，其尺度以靠近河口處者較大，蝕溝波長(相鄰之脊峰間距)約在 50m 以上，蝕溝波高(脊峰至脊谷距離)則約有 30m，而此一尺度大致隨著遠離河口而變小。

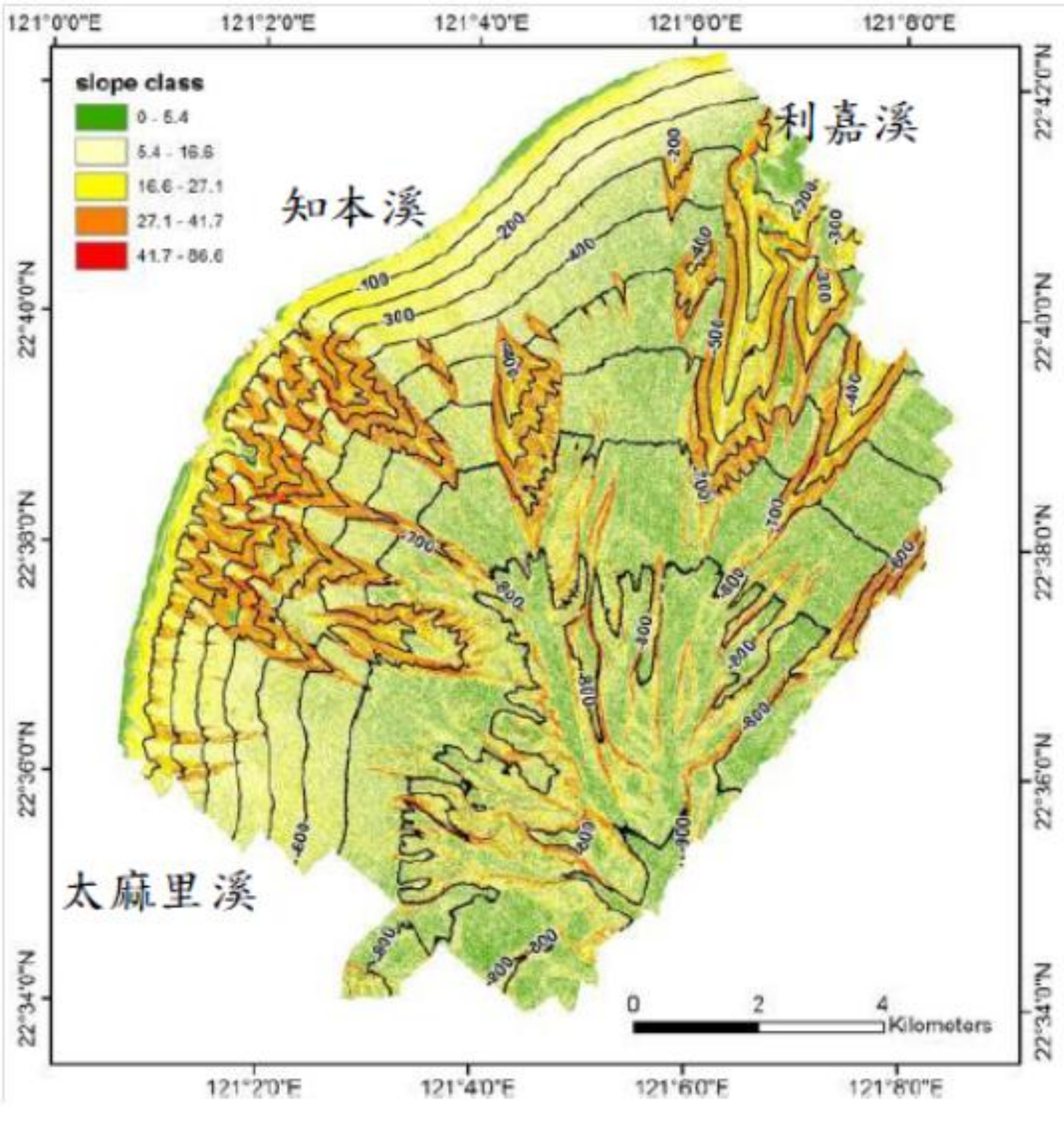


資料來源：深層海水模廠近岸段地形水深監測及多功能展示規劃，經濟部水利署。

圖 2.4.1-5 深層海水創新研發中心近岸段地形水深 3D 圖

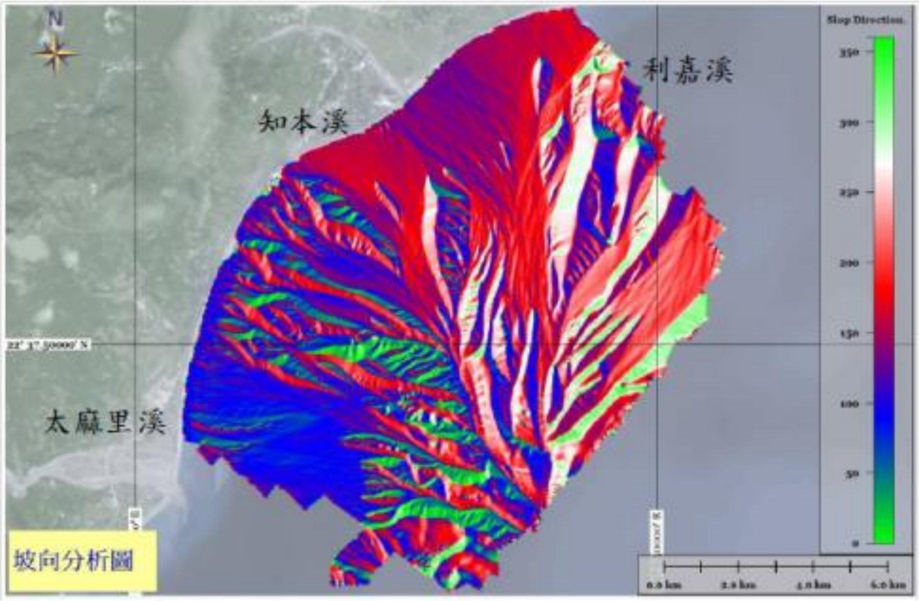
經濟部水利署水規所於 2015 年辦理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」，利用空間分析之圖層計算功能，分別求出本計畫區範圍之坡度及坡向分佈狀態，區域內的海床坡度最小為 0 度，最大達 86 度，主要的緩坡(小於 5 度)集中於沿岸水深淺於-10m 與深於-700m 緩坡及脊狀地形的谷底，而區域內的海中山脊坡度則約大於 27 度的坡度，而在知本溪河口南側、太麻里附近上部斜坡的海床水深淺於-200m 等深線範圍，呈現圍繞調查區域近岸的環狀陡坡，

坡度高達 16 度以上，如圖 2.4.1-6 所示。主要坡面分為知本溪口側與太麻里溪口側，知本溪口附近坡向為 105 度~200 度間與在太麻里溪口北側坡向為 100 度，而上部斜坡次要的坡向，則由主要海中山脊的走勢為主，而從圖 2.4.1-7 的分析，可以發現知本溪出海口附近海床呈現細微但旺盛的坡向變化，該坡向顯示海床沉積物流痕或溝渠的形貌特徵，垂直海岸並平行下坡方向，此細微地形特徵可以利用坡向突顯，近台東水下臺地的海中山脊間，海床沉積物的流痕，在具有陰影效果的坡向分析上可以發現，在著陸式海管的布設上，以單向直坡較能使管線垂直等深線方向。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-6 本計畫區海域海床坡度變化圖



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

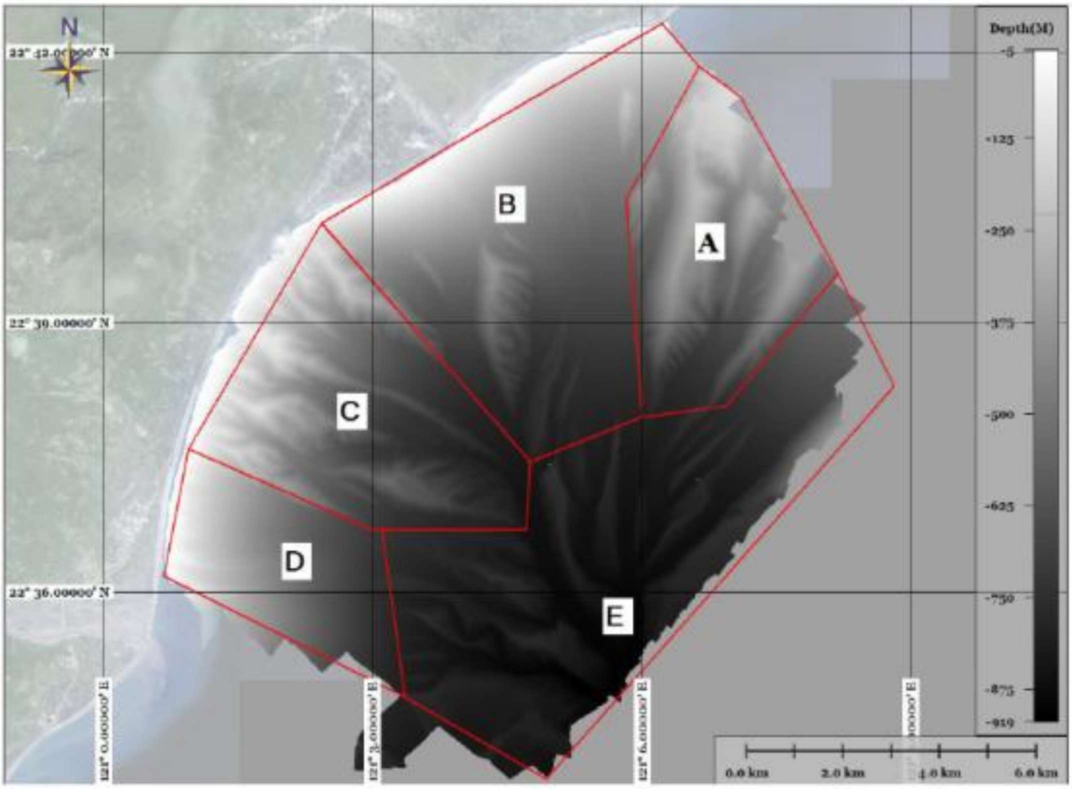
圖 2.4.1-7 本計畫區海域海床坡向分析圖

該計畫將地形分為五個區塊(詳表 2.4.1-1、圖 2.4.1-8)，其中區塊 A(台東下水台地南側) 海中山脊群自台東水下臺地向南走向延伸 191 度，水深為-130~-780m 區間，山脊間最大高差為 280m，最大坡度為 30 度，區域內東北-西南走向的山脊間，可能被來自台東沖積平原及水下台地的沉積物所充填，在北側山脊頂部，呈現平坦緩丘狀的形貌。在海谷間的末端可以發現沉積物的圓弧形崩面(圖 2.4.1-9)與趾部堆積的痕跡，崩面具有高角度的崩面以及圓弧形型的側壁，趾部堆積不明顯，但約略可以辨認，而山脊兩翼貼覆一層沉積物，在圖 2.4.1-10 內顯示有掉落現象。

表 2.4.1-1 本計畫區海域海床地形分析表

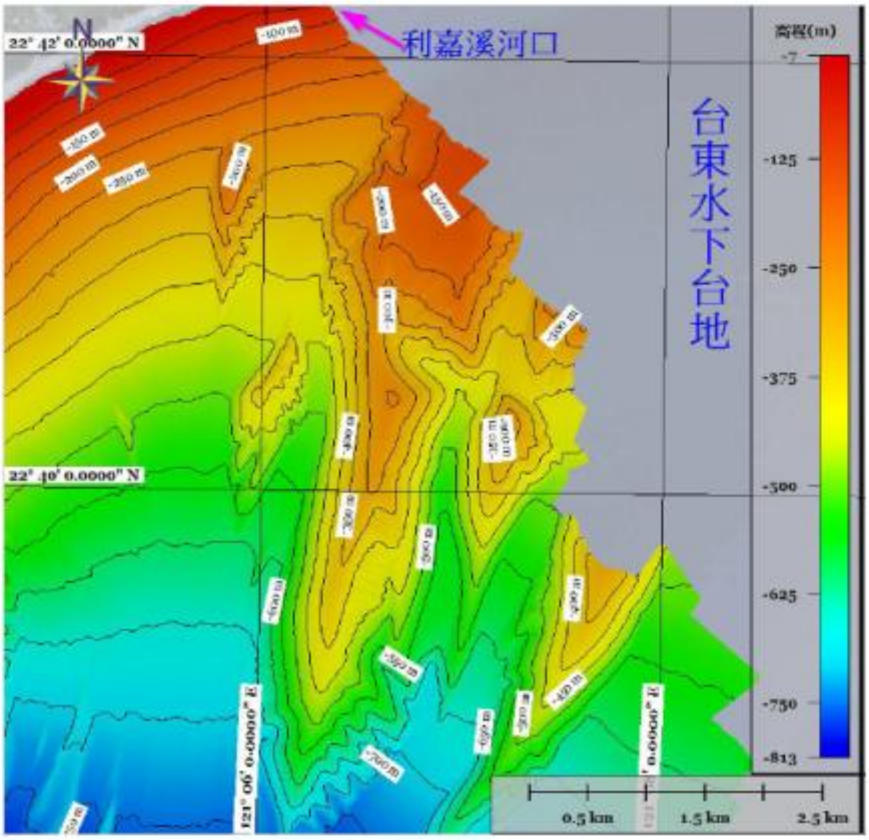
區塊名稱	位置	敘述
A	台東水下台地南側	地形上為水下台地南側的海中山脊延伸
B	知本溪兩側	位於利嘉溪至近岸海中山脊群的區間海床，水深為-4m 至-780m 區間，為過去深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠及國家水產生物種原庫–台東支庫布管區域。
C	近岸海中山脊區	主要地形為連續海中山脊及海谷分布。
D	太麻里溪口附近	太麻里溪出海口北側海床。
E	蝕溝–海中山脊區	調查區域最深處，呈現 U 型侵蝕溝與頂部平坦的海中山脊分布。

資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。



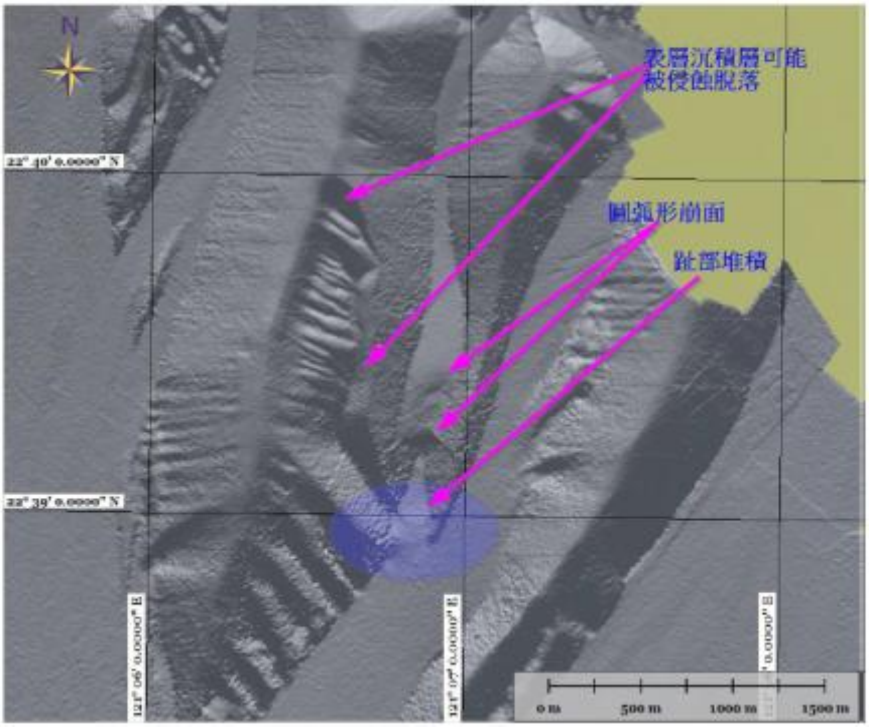
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-8 本計畫區海域海床地形分區圖



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

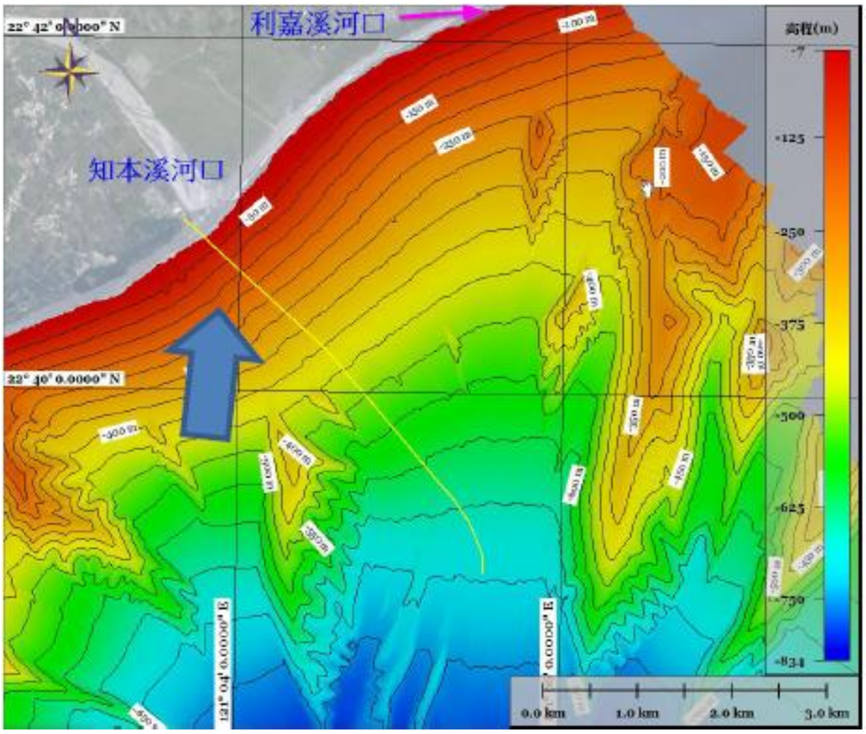
圖 2.4.1-9 台東水下台地南側地形圖



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

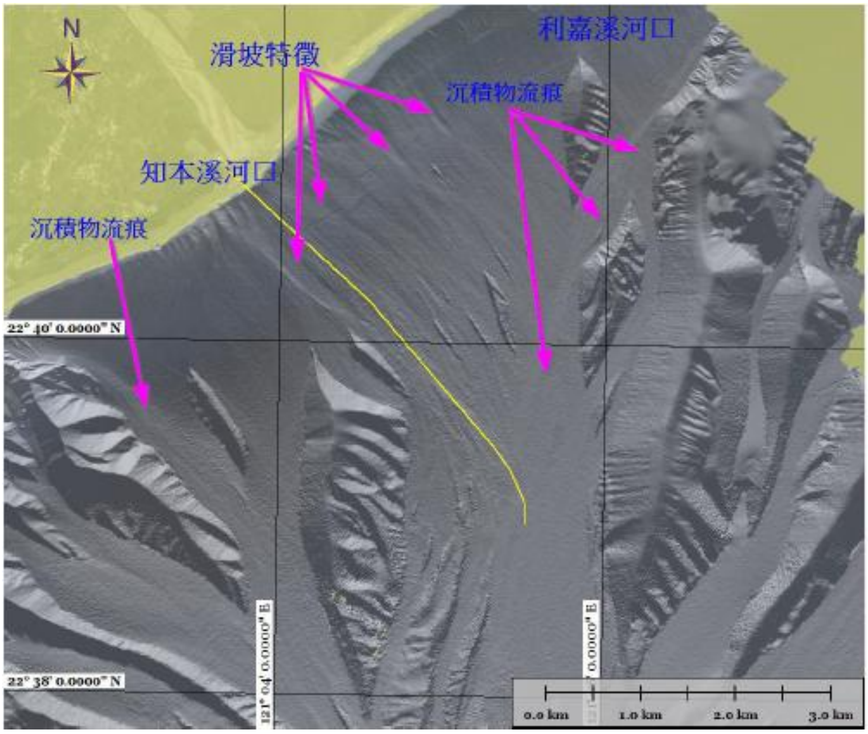
圖 2.4.1-10 水下台地南側海底山谷間沉積物填塞現象圖

區塊 B(知本溪河口兩側)主要坡面平均坡度為 6.2 度，坡向為東南，斜坡上部平均坡度為 12~17 度，淺海區海床呈現明顯的崩移崖特徵，下部斜坡則趨緩為 6~8 度，但海床上仍有小型的海中山脊突出坡面，而在 121°4'E，22°39'N 附近有一明顯海中山脊，該山脊高差為 200m，過去的布設管線均位於知本溪出海口至該山脊東側之陡坡海床面。藉由灰階地形的打光，呈現海床細微的地形徵貌，可以看到區塊 B 的海床有旺盛的邊坡滑動特徵，在知本溪河口附近南管(黃色線段)的等深線上凹(圖 2.4.1-11，箭頭指示處)及由圖 2.4.1-12 顯示的海床地形陰影圖，主要坡面呈現滑坡造成的溝狀地形，崩落物在南管(黃色線段)末端略呈現三角狀的坡腳堆積，以及在近利嘉溪的海谷谷道內有沉積物流痕特徵，其可能來自利嘉溪或北方的沉積物來源輸入，從表層地形特徵所回推可能沉積物活動，顯示該處位於不穩定的海床環境。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-11 知本溪河口兩側地形圖

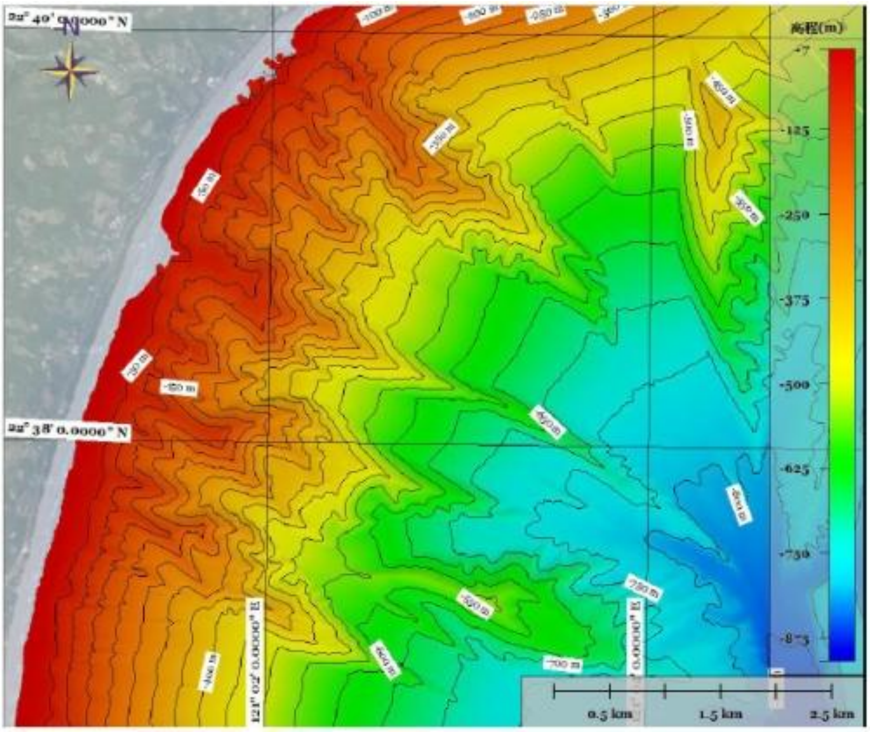


資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-12 知本溪附近滑坡及沉積物流痕現象圖

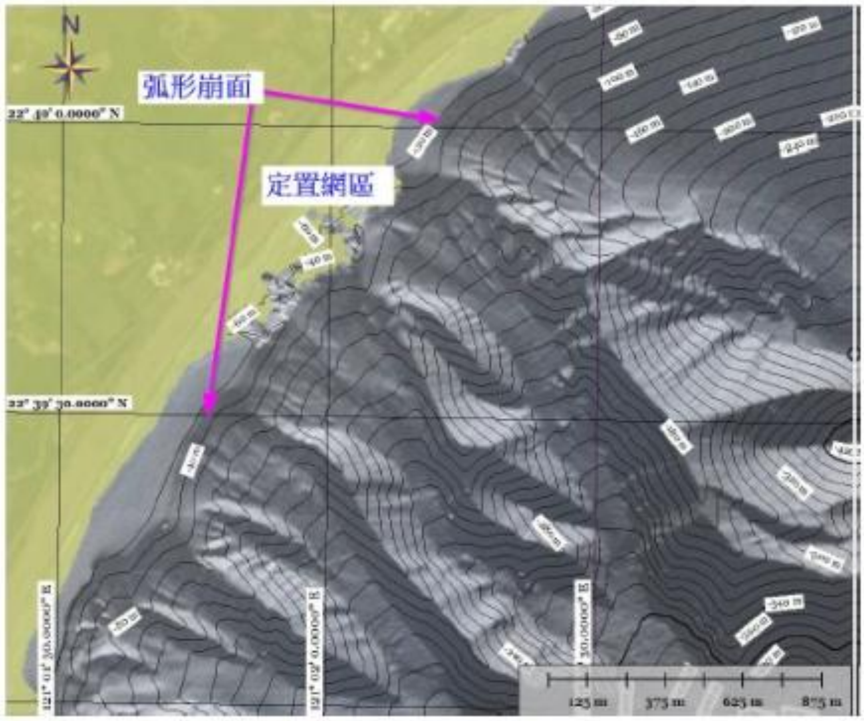
區塊 C(近岸海中山脊區)山脊整體走向為 120 度，高差約 100~150m，上部斜坡的谷地(水深淺於-400m)寬度為 100~150m，主

要下坡度為 11 度(圖 2.4.1-13；下部坡谷地(水深-400~-700m)則較緩且平坦，平均坡度為 8 度~10 度，山脊自岸延伸至水深-500m 處附近漸轉為與斜坡坡面結合，並與呈現喇叭狀開口的谷地指向深海處匯聚，該地形特徵可能匯聚鄰近海谷的底床能量並向下坡輸送，惟本區域沒有河川輸入，充分隔絕河川入砂直接影響，是與其他各區最大的不同。海床塊移特徵部分，首先在水深-10~-200m 的近岸海域則呈現明顯的崩面特徵(圖 2.4.1-14)，崩落面的兩側坡度達 25 度，兩側弧形崩面明顯，崩落的沉積物堆積在坡腳的低處谷地間，可能會被各種下坡向的力向下輸送，另外，由坡度與地形資料疊合並加以打光，在山脊末端附近地形轉換處(水深-600~-700m)具有沉積物流變或潛移的前進形貌，在圖 2.4.1-15 可以發現特徵。



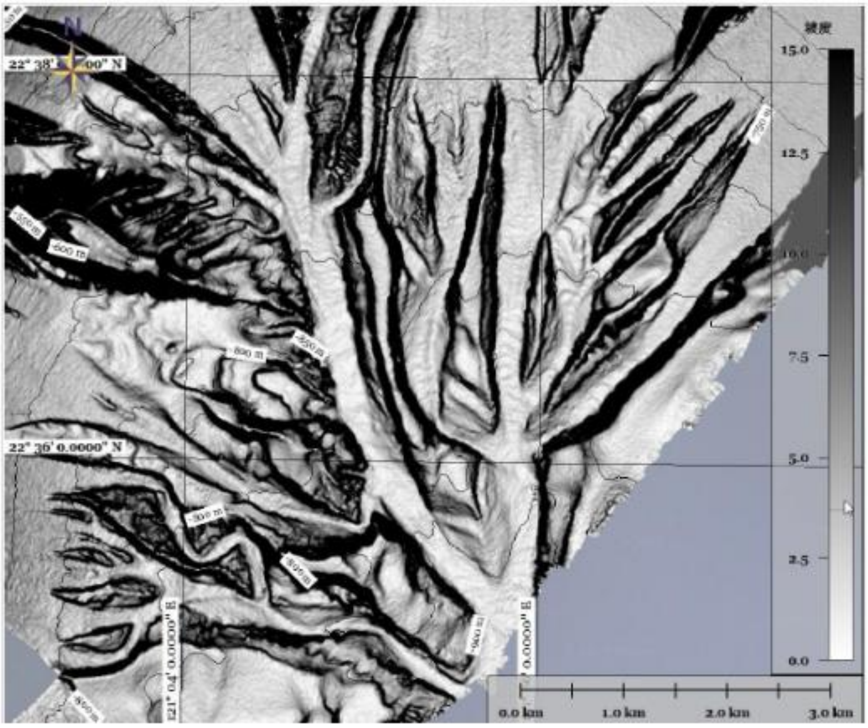
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-13 本計畫區海域近岸海中山脊區地形圖



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-14 本計畫區海域近岸海中山脊區弧形崩面現象圖

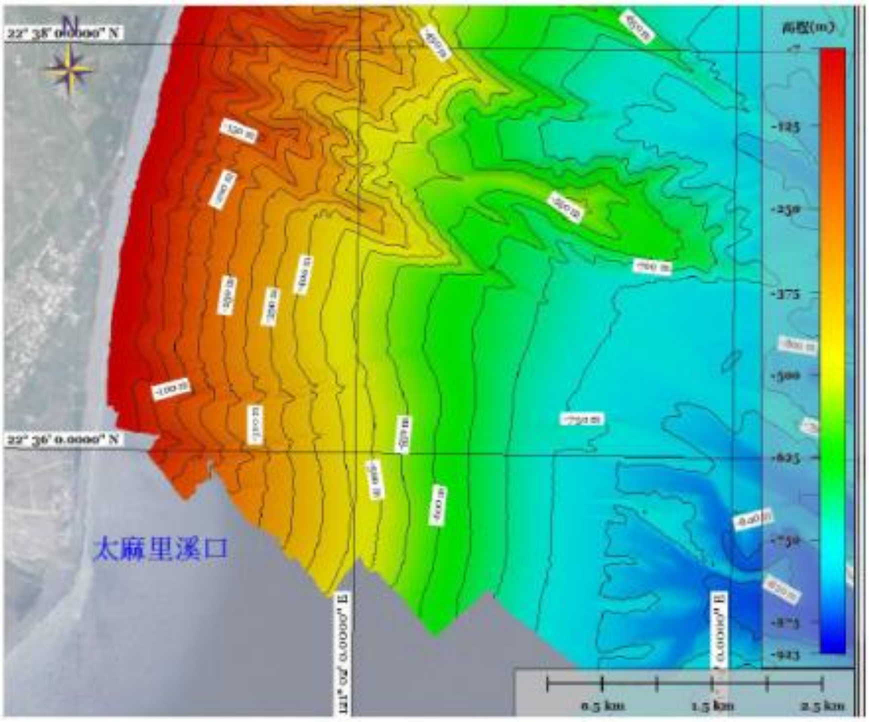


資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-15 本計畫區海域疊合坡度與地形圖

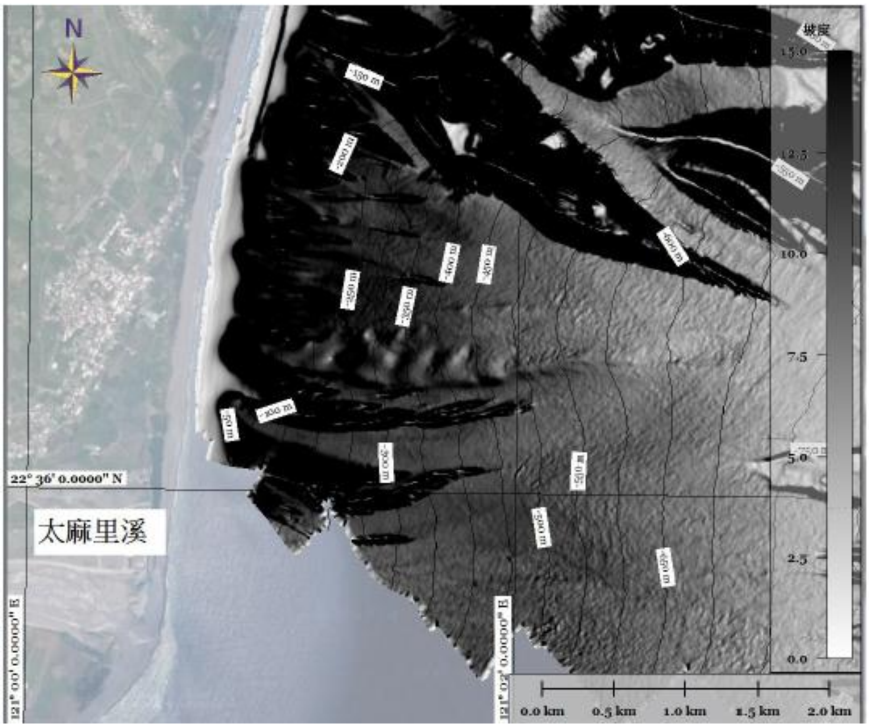
區塊 D(太麻里溪口附近)水深介於-5 ~ -780m 間(圖 2.4.1-16)，上半部坡面坡度為 15 度，下半部坡面坡度為 8 度，整體坡面向 112 度，

上半部坡面上呈現多處高凸海床 10~30m，且垂直海岸線走向為 90 度的小型海中山脊突出坡面。於淺海區域有旺盛的崩面特徵，崩落的沉積物堆在坡腳，而由打光的坡面上可以發現沉積物塊體活動的特徵(圖 2.4.1-17)，位於太麻里溪口北側附近，水深-200~-500m 處的斜坡海床發現下坡的塊移現象，可能是沉積層產生物質崩解，以流動樣貌呈現。



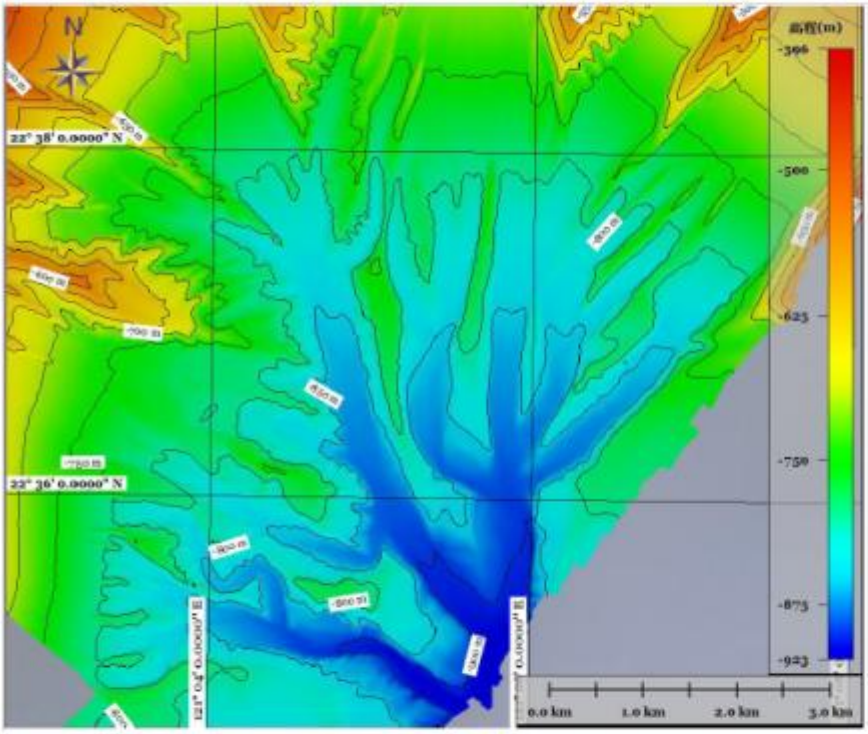
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-16 太麻里溪口附近地形圖



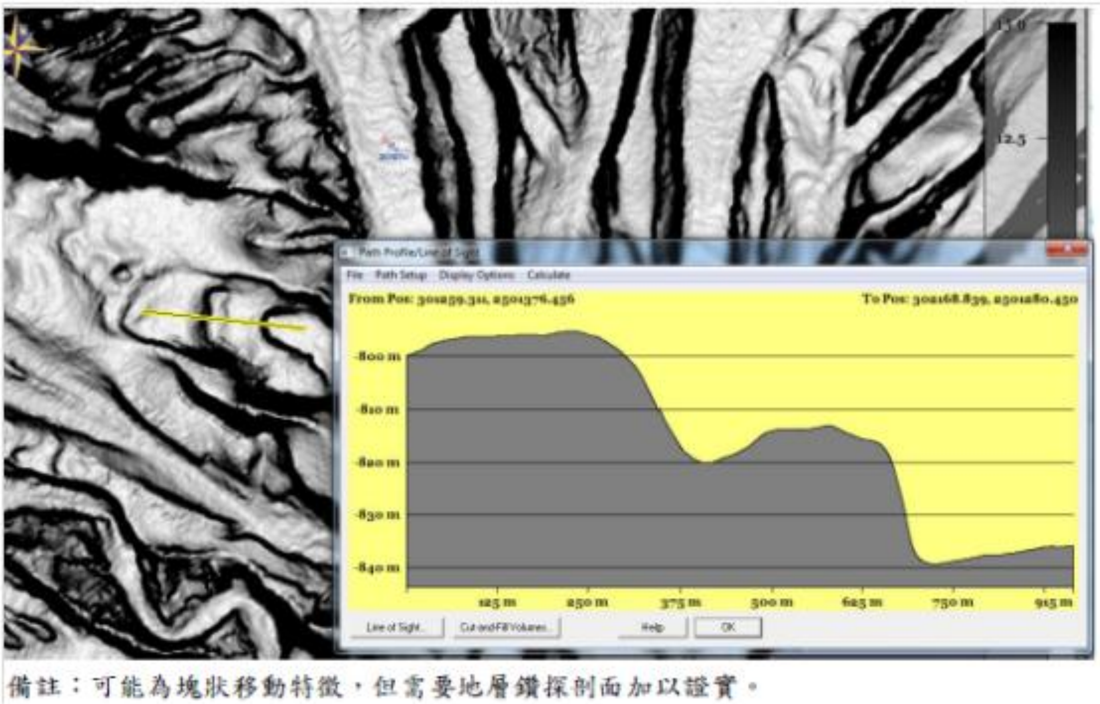
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。
圖 2.4.1-17 太麻里溪河口附近海床塊移現象圖

區塊 E(蝕溝-海中山脊區)為測區最深處，水深-800m 以深之區域，主要為平坦的 U 型侵蝕溝與頂部平坦的海中山脊所組成(圖 2.4.1-18)，侵蝕溝底床坡度約 1 度~2 度，山脊的坡度最大可達 30 度以上，高差達 150m，該侵蝕溝-海中山脊系統以 200 度、153 度及 86 度的主要走向匯聚於 121˚5'E，22˚32'N 附近(圖 2.4.1-15)，該地形匯聚的現象代表來自上部斜坡 A、B、C、D 區的各種下坡力量會在 D 區匯聚，而 D 區有可能原本是平坦的海床，被上部斜坡的濁流或碎屑流挖蝕，形成現在樣貌，自灰階打光的陰影圖顯示，在水深-600~-800m 的地形轉變處，也就是來自上部斜坡地形匯聚區域，海床沉積物可能較具流變性質跟不穩定特徵，自圖 2.4.1-19 的地形剖面顯示，可能存在塊狀的沉積層的下坡特徵，為不穩定的海床環境。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-18 本計畫區海域谷底區地形圖



備註：可能為塊狀移動特徵，但需要地層鑽探剖面加以證實。

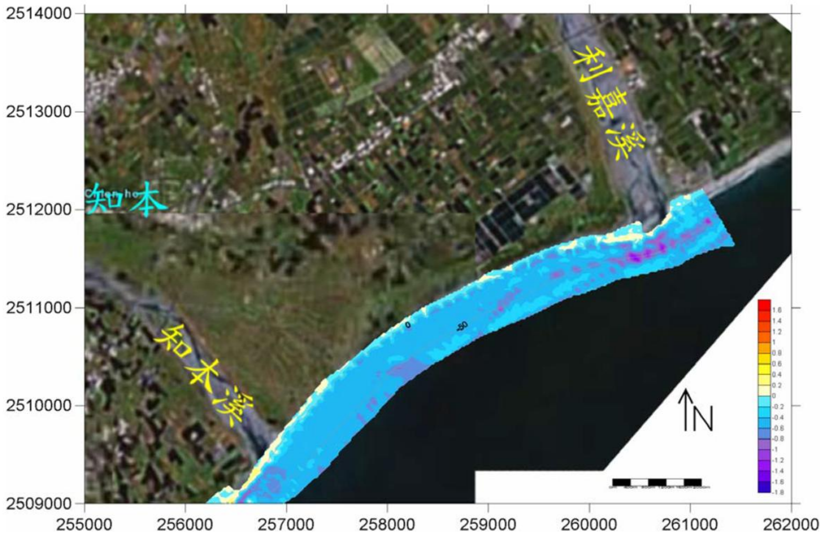
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.1-19 塊狀移動特徵剖面圖

2.4.2 侵淤變化

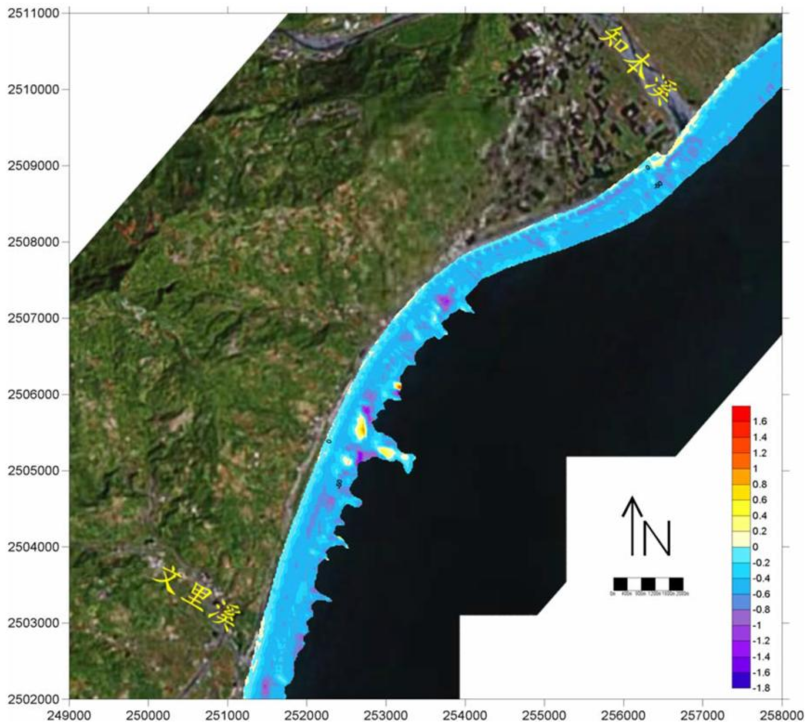
第八河川局於 2007 年辦理「台東地區深層海水潛力廠址(知本區)

海域環境基本資料調查計畫」，將該計劃範圍於淺海區(水深-100m以前)進行之兩次量測結果進行侵淤計算，結果顯示利嘉溪口北岸至知本溪口南岸在颱風季前後河口處均呈現輕微淤積(如圖 2.4.2-1)，而知本溪口南岸至文里溪南岸在颱風季前後文里溪北側水深-50~-100m處亦呈現輕微淤積(如圖 2.4.2-2)。



資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

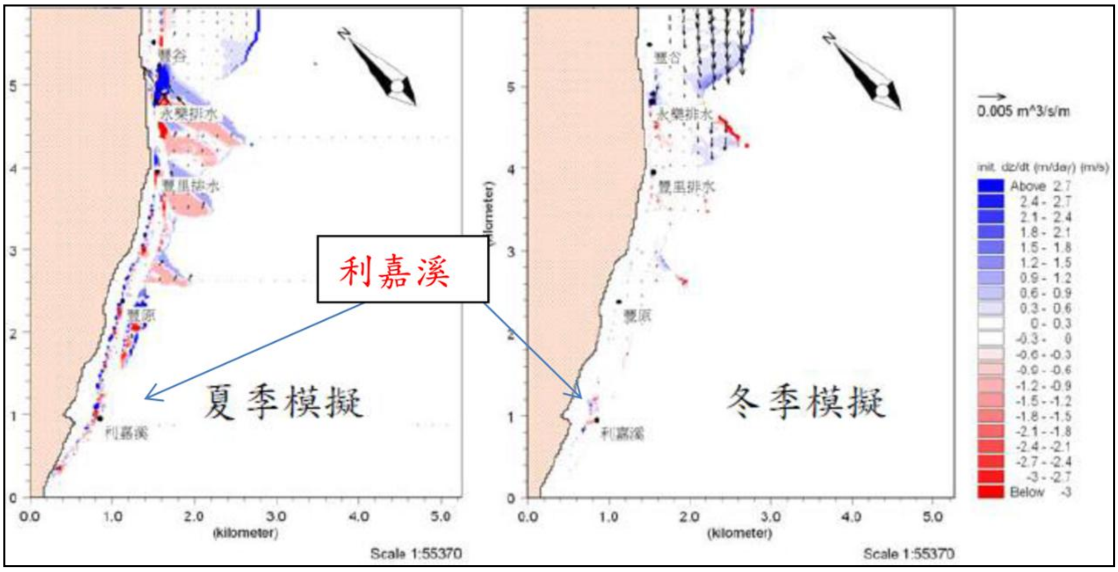
圖 2.4.2-1 利嘉溪至知本溪侵淤比較(2006/6~2006/10)



資料來源：台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-2 知本溪至文里溪侵淤比較(2006/6~2006/10)

另於 2009 年辦理「台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫」調查富岡漁港至利嘉溪口南側之海岸地形，用 2005~2009 年進行海岸線變化比較，結果為以河口變化最劇(卑南溪口與利嘉溪口)，其地形變化大致穩定，無明顯的侵淤現象。然若詳細區分冬、夏季(含颱風)沿岸輸砂時，其數值模擬的結果如下圖 2.4.2-3，受利嘉溪的影響夏季最遠可至下游 5km，同時利嘉溪口南側夏季多雨時沿南岸輸砂的量會比冬季多，這均表示利嘉溪口南側受利嘉溪的影響甚劇。

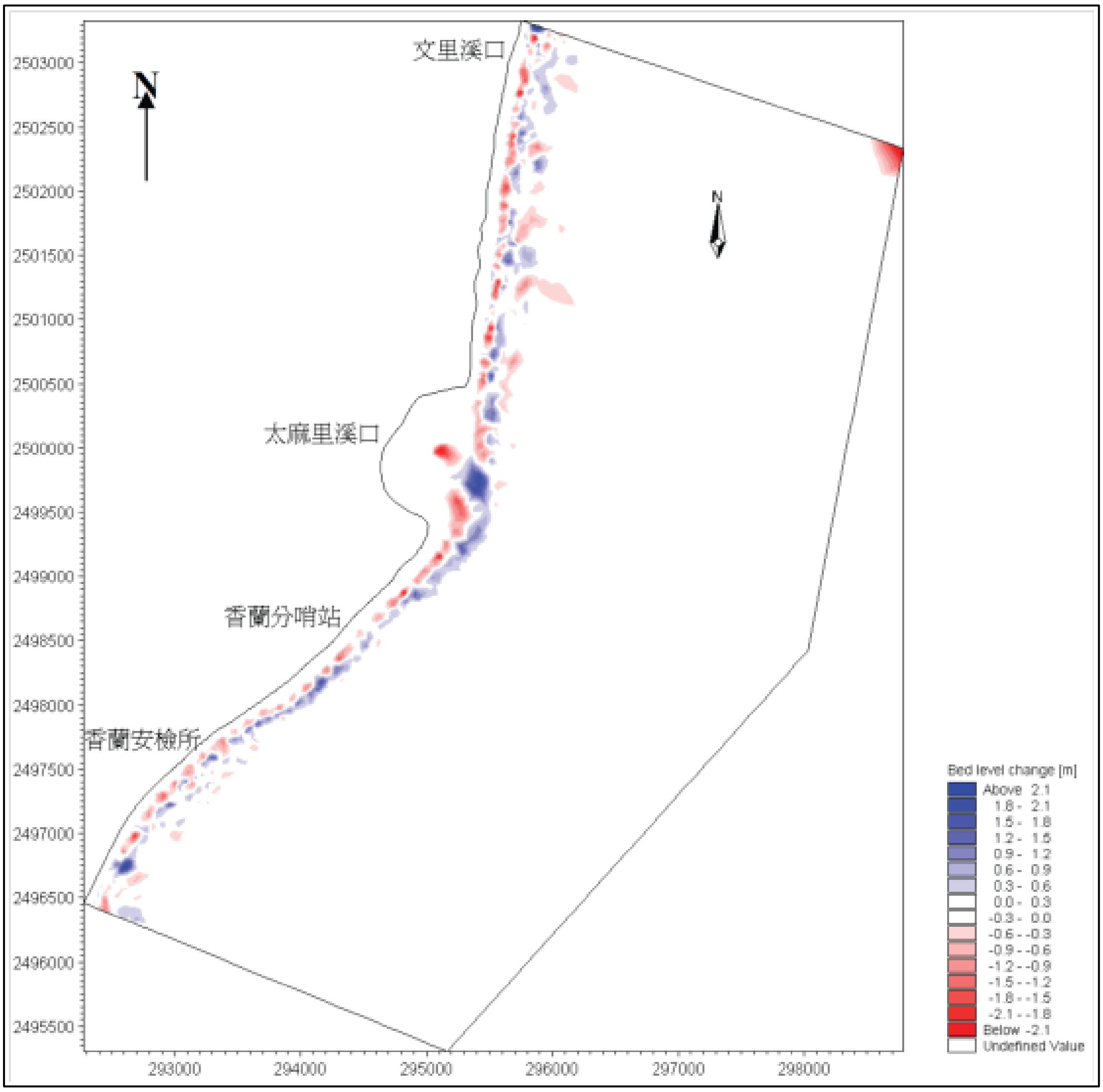


資料來源：台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-3 2005 年冬、夏兩季海岸輸砂模擬結果

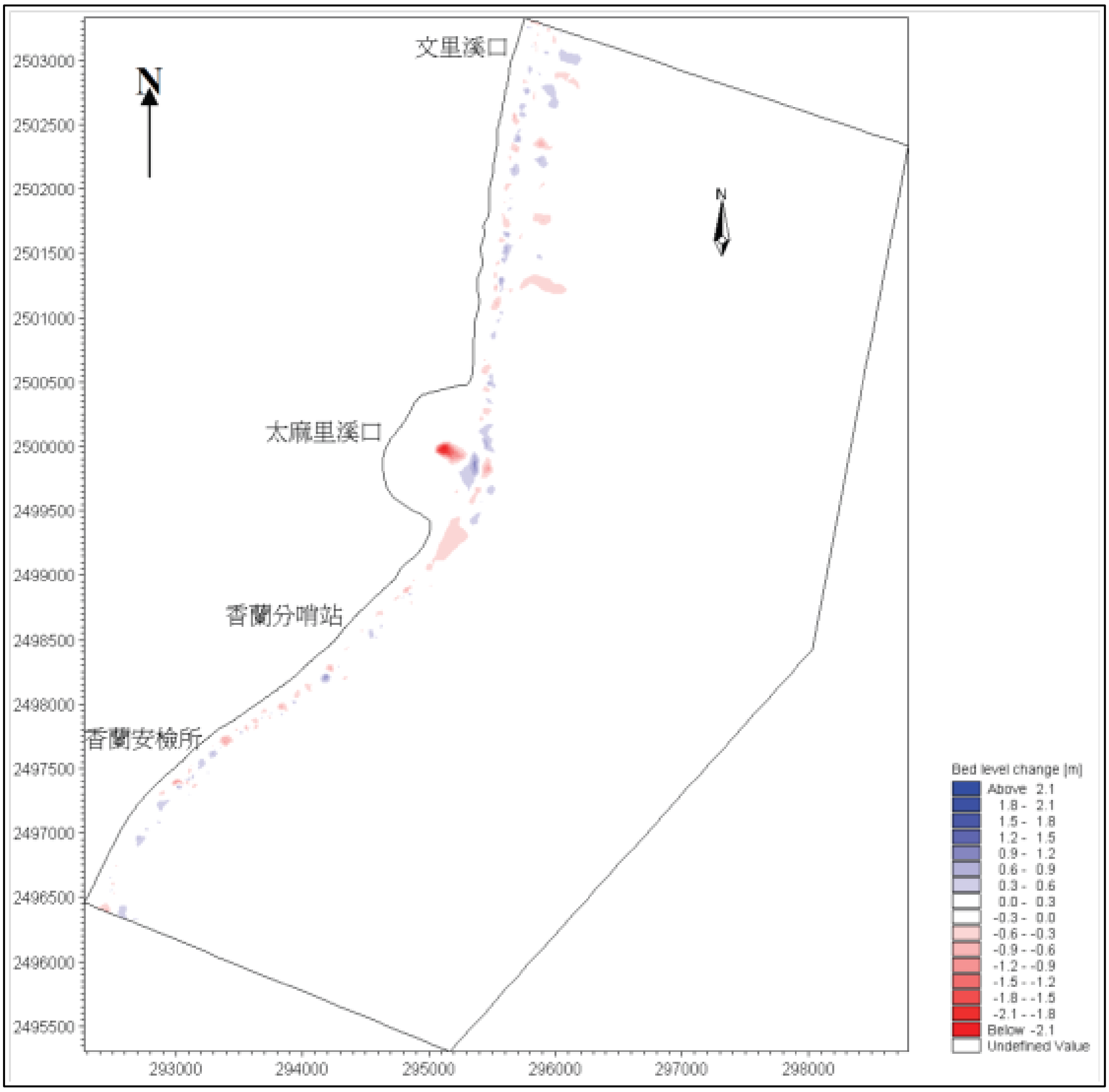
第八河川局又於 2011~2012 年辦理「台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫」中將 2001~2011 年之歷史航拍圖進行短期海岸線變化的比較，並與日據時期的台灣堡圖做為長期海岸線變化的比較(圖 2.4.2-7)，其一致性的結果為：顯示太麻里溪以北段，無明顯的侵淤現象，其地形大致穩定，以及太麻里溪口段之變化最大。然若用 2010 年 8 月與 2011 年 8 月進行海岸地形侵淤比較時，太麻里溪口段海岸地形之平均侵淤變化為淤積趨勢，於 5 ~ -10m 水深間呈現輕微淤淺，平均淤積量為 0.45m，於-10 ~ -200m 水深之地形平均淤積量增加至 2.68m，顯示河口輸出之砂量大部分都掉入較深區域。此外，細粒徑之沿岸輸砂呈現冬季向南傳輸、夏季向北傳輸為主。該研究另以數值的方式分析其緣由，推得以下結果：夏季輸砂向北傳輸，不只太麻里溪口有明顯的淤積現象，太麻里溪口北側也會因向北傳輸的關係而呈

現淤積的現象。而當冬季來臨時(冬季向南傳輸)，會將太麻里溪口北側淤積量往南推回太麻里溪口(如此往返推移下，在有坡度的海床下運動，是會逐漸地將砂源帶至深水區)。同時在模擬颱風的條件下(2005 年的三場主要颱風為 7 月 17~19 日的海棠、8 月 31 日~9 月 1 日的泰利以及 10 月 1~2 日的龍王等颱風)，均將水深-10m 內的淤積量帶往外海，造成近岸區呈現侵蝕的現象。



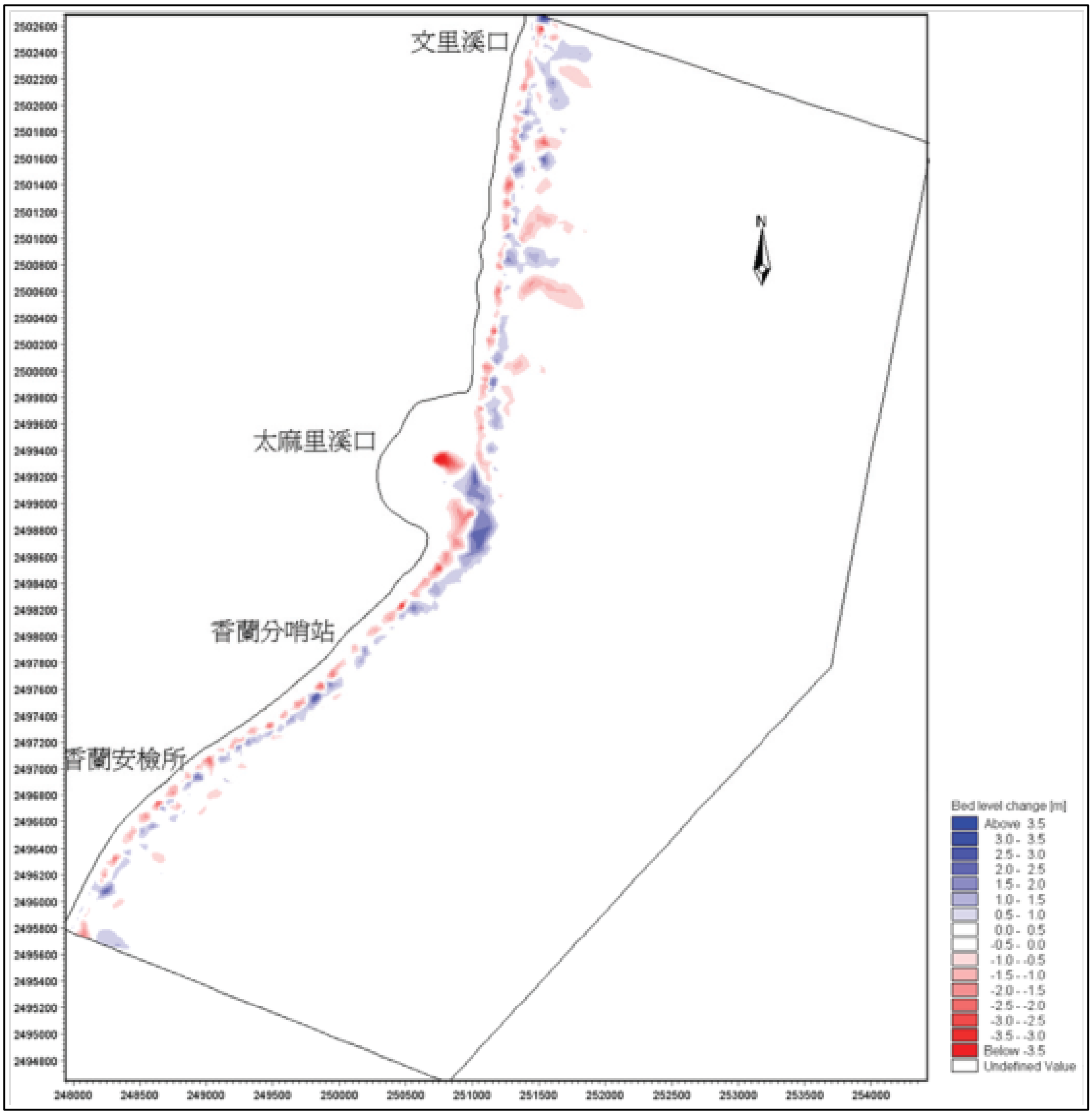
資料來源：台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-4 太麻里溪口冬季海岸輸砂模擬結果(2010~2011)



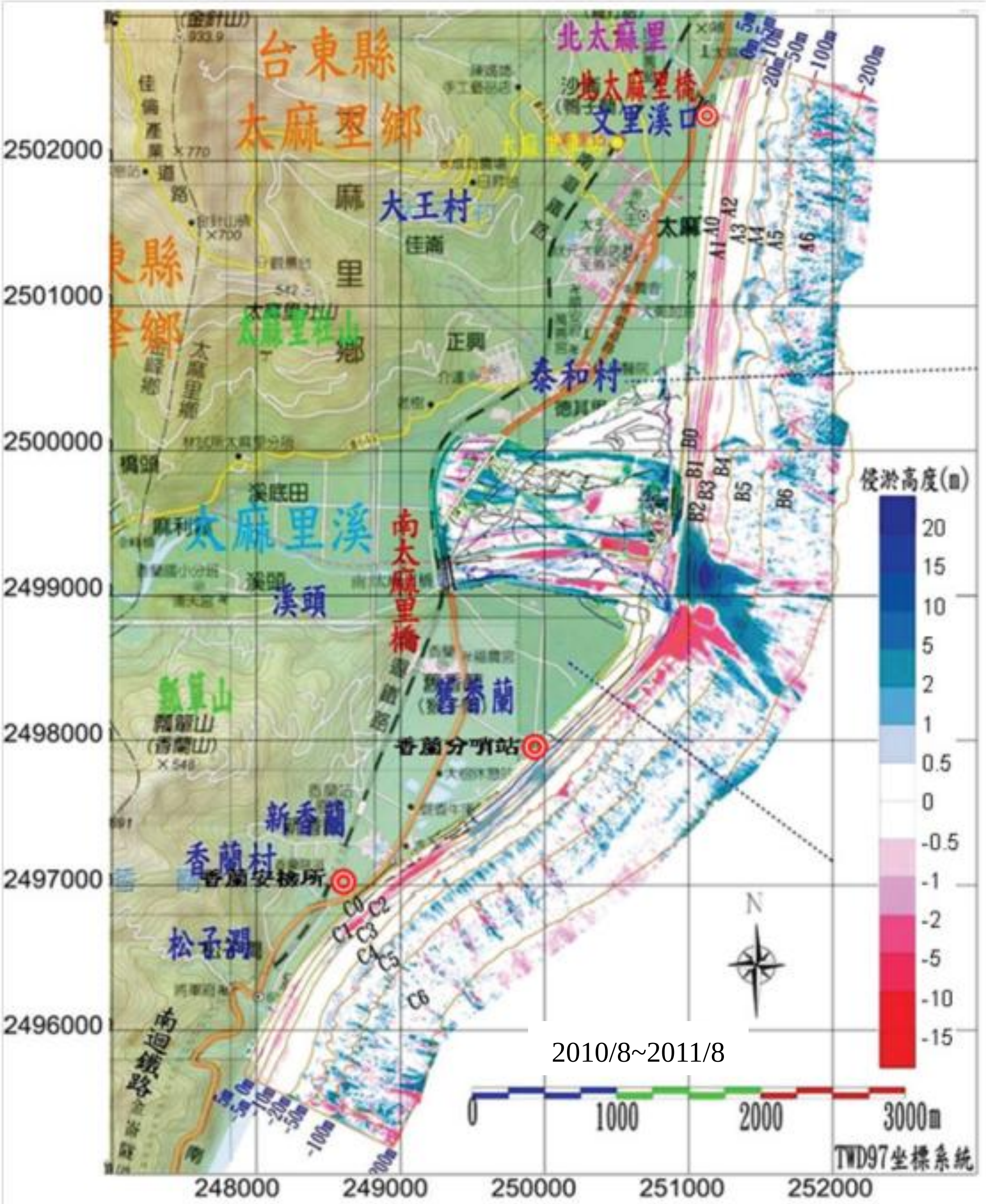
資料來源：台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-5 太麻里溪口夏季海岸輸砂模擬結果(2010~2011)



資料來源：台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-6 太麻里溪口年度整體海岸輸砂模擬結果(2010~2011)



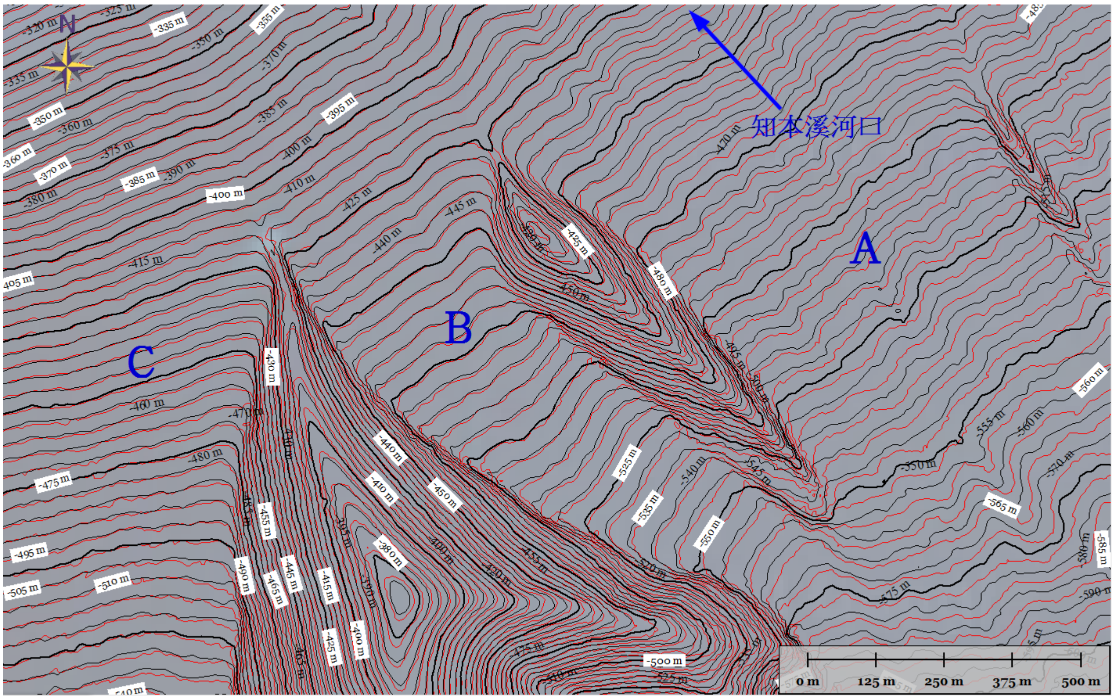
資料來源：台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局。

圖 2.4.2-7 太麻里溪口年度整體海岸輸砂實測結果(2010~2011)

經濟部水利署水規所於 2015 年辦理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」，利用該計畫 2 次多音束海床地形測量資料，探討 2014 年歷經麥德姆及鳳凰颱風事件前後海床地形侵淤變化趨勢。透過地形等深線的變化顯示河川土砂穿越河口後，水深-100m 以淺互有侵淤現象，但會穿過水深-200~-500m 的斜坡後(坡度約 16

度)，來到水深-500~-700m 處堆積。當河川土砂在海床上運移時，受到地形變化及重力影響，海床上的沉積物會朝向地形低處(下坡)運移，利嘉溪河口區段則在過去的流痕(MTP)路徑上，形貌在颱風事件後有所變化。而位於遠離河川入砂並有海中山脊阻擋的區域，其侵淤狀況不明顯，應屬於較穩定的海床環境(圖 2.4.2-8)。

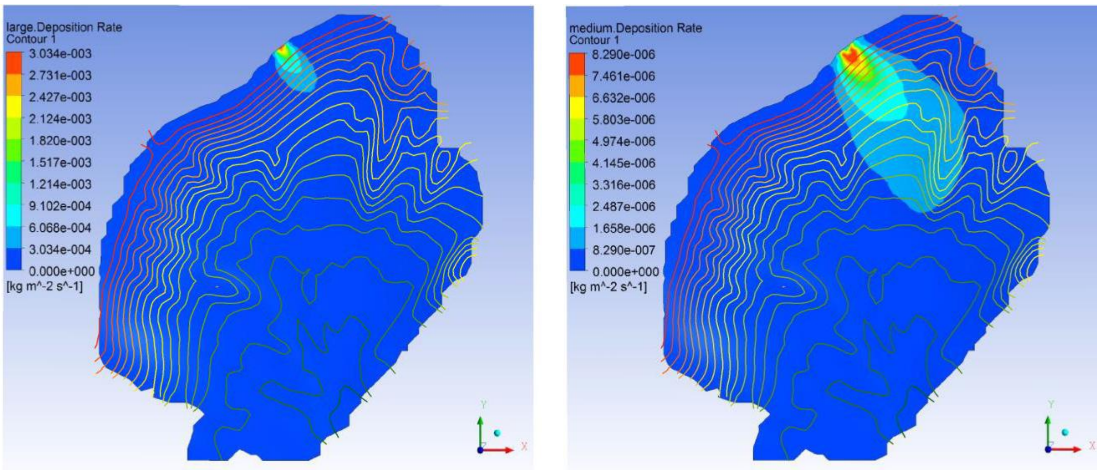
此外，河口輸沙可能形成異重流直接下潛至較深海域，也可能堆積於河口近岸段，形成河口沙洲或河口三角洲，部分則隨浪潮作用形成沿岸漂沙。該計畫利用 ANSYS CFD 數值模式對知本溪出海口海域進行三維多相流模擬計算，圖 2.4.2-9 是假設知本溪河口有含砂濃度 80kg/m^3 的川流以 2,359cms(10 年復現期距之洪峰流量)連續 2 小時作用下之泥砂輸送影響範圍，顯示細砂等級顆粒(ϕ~10-1mm)最遠大約可傳送至水深約-300m 處，不過大多數均在-50m 以內就落淤了，而粉土等級顆粒(ϕ~10-2mm)則可傳遞至水深-700m。另假設含砂濃度 60kg/m^3 的川流以 2,000cms 連續 2 小時作用下之泥砂輸送影響範圍(圖 2.4.2-10)，顯示細砂等級顆粒大約可傳送至水深大約-100m 處，不過多數在-30m 以內就落淤了，而粉土等級顆粒則可傳遞至水深-500m 處。由異重流之模擬可知其可能發生之模擬與強度無法說明在水深-300~-700m 均目視到ϕ=100~101cm 之卵石，或是於水深-600m 以深採集到表層沉積物中值粒徑分布自細砂至中砂均存在之事實。



備註：等深線間距為 5m，紅色線段為颱風季後，黑色為颱風前，在相同水深附近，A 處距離河口近(正對河口)，淤積略為明顯，B、C 處離河口較遠，受地形阻擋效應，侵淤較不明顯。

資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

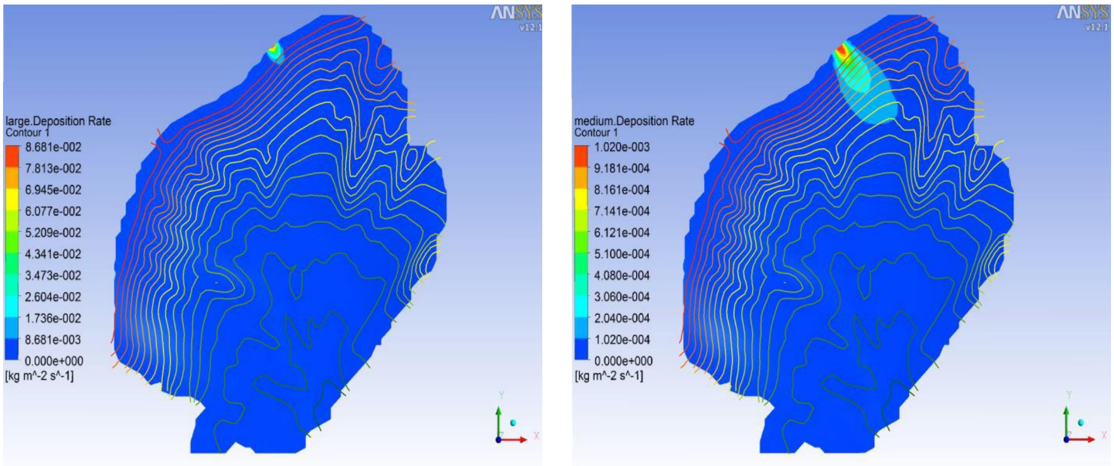
圖 2.4.2-8 河口及海中山脊等深線比較圖



備註 ：左，較大顆粒（$\phi \sim 10^{-1}$ mm）；右，較細顆粒（$\phi \sim 10^{-2}$ mm）。

資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.4.2-9 異重流形成等單位面積沉積量範圍圖之一



備註　：左，較大顆粒（ϕ~10^{-1} mm)；右，較細顆粒（ϕ~10^{-2} mm)。
資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

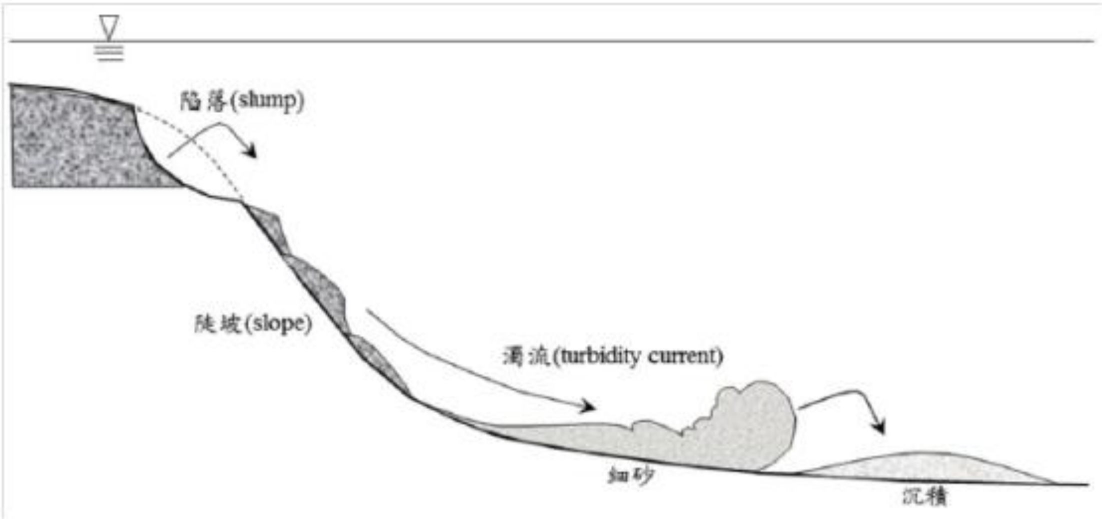
圖 2.4.2-10 異重流形成等單位面積沉積量範圍圖之二

2.5 地質

「台灣花東海域陸坡沉積物穩定性研究」(羅聖宗，1999)為於樟原外海附近進行精密底地形、側掃聲納及震測調查之研究論文。樟原位於台東與花蓮交界附近，直線距離本計畫研究區約 90 公里。調查結果顯示斜坡破壞為造成海底地形崎嶇及峽谷蜿蜒曲折的主要原因。斜坡破壞主要集中在棚裂至上部斜坡，以多段式後退滑動、轉動滑動破壞與碎屑堆積為主。最大破壞可達 5 公里長、-700 公尺深，而不整合面即為一脆弱之剪力滑動面。此外，該研究岩心取樣分析結果顯示在斜坡表層上覆蓋著厚、薄不一的濁流沉積物。沉積物以粉砂(約佔 49-90%)及砂質粉砂為主。表層沉積物中含水量可高達 50-120%，隨著岩心深度的增加，其含水量則降至約 25-40%。沉積物之平均統體密度為 2.14g/cm^3，平均比重為 2.75。阿太堡液塑性限顯示沉積物為正常至低活性的塑性-液性狀態，屬於低至中度壓縮的無機沉泥及低至中度塑性的無機黏土。

經濟部水利署水規所於 2015 年辦理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」，進行淺層地球物理調查以及震測調查，透過河口附近海床震測資料顯示地層內具有重複崩移再堆積的特徵，應是來自多次坍滑後再被覆蓋的歷程，崩積物則堆積於水深-600m 附近之坡度轉緩處；另由橫越出海口方向的剖面，顯示可能因崩移或碎

屑流通過，地層內以砂至劣淘選礫石沉積物為主，海床下有過去的流溝被上方的崩落物所充填之跡象，更深處有被沉積層掩埋的海中山脊或較為古老的地層，均顯示該處在過去及現在仍有高度的變動特徵，為不穩定的海床。而在太麻里溪與知本溪間之上部斜坡海中山脊群與海谷區域，其東側海床下地層特性與知本溪河口附近類似，西側海中山脊群間之谷地則可能受到較佳之屏障，谷地內的沉積層較能平行連續堆積。另在水深-600m~-800m 的深海區，顯示必定曾經有強烈的濁流切蝕原本之地層，形成今日侵蝕溝與山脊樣貌，在溝底有粗質沉積物的堆積。倘若此一地形上之類似蝕溝之特徵以及深海處所見之大尺度卵石與粗砂、細砂並非來自於此區定常之海流流動，最可能之原因應是來自水下崩塌或陷落所衍生之濁流所導致者(圖 2.5-1)。



資料來源：知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所。

圖 2.5-1 邊坡陷落至產生濁流示意圖

2.6 氣候

2.6.1 氣溫

中央氣象局台東站(121˚08'48"E，22˚45'15"N)1981~2015 年紀錄資料如表 2.6.1-1 所示，本研究範圍內屬熱帶性氣候，9 月份氣溫最高，平均為 34.1℃；1 月最低，平均為 14.4℃；年平均溫度約 24.7℃。

表 2.6.1-1 中央氣象局台東站紀錄資料(1981~2015)

項目	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	℃	%	℃	℃
1 月	19.2	71.1	23.5	14.9
2 月	20.1	73.3	24.1	15.8
3 月	21.8	73.5	26.0	17.5
4 月	24.0	75.3	28.3	20.4
5 月	26.2	77.3	30.3	23.1
6 月	27.9	77.8	31.8	25.1
7 月	29.0	75.8	32.6	25.9
8 月	28.7	76.1	32.5	25.1
9 月	27.6	76.3	31.4	24.6
10 月	25.7	72.4	29.6	21.9
11 月	23.3	71.4	27.4	20.1
12 月	20.4	69.9	24.5	16.0
平均	24.5	74.2	28.5	20.9

資料來源：中央氣象局

2.6.2 降雨

表 2.6.2-1 為中央氣象局知本雨量站(121˚E，22.69˚N)1997~2015 年之月平均降雨資料，顯示本區域降雨集中在 5~10 月間，豐枯季降雨量相差約 5~10 倍。另各年之總降雨量平均約 2,500mm，其中 2003 年達約 3500mm，而 2014 年則僅約 1,200mm，顯示不同年份之降雨量差距也很大。

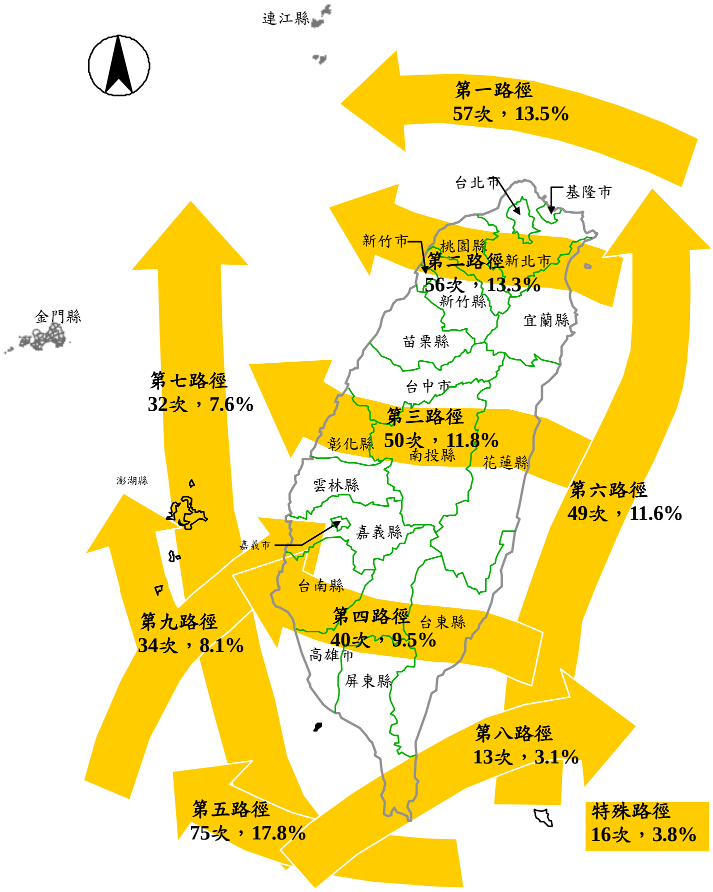
表 2.6.2-1 中央氣象局知本雨量站月平均降資料(1997~2015)

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年雨量
86	-	-	-	-	-	307.5	111	409	120.5	97.5	15	44	-
87	42	183	119	388.5	170.5	435.5	55	113	225	1126	15	48	3001.5
88	49	19.5	75	151.5	402	533	74.5	423	334.5	642	96	43.5	2809.5
89	0	79	56.5	69	149	184.5	500.5	679.5	229.5	680	62	113.5	2866.5
90	66.5	60	51.5	120.5	386	459	412	125	787.5	97	125.5	69	2670.5
91	40	43	42	78	148	133.5	341.5	463	141	0.5	36	80	1546.5
92	69	48.5	46	98	39.5	1130.5	210.5	949.5	510.5	101	210	20.5	3433.5
93	24	39	57.5	46	305.5	156.5	714	107.5	312.5	23.5	2.5	549	2337.5
94	16	54	57	56.5	273	443.5	389	516.5	456	130.5	64	52	2508
95	44	19.5	42.5	87	365.5	256	707.5	284.5	474	116	2.5	15.5	2414.5
96	37	17.5	53	77	210.5	92	3.5	567	667	70	400	27	2221.5
97	60.5	39.5	41.5	214	151.5	376	251.5	289.5	371.5	153.5	75.5	35.5	2060
98	16	101.5	79	77	101.5	239.5	431	588	228	254	15	28.5	2159
99	100	37.5	32.5	80.5	265	86	275.5	190	1155	501.5	55.5	22.5	2801.5
100	35	32	46	133.5	345	365	335	631.5	229.5	413	581	94.5	3241
101	30	106.5	51	83	179.5	680	208.5	858.5	252.5	92	170	132	2843.5
102	50	123	17.5	118	280.5	453.5	234	239	556	87	187.5	66.5	2412.5
103	9	65.9	35	34.6	101.6	254.5	221.9	145.5	261.5	16.2	29.7	18.8	1194.2
104	42.1	27.4	55.7	120.1	178.4	3.7	311.4	180.7	33.5	44.7	191	34.1	1222.8
月平均	40.6	60.9	53.2	112.9	225.1	346.8	304.6	408.4	386.6	244.5	124.0	78.7	-

資料來源：中央氣象局

2.6.3 颱風

本研究區域位在台灣東南海岸，直接面對太平洋受颱風影響較大。中央氣象局將侵台之颱風路徑分成 10 類，其中以 3、4、5、6 和 8 號路徑對本計畫附近海域造成直接或間接之影響(如圖 2.6.3-1 所示)，佔統計 1897~2015 年中所有侵台颱風總數之一半以上(53.8%)，而其中則有 80%以上集中於 7~9 月間發生。



資料來源：中央氣象局，1897~2015 年侵台颱風綱要表

圖 2.6.3-1 侵台颱風路徑分類與各佔比圖(1897~2015)

2.7 施工條件

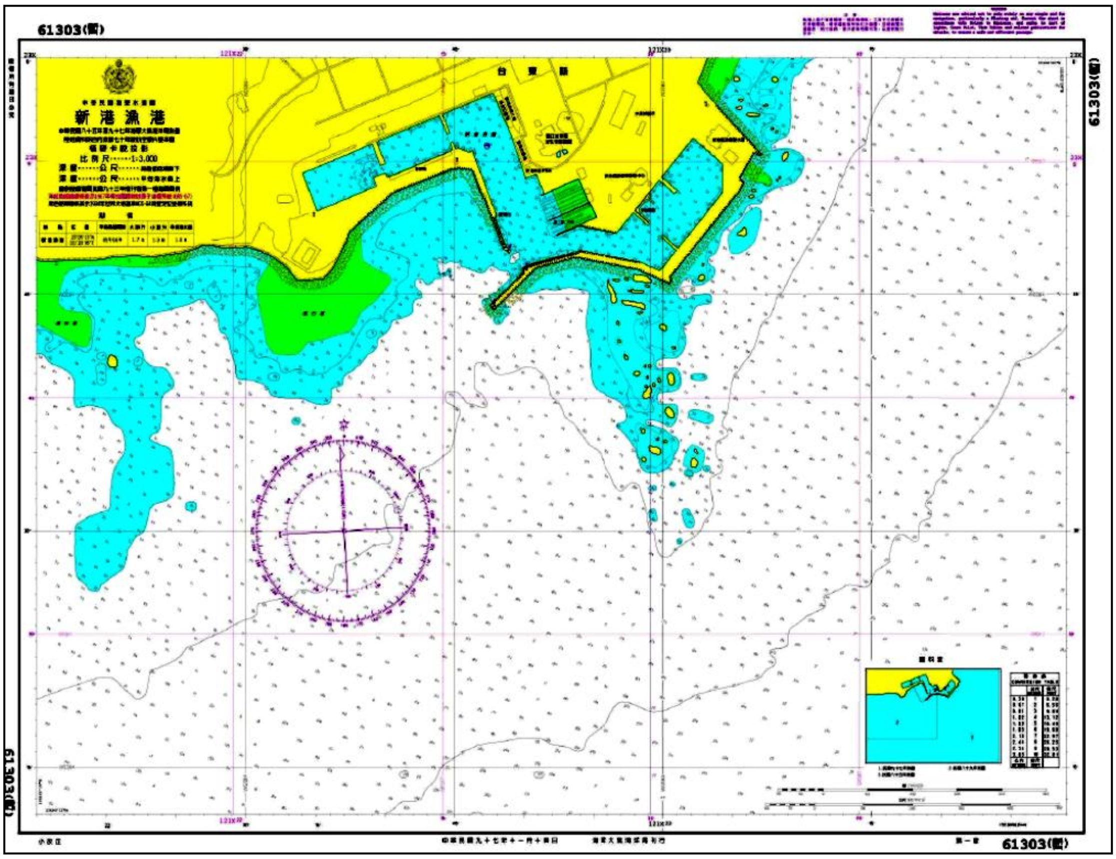
深層海水取水工程之管路敷設多屬海上施工，台灣東部瀕臨太平洋，冬季東北季風強勁，夏秋之際又有颱風侵襲之威脅，海上施工受海象條件影響甚大，爰此須慎選海象緩和之合適施工時間全力趕工，始能掌握工期及避免工程損害。以下係就本計畫之海域周邊港灣、海上施工船機作業能力以及海上施工作業之浪、流指標分別進行描述。

2.7.1 工址環境周邊之港灣現況

台東沿海目前尚無大型港灣可供施工船避險，縣內最大型港灣為新港漁港(原成功漁港)，其次為富岡漁港。考量後續辦理海上施工階段受颱風等氣候條件影響，經安全評估後，視需要選擇鄰近港口或返回母港避險。

一、新港漁港

新港漁港原名成功漁港，位於台東縣成功鎮，位置為 121˚22'45"E，23˚05'45"N，港區佈置如圖 2.7.1-1 所示，港口寬度為 37m，航道水深 6.3~6.7m，潮信為大潮升 1.7m，小潮升 1.3m，平均海面 1.0m，平均高潮間隙 05 時 56 分，為台灣東岸近海漁業重要基地，聯外道路有台 11 線公路。港區內西碼頭區設有加油碼頭 1 座，卸魚碼頭 2 座，安檢碼頭 1 座，警務碼頭 1 座及漁船碼頭 6 座；東碼頭區設有加油碼頭 1 座，加水兼加冰碼頭 1 座，遊艇碼頭 4 座及漁船碼頭 5 座。水深各約 2~3m。港口外南側水域茅海鼻伸入海中 400 碼，有零星礁石近 30 處，水深 5m 以下；更南有淺水深 3.5m 等 9 處。港口外兩側有大片礁石區，高潮淹沒；泊地位於港口外 1.5 浬水深 25m 處。

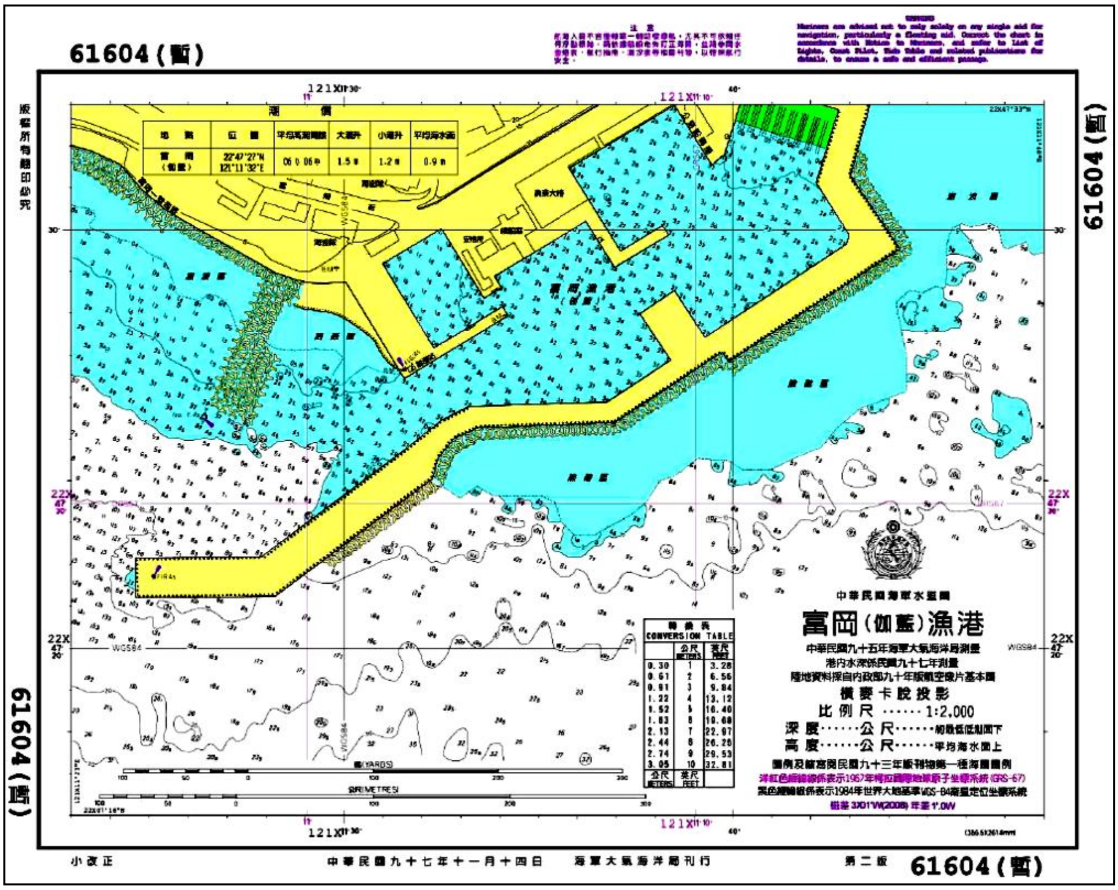


資料來源：航行指南-台灣北東岸，大氣海洋局。

圖 2.7.1-1 新港漁港海圖

二、富岡漁港

富岡漁港又名加路蘭港或伽蘭港，位於卑南溪出海口以北，位置為 121∘11'26"E，22∘47'24"N，港區佈置如圖 2.7.1-2 所示，港口寬度為 40m，航道水深 3~10m，潮信為大潮升 1.5m，小潮升 1.2m，平均海面 0.9m，平均高潮間隙 06 時 06 分，是台東縣內第二大漁港，僅次於新港漁港。富岡漁港也是台東地區往來綠島及蘭嶼的交通門戶，附近主要道路為濱海公路台 11 線，距台東市區約 6 公里。港區內碼頭總長 1,232m，設有卸魚碼頭 1 座，加油碼頭 1 座，漁船碼頭 10 座，交通船碼頭 8 座，公務碼頭 1 座，拖船斜道(曳船道)一座。港口堤外有險礁區及激浪區應注意。



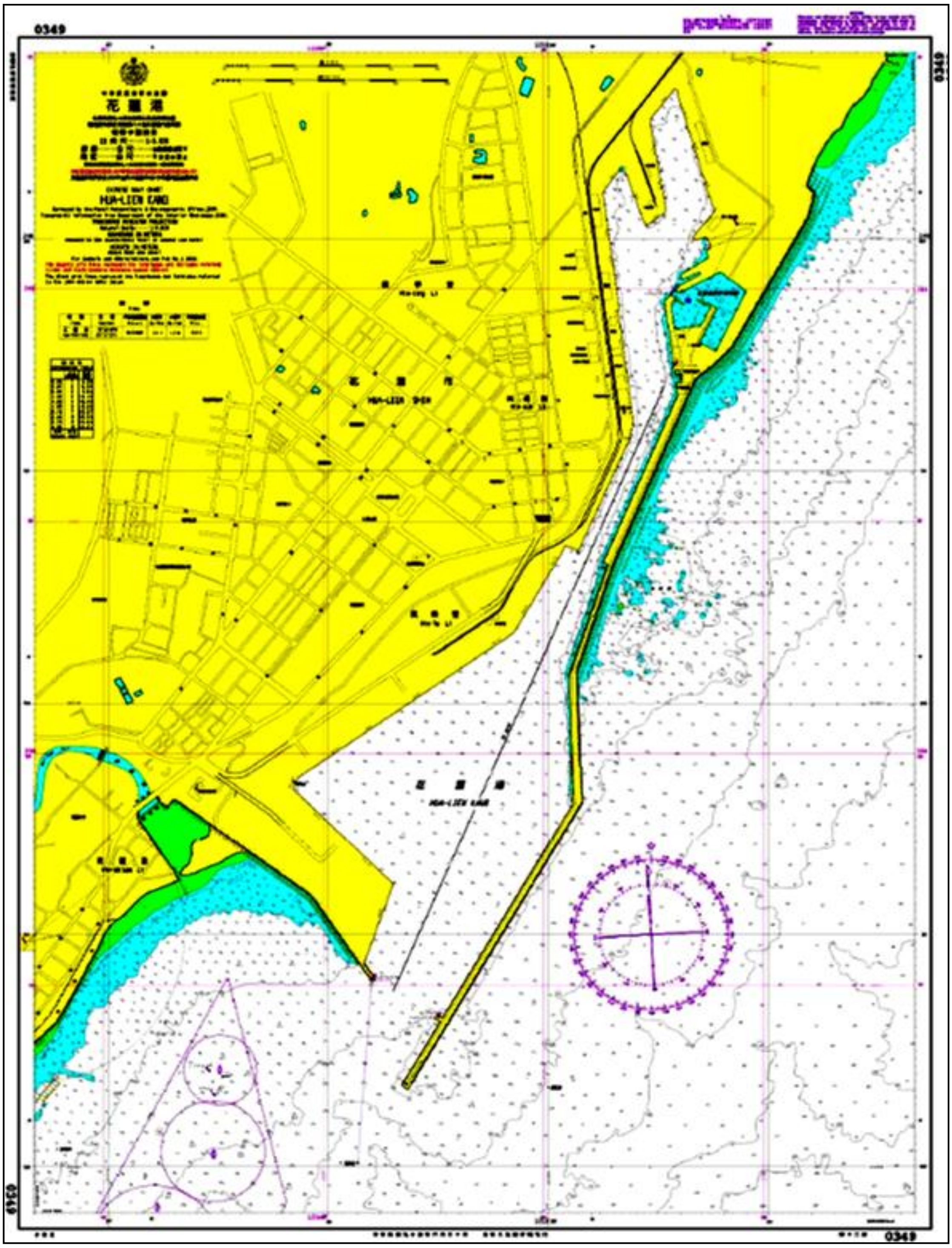
資料來源：航行指南-台灣北東岸，大氣海洋局。

圖 2.7.1-2 富岡漁港海圖

三、花蓮港

花蓮港位於美崙溪口北岸與美崙鼻南岸之間，西倚美崙山，東臨太平洋，位置為 121°37'37"E，23°58'18"N，港區佈置如圖 2.7.1-3 所示，港口寬度為 275m，內港航道適航寬度 50 公尺，方位 023.5°，主航道外港水深 12~19m，迴船半徑 350m，內港水深 8~12m，迴船半徑 100m，潮信為大潮升 1.5m，小潮升 1.2m，平均海面為 0.9m，平均高潮間隙 06 時 06 分，為提升東部地區產業需求及發展而建之人工港。聯外交通有縣 193 號公路、台 9 號公路、台 11 號公路及蘇花、花東鐵路，港口西南 3 公里處為花蓮市區；北距蘇澳港 45 浬，和平港 20 浬，南距高雄港 200 浬。港區內潮汐屬半日潮，即每日各有兩次高低潮，其漲潮流向東，流速 1 節；退潮流向西南，流速 0.5 節，錨泊區中潮流甚弱，應注意可能受風力影響而有所變化。港內營運碼頭 25 座，總長 4,741m，船舶機械修造工廠含萬噸級乾塢一座、500 噸級修船滑道一處及其他機械修護設備，港勤船含拖船 4 艘及交通船 1 艘。

於奇萊鼻燈塔東南方 1,600 碼處有一人工魚礁，半徑 900m 範圍水域內，為禁漁區，水深約 20m，方位.115°，位置 121°39'26"E，24°00'36"N，北方來港船舶須注意；奇萊鼻燈塔東南方 6,400 碼處則有一中層人工浮魚礁，位水下 40m 處，半徑 900m 範圍水域內，方位 123°，位置 121°41'35"E，23°59'10"N，北方來港船舶須注意。另於內港航道入口東南方 270 碼處，港外位置 121°38'14"E，23°59'12"N，半徑 270m 範圍，有低於 5m 水深及礁石，航行時須注意；內港航道南側則填有護堤基石，最低潮時露出，航經其間應掌握水深狀況，並保持距岸 20m 以上。此外，港內暗湧甚大，船舶應備足油水纜繩(當地購置不易)，加強繫泊。泊地位於東防波堤外 0.7 浬處，A(121°36'39.2"E，23°57'21.8"N)、B(121°37'16.2"E，23°58'24.5"N)、C(121°37'24.0"E，23°57'55.8"N)、D(121°37'10.6"E，23°57'24.6"N)上列 4 點連線之水域內，水深約 12~65m，屬沙質海底。



資料來源：航行指南-台灣北東岸，大氣海洋局。

圖 2.7.1-3 花蓮港海圖

2.7.2 海上施工船機之作業能力

依據經濟部水資源局「建立海底輸水管線設計及施工能力之研究」(1999)指出，深層海水取水工程敷設管路所需動員之海上船機視施工方法而異，一般常使用之施工船機如佈管船、拖曳船、起重船等，各類工作船之最佳作業能力與作業績效如下：

一、佈管船

使用佈管船在船上進行管節焊接或連接，並於檢驗後將管線放入海底。海上佈管工法採佈管船放置方式，適用於HDPE管之佈管作業，且所需陸上施工場地及海象狀況等配合條件皆低於海面曳拉法之需求，惟國內尚無專業佈管船，需國外廠商協助施工。一般佈管船波高限制<1.5m，大型佈管船可耐浪 2m 以上，年可工作天為 180 天，每日長度約 0.5～1.0km，最大管徑可達 36 吋。

二、拖曳船

使用拖曳船將在岸上焊接或連接妥之管線，自淺海逐漸拖曳至深水外海，再以大型抓斗式吊桿駁船及配合潛水人員一同施作。海上佈管工法採海面曳拉方式，亦適用於 HDPE 管之佈設，且國內廠商可完全自主施工，惟需陸上施工場地及海象狀況緩和等施工條件配合。一般拖曳船內波高限制<1m，大型拖曳船可耐浪 2m 以上，年可工作天為 150 天，每日佈長約 1～3km，最大管徑可達 2.6m。

三、起重船

管節在船上焊接或連接完成後，利用起重船吊管或藉浮筒夾持安放置於海床上。一般內波高限制<1.5m，年可工作天為 120 天，每日佈長約 0.5km，最大管徑達 5m 以上。

2.7.3 海上施工作業之浪、流指標

海域工程施工深受海洋動力環境之複雜性所產生各項海象狀況之影響，致有無法施工或影響施工效率正常發揮之因素須加以考量。台灣東部地區於10月起至翌年3月為東北季風期，吹風強勁且浪大，

大部份時間皆不適合海上施工作業，而 7 月起至 10 月之夏季季風期海象條件較為緩和，雖可進行海上作業，但須隨時警戒颱風之侵襲，而易影響工程連續性與進度，且稍有不慎即易造成重大損失。因此一般海上施工作業大多集中在 4~6 月進行，而年可工作日約 120～150 天左右。

影響陸域施工之主要因素為降雨與吹風，而海域施工主要受波浪條件影響。依據台灣東部波浪等海象條件，每年 4~6 月為深層海水取水工程最佳海上施工作業時間，其餘月份則可規劃為海上施工前整備工作及陸上施工之期程。茲參考金門海底輸水管線海上施工作業之浪、流指標如表 2.7.3-1 所示，用以工期之推估及施工規劃之參據。

表 2.7.3-1 海上施工作業之浪、流指標比較

<table>
<tr><th colspan="2">作業項目</th><th>浪高</th><th>海流流速</th><th>考慮因素</th></tr>
<tr><td colspan="2">海上測量</td><td>1.0 m 以下</td><td>-</td><td>精度需求</td></tr>
<tr><td colspan="2">管溝浚挖</td><td>1.5 m 以下</td><td>-</td><td>為開挖面平整度，
減少整修耗時</td></tr>
<tr><td rowspan="3">佈管作業</td><td>施工船置放法</td><td>1.5 m 以下</td><td>1 節以下</td><td>施工法之作業適宜性</td></tr>
<tr><td>海面曳拉法</td><td>1.0 m 以下</td><td>0.5 節以下</td><td>-</td></tr>
<tr><td>起重船吊放</td><td>1.5 m 以下</td><td>1.5 節以下</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">石料回填拋放</td><td>1.5 m 以下</td><td>1.5 節以下</td><td>易控制拋放位置，
減少石料流損</td></tr>
<tr><td colspan="2">表面減壓潛水作業</td><td>1.0 m 以下</td><td>1 節以下</td><td rowspan="2">參據英國潛水商協會（AODC）準則要求</td></tr>
<tr><td colspan="2">飽和潛水作業</td><td>1.5 m 以下</td><td>1.5 節以下</td></tr>
</table>

資料來源：建立海底輸水管線設計及施工能力之研究，經濟部水資源局(1999)。

第三章 現有取水管評析

3.1 現有取水管設計

現有經濟部東部深層海水創新研發中心(即創新研發中心)之前身為「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠計畫」，第八河川局依照水利署指示辦理，於民國 101 年 3 月 16 日完成驗收移交經濟部技術處接管，技術處則於民國 101 年 5 月 3 日起正式負責營運管理，並將模廠更名為經濟部東部深層海水創新研發中心。基地面積約 1.7 公頃，空間規劃包含(A)模廠研究及空調示範棟；(B)取水井設施；(C)冷凍空調機械棟；(D)、(E)、(F)硬質 PET 溫室建置工程；(G)露天栽培區；(H)藻類及非溫室農業實驗群(含合作廠商實驗空間)；(I)原水貯水槽；(J)露天藻類殖育及調溫控制池等設施。參考「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」內容，本中心成立的目的主要在於推動下列目標:

一、建立溫控研究專責單位及農業與深層海水結合的研究機制

利用模廠進行各種溫控設備研發及蔬果、花卉的種植實驗，尋找出具經濟價值的作物組合，完成產業與技術的可行性分析。

二、建構東部深層海水溫控產業技術推廣基地

利用模廠研發設備與技術結合有機農業生產技術，發展東部精緻農業及觀光飯店等節能系統，擔任推廣基地，成為東部另一觀光與技術交流中心。

三、產業基地再規劃與農地保護

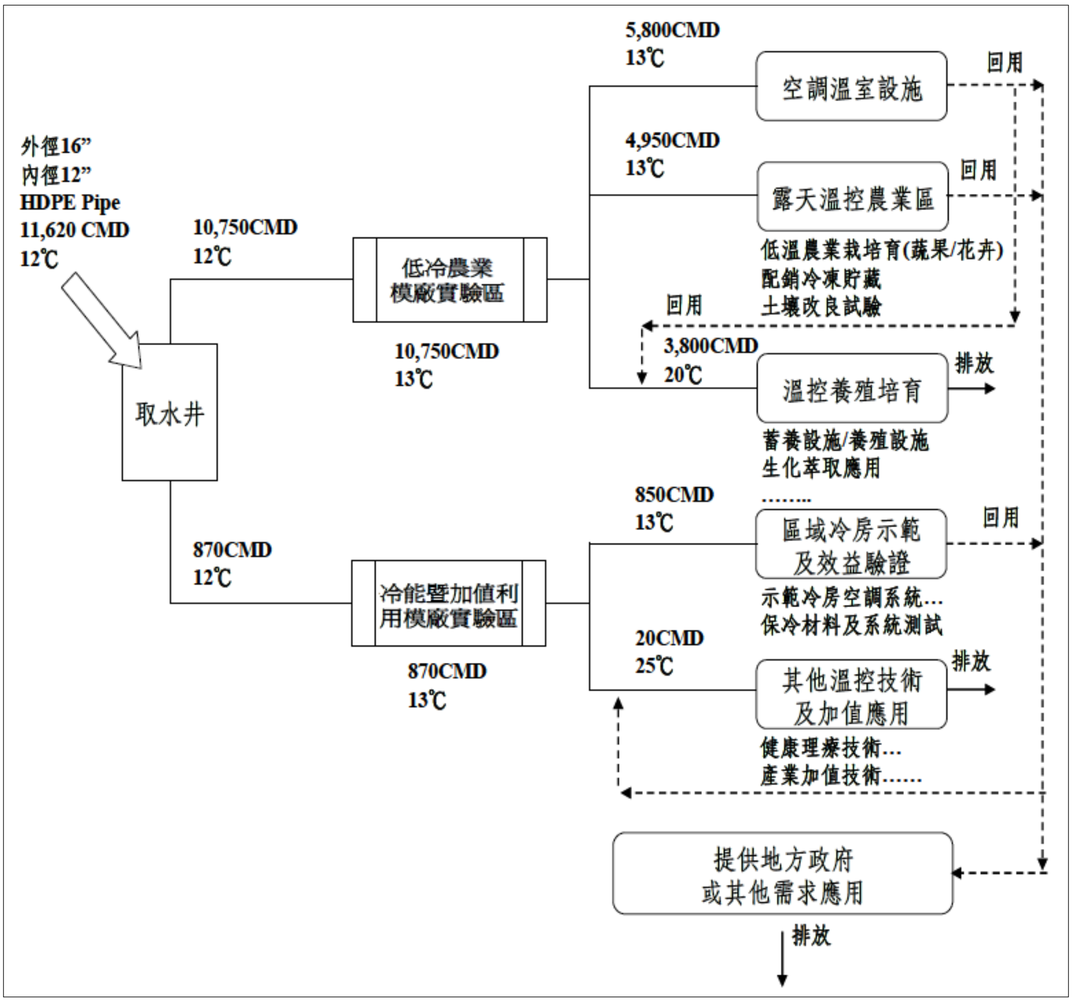
低溫加值產業的發展，將使地方產生特色資源、農地重新獲得利用，進而保護農地。亦期對高山農業帶來的山區土地超限利用問題，解決國土復育上的困難。同時由於高產值農業基地東移，可觸發產業基地再規劃契機。

為達成上列目的，創新研發中心規劃最大日需水量與取水規模約12,000 CMD，各項用水需求推估如表 3.1-1。用水平衡示意圖如圖3.1-1。

表 3.1-1 創新研發中心用水需求推估表

項目	需求水量(CMD)	聯合回用
A.空調示範需求	850	可
B.溫控溫室需求	5,800	可
C.溫控藻類養殖需求	3,800 (由前項回流供應)	否
D.其他溫控農業區域需求	4,950	可
E.其他產業應用試驗需求	20	否
合計	11,620	-

資料來源: 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」。



資料來源: 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」。

圖 3.1-1 創新研發中心用水平衡示意圖

為滿足上述取水需求，創新研發中心現有深層取水管線最大取水量為 12,000 CMD，平均操作取水量 6,000 CMD~9,000 CMD，配合取水井之設置規劃單一取水管，取水深度達中潮系統水深-700 公尺以下，管長約為 4,800 公尺，現有取水管詳細設計內容如下述 3.1.1 節至 3.1.6 節。

3.1.1 設計規範

經參考相關設計報告，現有取水管所參考設計規範包括:

(一) 交通部運輸研究所，港灣構造物設計基準。

(二) 美國石油協會(API)

(三) 挪威驗船協會(DNV)海底管線系統規則

(四) 英國標準協會(BSI)

(五) 日本港灣協會，港灣設施技術基準同解說，第 13 篇：海底管線工程

(六) 海底管線工程之國際慣用準則

1、Det Norske Veritas(DNV)

(1) RP E305：On-Bottom Stability of Submarine Pipeline(1988)

(2) DNV OS F101：Submarine Pipeline System(2000)

(3) RP F105：Free Spanning Pipelines(2006)

2、UK Water Industry(WIC)

WIS 4-32-08：Specification for Site Fusion Jointing of PE80and PE100 Pipe and Fittings

3、International Standards Organization(ISO)

(1) ISO CD：4427 Polyethylene(PE) Pipes For Water Supply Specification

(2) ISO DIS：12176-1 Plastics Pipes and Fittings-Equipment for

Fusion Joint PE Systems

(3) ISO/TC：138/SC4-N568E Recommended Practice for Installation

4、European Standardization Organization(CEN)

CEN/TC 155/WG 12N43：Standards for Polyethylene(PE) Pipeing Systems for Water Supply

5、American Petroleum Institute (API)

(1) API 17J：Specification for Unbonded Flexible Pipe

(2) API Spec 5L：Specification for Pipe Line

6、American Water Works Association (AWWA)

AWWA Manual M11：Steel Pipe-A Guide for Design and Installation

3.1.2 自然環境因子復現期

現有取水管依照國內外海底管線設計基準之復現期(迴歸期)規範，所採用計算之颱風波浪復現期至少應為 50 年以上。設計基準依據如下:

一、英國標準協會(BSI)

BSI 規範對運轉階段及施工階段之復現期應有不同考量，在正常運轉階段時之復現期應不小於三倍管線設計壽年或 100 年這二者之中較小者，對施工階段而言，復現期之選擇應在對計畫施工期長短及一旦超過設計條件下所造成之影響進行考量後加以適當選擇。

二、挪威驗船協會(DNV)

DNV 規範建議若現場資料足以對波浪及海流進行聯合機率分析，應以 100 年復現期考慮波、流共存時之設計條件，若現場資料並不足以對波浪及海流進行聯合機率分析，則建議依下列原則考慮：

若以波浪為主要影響外力，則應以 100 年復現期考慮波浪所引起垂直管線之底床流速，並以 10 年復現期考慮海流流速。若以海流為主要影響外力，則應以 10 年復現期考慮波浪所引起垂直管線之底床流速，並以 100 年復現期考慮海流流速。

三、國內相關規範

深層海水取水管線工程屬海岸工程之範疇，按國內海岸工程設計颱風波浪條件採 50 年復現期。

3.1.3 取水管線設計準則

既有取水管設計階段之相關設計準則如下:

(一)管線配重

埋設於海床下之海底管線須考慮施工及營運階段之管材重量、海水浮力等因素，避免管線因重量不足而上浮。配合所採用之管材得加壓載重量，如混凝土配重塊或其他可行方式，以確保管線安全。以混凝土塊配重尚須考慮組合螺栓之防蝕(如不鏽鋼製、鍍鋅碳鋼加犧牲陽極塊等)及鎖緊。

(二)管線穩定分析

安置於海床上之海底管線須考量所受最大波浪、海流作用下，不致損壞並能維持其正常功能所需之重量。配合所採用之管材得加配重，如混凝土錨錠塊或其他可行方式，配重重量需依相關力學分析，並提出相關計算與設計供業主審核。

(三)管線埋深

統包商須就不同水深、地質及海況，設計適當之埋管深度或保護措施。近岸段取、排水管線埋設於海床下須達中潮系統 E.L-50m 以下，管線覆土保護時須避免排水口遭掩埋，且管線埋設之安全深度需考慮近岸海床變動量、船舶下錨撞擊破壞及餘裕等因素，於 E.L-5~-40m 之管線埋身至少須達 3 公尺以上。

(四) 取水頭

取水頭設置水深須達中潮系統 E.L-700m 以下，採用六角錐型保護架或其他經主辦機關同意之型式，保護架須採用耐鏽蝕材質，如鋼結構加防蝕處理、不鏽鋼材質、結構鋁材質等，採鋼結構材質須為 A572 Gr.42 以上之結構鋼材，並須考慮降低沉陷功能之防沉板設計。防鏽蝕處理保護架不含管路之淨重量不得低於 5 噸，並提出相關計算與設計經業主審核通過後據以實施。

3.1.4 取水管材

取水管線之管材原則選用撓曲性較佳之高密度聚乙烯（HDPE）管，亦可採用加強型之鎧裝 HDPE 管，符合 CNS 2456 K3012 及 CNS 2457 K6197 檢驗法檢驗合格產品，或其他經業主核可之管材。

(一) 管材

1、使用 HDPE 管須為 PE80、PN≧12.5、SDR≦11 以上之管種，以確保供水安全、深層海水上岸溫度及不致產生破管漏水。統包商須依細部設計之取水路徑、取水管長、採用管徑與管厚等資料，提出溫升計算分析供業主審核，以確保深層海水上岸溫度低於 12℃之計畫目標。

2、得加入必要之抗氧化劑、抗紫外線劑及顏料，但不得加入回收材料製造，添加劑均應完全混合於主體內並以擠壓法成形，但以不致使水質產生不良影響者為限。

(二) 製造要求

1、於管之外側以不易消失之方法，每隔 1m 標示

(1) 國家標準總號

(2) 尺度(標稱管徑 × 標稱厚度)

(3) 製造廠商名稱或商標

(4) 製造年、月或製造批號

(5) 原料級數

(6) 標準尺度比 SDR

(7) PN 值

2、管之顏色以藍色或黑色為主，如係黑色應以共擠壓方式崁製 4 條以上易於識別之藍色線條。

(三) 接合方式

1、管線原則採電焊套接合方式，或其他經核可之方法。

2、氣密試驗：管線接合後須實施氣密試驗，將空氣加壓至 2kg/cm2，放置 30 分鐘後，須無壓力降低之異常。經氣密試驗合格之管線始得用於佈管。

3.1.5 取水工程水下檢驗

取水管線完成後須利用水中攝影機及 ROV（Remotely Operated Vehicle）進行全面管線水下攝影檢查，原則上於 E.L-50m 以上用水中攝影機拍攝紀錄管線覆蓋情形，E.L-50m 以下利用 ROV 至少提出 E.L-100m、-200m、-300m、-400m、-500m、-600m 及-700m 處且包含取水頭之水下攝影照片。

3.1.6 取水管設計結果

現有取水管採用管外徑 500mm、SDR11 之 HDPE 管，單管長 13 m，除少數接頭採機械式法蘭接頭外，均以熱熔對接方式組合成管長約 5,000 m 之管線，管線佈置如圖 3.1.6-1 所示。

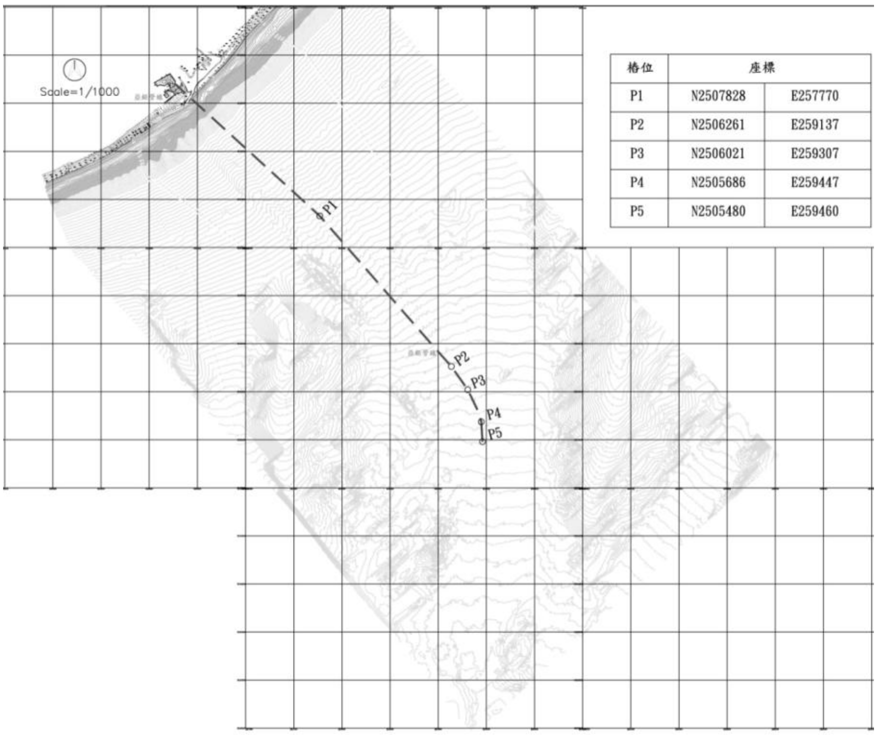


圖 3.1.6-1 取水管設計位置圖

取水頭利用 HDPE 管以熱熔方式組成構架，管件接合處再以 FRP 包覆，以增加構架強度(圖 3.1.6-2~圖 3.1.6-3)。

資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局

圖 3.1.6-2 第一次沉降取水頭外觀

圖 3.1.6-3 最終完成取水頭外觀

現有取水管線原始設計於水深-50 m 出海床後，依水深之不同分別於管路上設置Ⅰ型（水深-50~-110m）、Ⅱ型（水深-110~-200m）、Ⅲ型（水深-200~-700m）等配重塊型式，配重塊之型式及數量如表3.1.6-1，但最終配重方式改採單一形式、間距變化的方式施工，與表中設計不同。配重塊依佈管水深之分配，直接澆置於取水管路上(圖3.1.6-4)，以節省安裝人力與工時。

表 3.1.6-1 配重塊原始設計型式及數量

材料名稱		單位	數量	備註
混凝土配重塊(II 型水泥)	I 型(高 1.4m、厚 0.4m)	塊	105	水深-50~-110m
	II 型(高 0.8m、厚 0.6m)	塊	163	水深-110~-200m
	III 型(高 0.8m、厚 0.3m)	塊	763	水深-200~-700m

資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局

圖 3.1.6-4 現有取水管線場鑄配重塊方式

3.2 現有取水管施工歷程與紀錄

依據第八河川局於 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中，取水管線之佈放採海面曳拉法，即將整體管路拖航、定位及沉放之佈放方式。99 年 7 月 3 日上午 5 時 50 分開始進行佈管作業(如圖 3.2-1)，上午 6 時 10 分取水管拖至離海岸邊約 300 公尺時，主拖船之監視人員回報取水頭開始進水並有下沉現象(如圖 3.2-2)，指揮中心即指示主拖船停止向外拖曳動作，並指揮主拖船往岸上回駛且將取水頭拖向淺岸端，避免取水管內持續進水下沉，再利用吊車搭配挖土機將沉落之取水頭及取水管吊起及撈至岸上(如圖 3.2-3)。經檢視上述佈管作業中取水管受損情形為：

(1)取水管配重塊受損部位約 27 處(如圖 3.2-4)。

(2)取水管管材受損約 21 處(含受損配重塊熔接部位 17 處、如圖 3.2-5)。

(3)取水管 1 處斷裂(距取水頭 104 公尺處)。

圖 3.2-1 管線下水

圖 3.2-2 取水頭開始有下沉現象

圖 3.2-3 取水頭回拖及吊起上岸

圖 3.2-4 配重塊受損

圖 3.2-5 配重塊受損後滑動

(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」,經濟部水利署第八河川局)

佈管失敗之主要原因為取水頭浮力不足及取水頭拖曳點選擇不當。經改善後取水管佈管於 99 年 7 月 18 日再次展開(如圖 3.2-6~圖 3.2-8),上午 8 時 20 分管線拖放作業開始,下午 6 時 30 分管線定位完畢,取水管開始注水下沉,下午 7 時 36 分主拖船回報取水口已出水,管線通水完畢並已下沉至海床著床,此為第一次取水管佈放。

圖 3.2-6 取水頭開始拖出

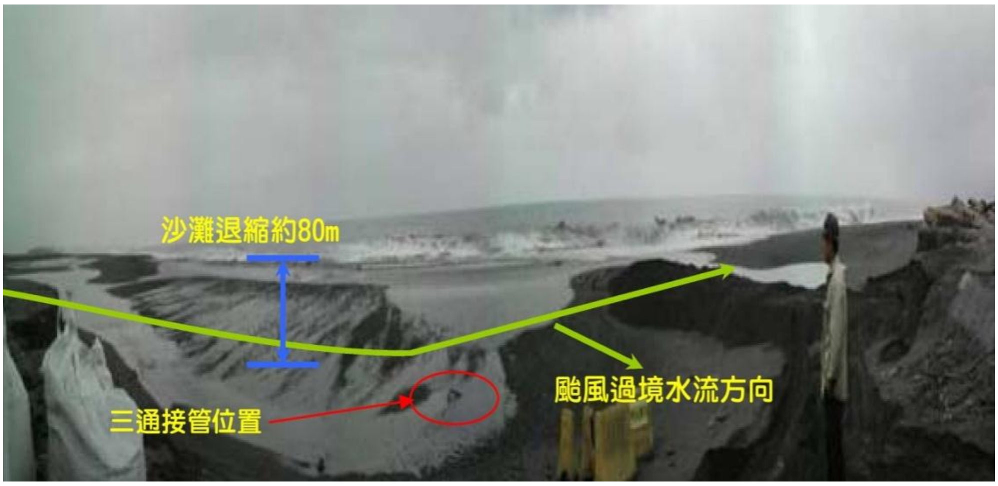
圖 3.2-7 岸上怪手配合管線佈管

圖 3.2-8 管線拖放作業

(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

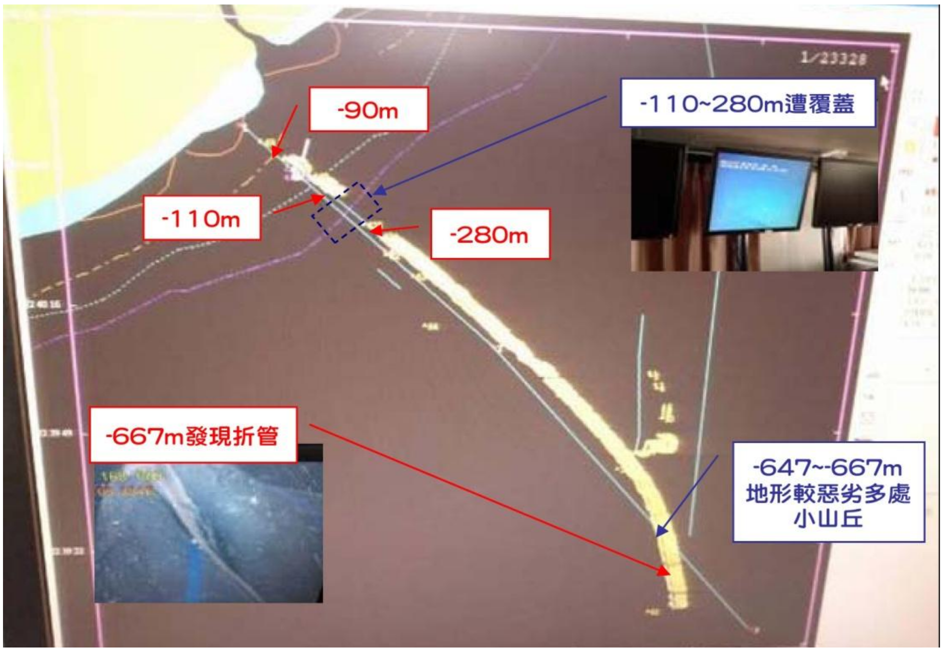
依據 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」所述，取水管佈設完成後於民國 99 年 9 月 18 日進行第一次試抽，經連續抽水約 7 小時後，因凡那比颱風(9 月 17～20 日)來襲停機，當時水溫 7.5℃，符合契約驗收標準 12℃。民國 99 年 9 月 28 日上午 10:30 進行第二次抽水，發現抽水量不穩。經檢討研判後，主要為凡那比颱風來襲，知本外海 11 m 高浪沖刷管路，致使抽水量不足，再加上民國 99 年 10 月 20～23 日梅姬颱風侵襲，導致知本溪河道改變及沙灘退縮約 80 m，取水管近岸段埋設產生變化（圖 3.2-9），造成取水管隆起處管中產生空氣，使抽水量不足，除緊急探測近岸段是否因颱風巨浪損毀管件外，並提出相關檢討及排除方案，以利順利取水。惟經數次嘗試排除取水管內之空氣及陸上段管線降挖等手段，取水量仍未達到預定目標，最後於 100 年 6 月及 7 月間之 ROV 水下攝影檢測成果顯示(如圖 3.2-10)，水深-113 m 至水深

-280 m 大部份管線遭覆蓋，水深約-660 m 地形較惡劣有多處小山丘、水深-667 m 發現折管。由於管線已無法使用，因此決定重新佈管。



(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

圖 3.2-9 梅姬颱風過後造成知本溪改道及沙灘退縮



(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

圖 3.2-10 ROV 水下攝影檢測成果

再次佈管前置作業於 100 年 7 月開始展開，8 月 30 日完成管線熔接約 4,680 m、9 月 20 日完成取水頭製作、9 月 30 日完成配重塊及浮力設備，並於同年 10 月 11 日完成水下-50 m 處管線對接、10 月 12 日完成佈管作業。10 月 24 日至 10 月 27 日進行 72 小時檢測，結果

顯示：抽水量為 12,482 CMD、水溫約 7℃、總懸浮顆粒濃度為 0.38、0.4 及 0.5mg/L，均符合驗收標準；ROV 檢測顯示管線在海床上之狀況正常，至此完成現有取水管佈設工作。

3.3 現有取水管現況

經濟部創新研發中心於 101 年 5 月 6 日時凌晨發生取水異常事件，發生時取水管流量由原本之 3840 CMD 驟降至 1080 CMD，為解決現有取水管無法正常取水情況，於 103 年 6 月 17 日至 6 月 23 日進行全區水深調查及 103 年 9 月 23 日至 9 月 28 日進行第二次全區域水深調查，以側掃聲納探測管線狀況；在資料判讀認定上，管線裸露於海床時，會出現線性回跡特徵，在裸露終止處則無法清楚辨識斷裂或沉積物覆蓋，此狀況歸類為掩埋，其成果如下圖 3.3-1 及表 3.3-1 所示。

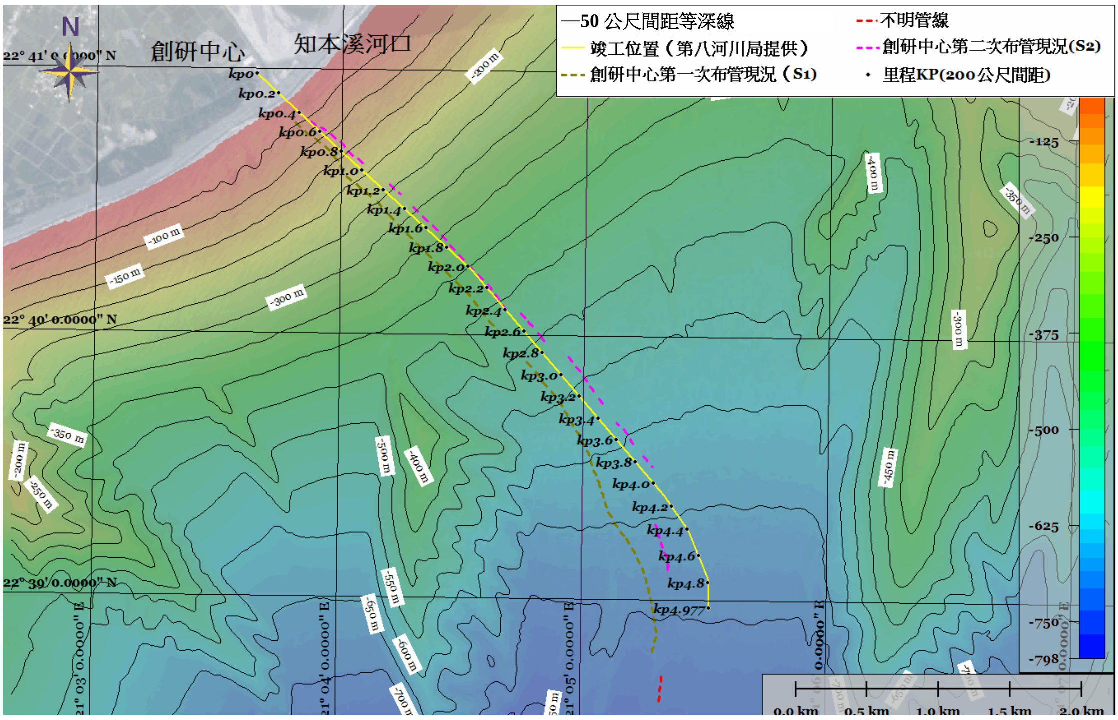


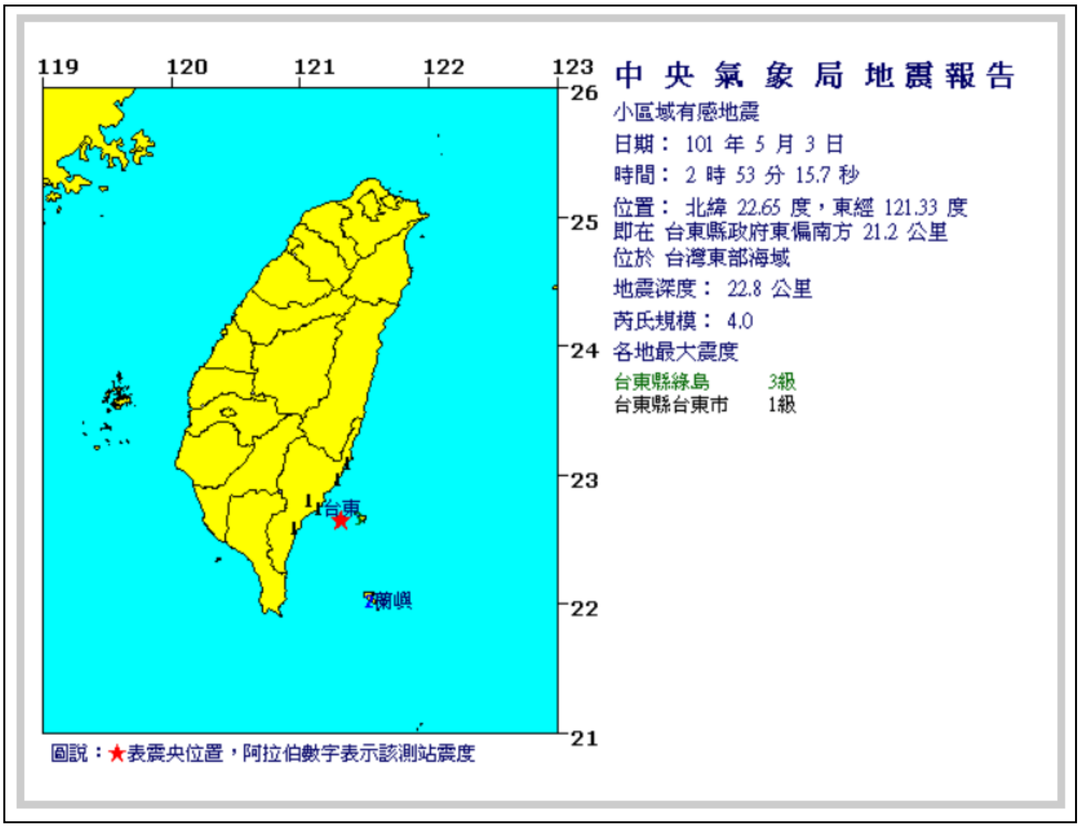
圖 3.3-1 現有取水管軌跡圖(2014 年)

表 3.3-1 創研中心現有取水管探查成果表

公里	區段	長度(m)	描述
KP0-KP0.285	陸地段	285	KP0 為創研中心管線起點
KP0.285-KP0.488	掩埋段	203	沉積物覆蓋
KP0.488-KP0.97	裸露段	482	管線自 KP0.488 處露出，離岸 177m 與竣工圖位置偏北 33m
KP0.97-KP1.2	掩埋段	230	沉積物覆蓋
KP1.2-KP1.3	裸露段	100	與竣工圖位置偏北 54m
KP1.3-KP1.4	掩埋段	100	沉積物覆蓋
KP1.4-KP2.4	裸露段	1100	與完工路線接近區段
KP2.4-KP2.45	掩埋段	50	沉積物覆蓋
KP2.45-KP2.6	裸露段	150	與竣工圖位置偏北 65m
KP2.6-KP2.65	掩埋段	50	沉積物覆蓋
KP2.65-KP2.75	裸露段	100	與竣工圖位置偏北 63m
KP2.75-KP2.9	掩埋段	150	沉積物覆蓋
KP2.9-KP3.345	裸露段	445	與竣工圖位置偏北 110m
KP3.345-KP3.5	掩埋段	155	沉積物覆蓋
KP3.5-KP3.7	裸露段	200	與竣工圖位置偏北 85m
KP3.7-KP3.8	掩埋段	100	沉積物覆蓋
KP3.8-KP3.91	裸露段	110	與竣工圖位置偏北 75m
KP3.91-KP4.4	掩埋段	490	沉積物覆蓋，可能在 KP4.0 附近交會，走向由 140 度轉為 175 度
KP4.4-KP4.8	裸露段	400	與竣工圖位置偏南 214m
KP4.8-KP4.977	掩埋段	177	
取水頭(KP4.977)	可能為沉積物覆蓋		

資料來源：「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」

根據表 3.3-1 所統計，現有取水管管身被掩埋比例約占 35%(含取水頭結構)，其餘 65%仍可以水中攝影機做檢視，根據中央氣象局的颱風歷史資料統計，以檢查日期(103 年 9 月 23 日)距管線實際佈設日期(100 年 10 月 12 日)約三年間，台東地區經歷了 3 次的颱風登陸侵襲，依序為 101 年 8 月 21 日的天秤颱風(中度，台東累積雨量 312.5mm)、103 年 7 月 21 日的麥德姆颱風(中度，台東累積雨量 194mm)及 103 年 9 月 19 日的鳳凰颱風(輕度，台東累積雨量 233.5mm)，期間可能由知本溪攜帶大量泥沙沖往鄰近海域，造成土石堆疊或崩坍掩埋管線及取水頭。另一方面，取水失效三日前台東地區外海曾發生芮氏規模 4.0、深度 22.8 公里的小區域地震，該地震與管線所在位置相當接近，可能與管線取水功能中斷有所關聯。



資料來源:中央氣象局網站

圖 3.3-2 管線取水失效前發生小區域有感地震資料

綜整既有管線自規劃起至今相關事件與時間點如圖 3.3-3 所示。

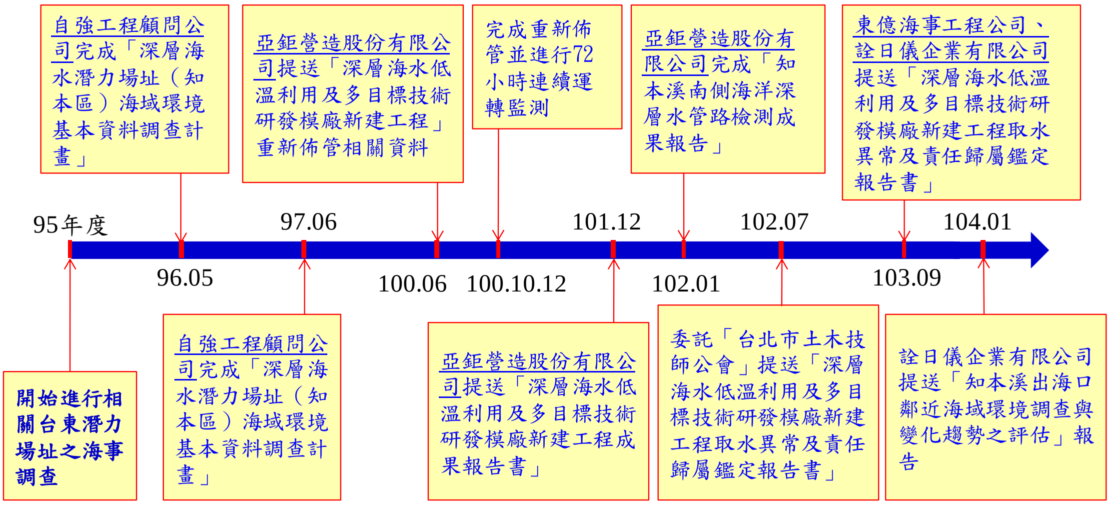


圖 3.3-3 既有管線歷程圖

3.4 現有取水管無法取水成因分析

為降低未來佈設管線之損壞風險，本章節針對現有取水管無法取水可能成因，蒐集相關資料予以評估分析，可供未來管線設計施工之參考。以現有取水管佈設於海床上的位置之海域環境條件，考量可能

導致取水管無法取水之影響因素(如：外力、基礎穩定性、取水管堵塞等)，大致可分為近海床面海流、河口輸沙異重流、海床穩定性、管線配重及取水頭遭掩埋等，並根據「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告中所提供現有取水管相關海域環境調查，歸納並分析出較為可能影響現有取水管無法取水之成因，其敘述如下：

1. 近海床面海流

現有取水管材質為高密度聚乙烯(HDPE)，屬於柔性管材且密度(約 0.96 g/cm^3)較海水密度小，管線需要靠額外配重方能穩定沉放於海床面，故配重塊的多寡及固定方式與位置直接影響管線的在海平面下之穩定性(管線配重相關探討請參考下述第 4 項)，在配重量不足或配重方式不佳的情況下，管線容易受到海流影響；若近海床面流速過大，取水管受到海流推力影響，導致局部不規則移動，再加上地形或管線配重因素導致橫向或縱向變形過大，管線可能挫屈損壞而中斷取水。

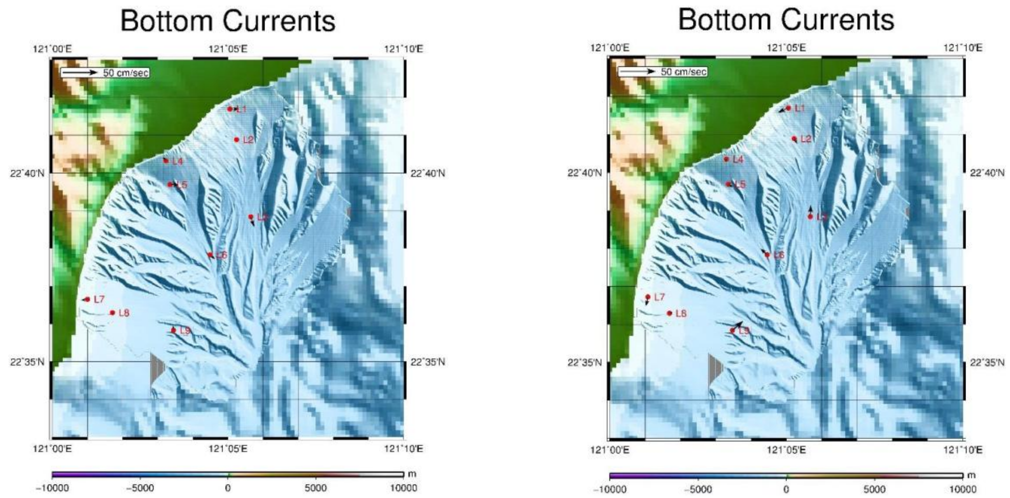
依據第八河川局「台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫」(民國 96 年)報告中，曾以都卜勒流剖儀量測本計畫區域範圍內四季各層流況(2006/06/18、2006/08/19、2006/10/12 及 2007/01/12)，該計畫針對海流流速測量結果摘要結論如下：

「……本區域之潮水流向為東北-西南向，漲、退潮時潮水均由東北向西南流，水深-100m 以下受地形影響漲潮時潮水由東南方向西北流入岸邊，退潮則反之。此外，表層(-26m)流速較快，平均流速約在 30~60cm/sec，而底層(-202m)流速則約為表層之一半而已，且依據各季成果研判，其方向較不受漲、退潮所影響……」

另外，位於知本溪北岸的「國家水產生物種原庫台東支庫新建工程」計畫，曾於本計畫區域範圍內水深-300 公尺處，以底碇式螺旋槳海流儀連續觀測 21 天(2001/11/29~2001/12/19)，量測距海床約 5 公尺處之流速流向，結果顯示觀測期間流速均在 50 cm/sec(1 節)以內，且 95%以上觀測值均小於 20 cm/sec，最大流速為 31.7 cm/sec，平均流速

為 1.1 cm/sec。

在現有取水管發生無法取水後，為解決無法取水之問題並找出其原因，於 2014 年 5 月 29 日(大潮)及 2014 年 8 月 29 日(小潮)兩季進行 LADCP 觀測海流流速，所觀測點位見圖 3.4-1，共 9 個測點(表 3.4-1)，由觀測結果資料顯示，大部分的海流流速值小於 50 cm/sec，在接近底部的流速值也大都小於 10 cm/sec；綜合兩季之 LADCP 成果，近底床流速均小於 20 cm/sec 以內。



資料來源：「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」，2015 年 1 月

圖 3.4-1 現有取水管海域 LADCP 底層流矢圖

表 3.4-1 測量點位置及水深資料

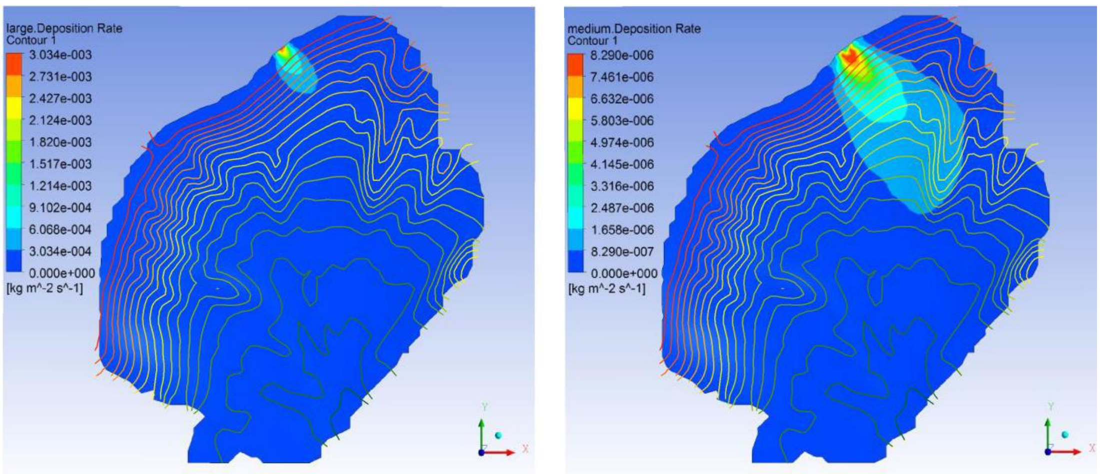
站名	經度	緯度	水深(m)	下放深度(m)
L1	121˚05.046'E	22˚41.690'N	96	-65
L2	121˚05.240'E	22˚40.883'N	367	-338
L3	121˚05.650'E	22˚38.873'N	705	-650
L4	121˚03.235'E	22˚40.320'N	104	-50
L5	121˚03.355'E	22˚39.692'N	430	-380
L6	121˚04.493'E	22˚37.830'N	781	-750
L7	121˚01.004'E	22˚36.656'N	106	-50
L8	121˚01.710'E	22˚36.296'N	367	-352
L9	121˚03.446'E	22˚35.830'N	801	-760

綜合上述實測結果可知，表層海流流速易受到漲退潮或其他外在因素影響，導致流速增加，水深越深海流流速會逐漸下降，在水深-300 公尺處，其最大流速均約在 50 cm/sec 以下，但由於目前收集到的資

料主要在海象狀況良好時所探測到的海流資料，無在極端事件下(如颱風期間)之海流資料，僅能研判在海況良好時，現有取水管之取水頭水深-700 公尺處，海流流速在適當配重條件下，應不致造成取水管移動或取水頭的推移。

2. 河口輸沙及異重流

由於知本溪河口於 2014 年 9 月 21 日鳳凰颱風侵台期間，出海口平均含砂量為 42,864 ppm，大量泥沙被搬運至河口，當夾帶大量泥沙川流流入一夠深夠廣之水域(海洋)，兩流體密度差異甚大時而產生異重流，會將泥沙帶至水深較深之海床，對取水管可能產生額外推力，參考「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告中，利用 ANSYS CFD 數值模式對知本溪出海口海域模擬發生異重流時所造成之影響，分析時假設知本溪河口含沙濃度為 80 kg/m^3 的川流以 2,359 cms(10 年復現期距之洪峰流量)連續作用 2 小時，泥沙輸送範圍最遠約可傳送至-700 公尺處(粉土等級顆粒~10^{-2}mm)，細沙等級(~10^{-1}mm)，大多數均在-50 公尺內落淤，分析成果圖見圖 3.4-2，顯示於水深-700 公尺處僅有粉土等級之粒徑，以河口異重流形式產生推力影響取水管位移或變形的機會不大，且根據該報告中管線位置比對圖顯示，現有取水管在水深-650 m 以內區段，移動方向大致為西南-東北向，與知本溪河口出水推移之西北-東南向不同；此外在取水頭位置落淤之顆粒粒徑也相當小，直接落淤造成取水頭阻塞的機會相對微小，推估河口輸砂與異重流應不致為取水中斷主因。



資料來源：「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」；左圖顆粒為 10^{-1}mm，右圖顆粒為 10^{-2}mm

圖 3.4-2 異重流形成等單位面積沉積量範圍圖

3. 海床穩定性

現有取水管設置於海床上，海床穩定性對取水管之影響甚大，依據「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」中，本計畫範圍海床底部大部分均為沉積質所堆積而成，並且均有滑動的跡象，於 2014 年 9 月中所採集之樣本中，水深較深之粒徑自細沙至粗砂均有(0.32mm~2.8mm)，結果顯示出有特殊事件不定期發生導致本區域海床地形與底質分布特性；報告書中在淺層地球物理調查及震測調查顯示，河口附近海床地層內有重複崩移再堆積的特徵，而崩積物崩落後會堆積於水深-600 公尺附近坡度較平緩處，在水深-600~-800 公尺深海區顯示有強烈濁流切割造成侵蝕溝與海脊樣貌，說明本區域海床仍有高度變動特徵屬不穩定之海床，相較於前節分析河口輸沙形成之異重流結果，強烈濁流形成的最可能原因應為海底沉積物崩塌或陷落，當夾帶泥沙之川流於河口附近海床堆積或形成異重流搬運至水深較深之區域沉積，持續沉積一段時間後，經由海床營力、板塊移動等外力擾動或本身堆積至臨界狀態，發生區域性或大範圍之海床滑動造成崩塌或陷落，導致現有取水管管線遭崩落土石推移滑動、翻轉或遭沉積物覆蓋，由報告中調查現有管線搜尋結果顯示(如表 3.3-1)，取水管沿線皆發現管線偏移且多處遭沉積物所覆蓋，近取水頭處(KP4.4-KP4.8)偏移最多為 214 公尺，位於 KP3.8-KP3.91 裸露段往北偏移 75 公尺，而 KP4.4-KP4.8 則往南偏移 214 公尺，顯示取水管相對位移過大導致管線挫屈變形及管線遭掩埋，由此推估海床滑動造成之崩塌或陷落，造成管線變形及掩埋，可能是影響現有管線無法取水之重要成因之一。

4.管線配重

現有取水管線採用 HDPE 管作為取水管材，根據「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中所述，現有取水管線所使用的原始設計配重塊共分為三種型式，據以推估不同水深各段配重量如表 3.1.6-1 所示，而實際管線之竣工報告中所採取之配重塊僅使用 II 型配重塊，並以管線以不同間距安裝配重塊控制管線所

需要之配重量，見表 3.4-2 所示。其中配重比計算公式如下：

配重比(w) = 配重塊水中重 / 管線所受浮力* 100%

表 3.4-2 現有取水管配重統計表

配重塊類型	配置水深	間距 (m)	使用數量 (塊)	管線長度 (m)	配重比 (%)
II 型配重塊 0.8m*0.8m*0.6m (II 型水泥)	-50~-110m	2.17	107	230	83.9
	-110~-130m	2.6	32	83	69.5
	-130~-150m	3.25	26	82	57.2
	-150~-200m	4.3	45	193	42.0
	-200~-300m	6.5	72	466	27.9
	-300~-700m	13.0	272	3530	13.9

資料來源：「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程竣工圖」，第八河川局。

根據中興公司歷來設計案例經驗，配重比的決定在於設計時考量流速、配重後管線的穩定性及施工需求等綜合考量結果，表 3.4-2 中所得配重比計算結果，配重比由 83.9%逐步遞減至 13.9%，變化趨勢大致符合設計邏輯；此外現有取水管的配重塊形式，採用底部平坦的矩形配重塊作法，對於管線在海床面上摩擦力的提供並無助益，配重塊及管線容易因外來推力產生滑移；配重塊與 HDPE 管的固定方式，採用管體外圍直接澆注，僅利用混凝土與 HDPE 材質表面的摩擦力作為膠結，一旦管線因溫度變化熱漲冷縮，很容易產生配重塊相對滑移，配重塊滑移集中後將造成管線無法承受集中載重，局部挫屈損壞。本報告 3.2 節中圖 3.2-4 及圖 3.2-5 即發現配重塊脫落滑移案例，由此推估配重塊的設計與施工，也有可能為現有取水管損壞的成因之一。

5.取水頭遭掩埋

參考「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告及 103 年 9 月「深層海洋水管勘測及 ROV 檢測成果報告書」內容，知本溪北岸與南岸的取水管無法取水後，經水下勘察結果顯示都發現取水頭遭掩埋之事實，掩埋的部分包含取水頭及取水頭前的部分管線，直接中斷取水功能，遭掩埋的管線中若有局部挫屈則同樣足以中斷取水功能。取水頭或管線遭掩埋的原因推估為海床發生大規模土石滑移，將大量土石堆積於取水頭上方，或是土石滑移時將直立取水頭結構翻

倒後再加以掩埋，如此管線挫屈與取水頭掩埋將同時發生。

另外根據經濟部創新研發中心發現取水異常時情形，取水流量從原 3840 CMD 瞬間降至 1080 CMD (見圖 3.4-3)，若為取水管受海底滑坡推力造成管線斷裂，應會有管線相對位移差異甚大情形，管線亦會從斷裂處取得海水，與發生取水異常時情況較為不符；若為取水頭受海底崩塌或陷落導致堵塞，且取水頭周圍大部分應屬粒徑較小之砂質顆粒，取水流量應逐漸下降而非瞬間，同樣與取水異常時情況較為不合；另外若取水管線受海底滑坡推力開始滑動，並且移動時管線有相對位移狀況，以致管線開始彎曲，當超過管線之容許彎曲曲率時，會發生瞬間挫屈而折管的現象，造成取水流量驟降之情形，較符合取水異常時情形。104 年 12 月 2 日、3 日經濟部水利署舉辦「第三十一屆中日工程技術研討會」，邀請日本清水建設堀哲郎副本部長進行創新研發中心參訪，討論中堀副本部長由取水量突然驟降情況，研判認為可能為管線挫屈造成取水中斷。

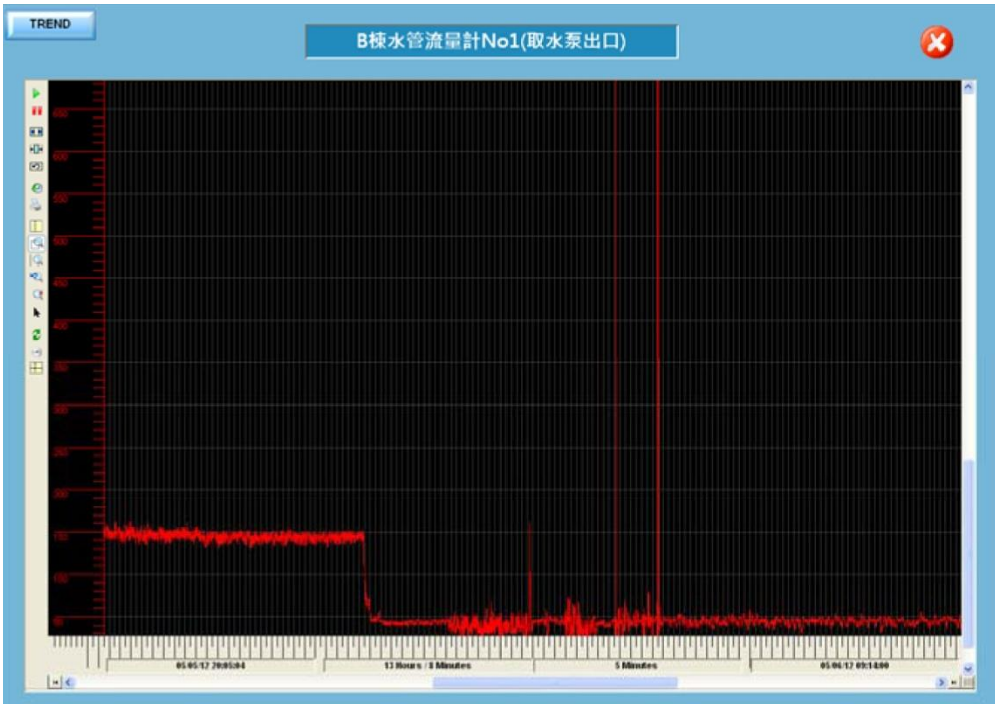


圖 3.4-3 民國 101 年 5 月 5 日~6 日取水量監測圖

6.綜合分析

綜合上述各項分析與研判，現有取水管可能於取水頭遭土砂掩埋，或尾段(水深-500~-700m 段)產生挫屈以致斷水，或因土石崩落、配重

塊滑移導致管線挫屈而中斷取水；惟無論管線與取水頭現況屬於上列狀況何者，本海域在 101 年 5 月 6 日斷水前曾發生大規模土石滑移是最可能之肇端，而造成海床大規模滑移之成因可能為颱風侵襲，從河口提供大量輸砂超過海床之穩定臨界值或為區域地震誘發海底崩坍，由目前所收集之資料中，尚無法判定成因為何。換言之，曾發生大規模土石滑移堆積於取水頭上方，或曾發生大規模土石滑移使得管線尾段因失去支撐而產生挫屈。海底沉積層發生地滑崩坍乃是較能與事件發生前之氣象條件能吻合之推測，尤其在海床地形及震測調查的資料顯示，過去佈管的海床上存在著發生過海床塊移的現象：首先，此區在取水失敗之 5 月 6 日前並無發生明顯洪水事件，因此初步排除來自川流挾砂所形成之異重流之影響。其次，取水失效三日前台東地區外海曾發生芮氏規模 4.0、深度 22.8 公里的小區域地震，該地震與管線所在位置相當接近，可能與此有關。由圖 3.4-4 所示，現有取水管取水失敗 7 個月後(101 年 12 月 16 日)曾以 ROV 進行管路沿線攝影，此次任務在水深-369 m 處發現管線下緣受到沉積物部份填塞，印證了該處海床不穩定與沉積物移動的現象。

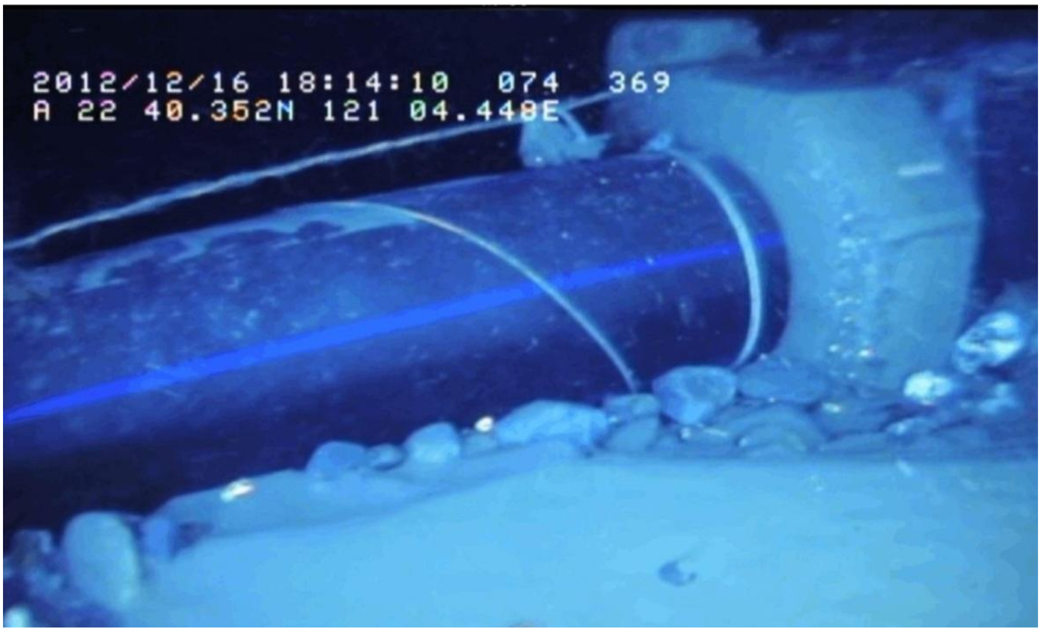


圖 3.4-4 現有取水管水深-369 m 處的管線下緣受到沉積物部份填塞

第四章 現有海域環境補充調查

參考水利署水利規劃試驗所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104 年)調查成果，針對未來長期穩定取水工程施工所需，提出現有海域環境應補充調查項目與調查頻率之建議，作為水利規劃試驗所後續辦理「現有海域環境補充調查計畫」之參考。

4.1 現有海域環境調查項目及成果

「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104 年)計畫利用海洋地球物理調查方法，進行海床地形、地貌、淺層地球物理調查、震測、底質及海流調查等，探討知本溪鄰近海域環境特性及可能變遷趨勢，發現知本溪與利嘉溪口平坦海床下，處處可見水流過沉積物後殘留下來痕跡，屬典型河口沖積型態，堆積及侵蝕現象仍持續進行著，顯示海床環境的不穩定性。另外，上述報告依據短期約三天流剖面時間序列調查，發現流速多在每秒 0.2 m 以內，再輔以地貌特徵，推論可能較大原因為不定期發生的重力流(如碎屑流或濁流等)，導致深層海水取水管線破壞，因此，該報告建議位於知本溪口南側水下海脊群間平坦谷地，以此相對穩定的海床環境，建議為可能取水管線佈設區域如圖 4.1-1。

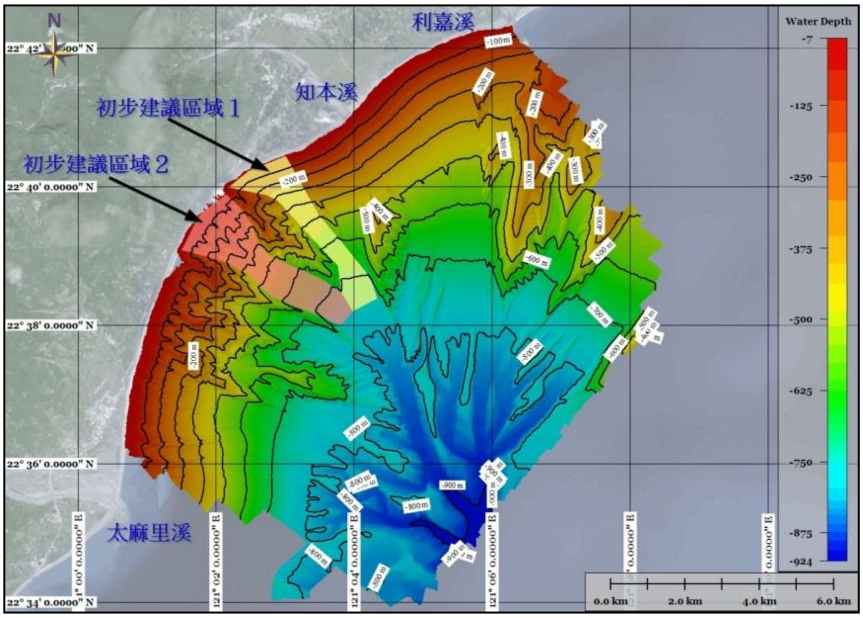


圖 4.1-1「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」建議佈管區域位置圖

整理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」主要調查作業共二階段如表 4.1-1 所示，第一階段主要進行地形水深、海床地貌、海床淺層地球物理調查、多頻道反射震測調查及第一季海流觀測，經由本階段調查與分析工作，以探測出除役/失敗管線位置，確定管線與取水頭現況，並評估河川輸砂可能影響範圍，以描述計畫範圍環境特性，並由此提出兩處不受河川輸砂直接影響之區位。第二階段調查工作，包括地形水深(第二次)、岩心採樣、海床圓錐貫入、第二季海流觀測及 2 處待選區域底質 ROV 目視，重點在進一步評估兩處待選範圍之海床穩定性。各項調查之成果已摘錄於第二章中。

表 4.1-1「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」主要調查作業

第一階段	地形水深 (第一次)	海床地貌/海床淺層地球物理調查	多頻道反射震測調查	海流觀測 (第一次)
使用儀器	多音束測深設備 Multi-Beam Echo Sounder	底拖側掃聲納 (Side Scan Sonar)/底拖底質剖面儀 (Sub bottom profiler)	多頻道震測反射系統(Multi-Channel Seismic Reflection System)	下放式都卜勒流剖儀(Lowered Acoustic Doppler Current Profiler - LADCP)
時間/頻度	1 次	1 次	1 次	9 點各 1 次
第二階段	地形水深 (第二次)	岩心採樣/ 海床圓錐貫入	ROV 目視	海流觀測 (第二次)
使用儀器	多音束測深設備	重力式岩心採樣/圓錐貫入試驗儀 (Cone Penetration Test)	無人遙控載具 (ROV)	底錠式都卜勒流剖儀 (Bottom Mounted ADCP)配合 9 點 LADCP
頻度/時間	1 次	1 次 10 處	1 次	3 點 1 次/ <3 天

4.2 海域環境補充調查及建議

由前期之研究調查，推論之前佈設之深層海水取水管線失敗，較可能原因為不定期發生的重力流(如碎屑流或濁流等)，或者海底底床之崩塌或滑坡，引起之海床表層移動造成管線受力破壞或隨之產生之堆積物掩埋取水頭造成水路阻塞。因為此項不定期發生的重力流無足

夠資料以統計其於海域各處發生之強度，將來深層海水取水管線之佈設將建議在重力流影響較不明顯之處施作。本次補充調查將針對前期之研究調查成果，選擇數處可能較適合管線佈設之區域，進行調查以複核及篩選比較。

由前節表 4.1-1 中調查頻度與時間資料發現，地形水深觀測 2 次，海流少於三天，相對於本處海域坡度大的海床，以及颱風時來自河川之高輸砂和大量沉積物，以及地震可能造成之滑坡、崩坍而言，不足以比對出極端事件後之影響，亦不足以推論出長期的變化趨勢。因此若要達到長期穩定取水工程，仍需要補充調查資料。「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告中亦有建議增加調查資料。本計畫將以工程可行性角度，針對可能之工程規劃方案，提供尚需執行的補充調查項目與調查頻率之建議，如表 4.2-1。

表 4.2-1 為針對建議區域進行進一步的調查以及複核其地未來對取水管佈管風險所必須進行之後續調查項目。這些調查項目涵蓋之區域除了前期調查所建議之初步建議區域 1 及區域 2 外(如圖 4.1-1)，亦新增一較南端之可能佈管區域(建議區域 3，見圖 4.2-1)。

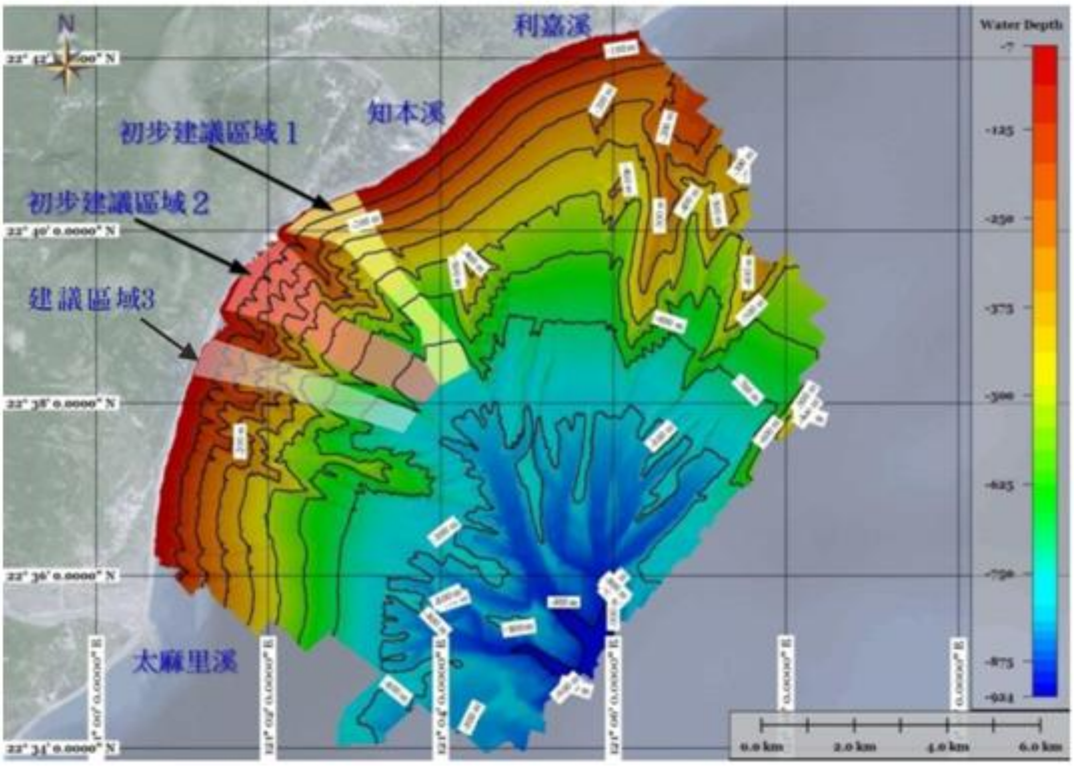


圖 4.2-1 建議佈管區域與補充調查位置圖

前期報告中認為選定之二建議區域較附近其他區域適合設置取水管，原因如下：

1. 建議區域 1 屬河口及附近大陸斜坡堆積環境，可能是不具層理、混亂、劣淘選的粗至大顆粒沉積物為主型態，表層可能為均質的粉砂層堆積物覆蓋。與知本溪河口原佈管區域為相同底質剖面分類，但由多頻道反射震測剖面資料，此區域訊號較知本溪河口連續且未有丘狀起伏的地形，因此環境較知本溪河口穩定。
2. 建議區域 2 屬大陸斜坡上海脊間谷地，由底質剖面分類可判斷具有中等連續層理，推測海床表層可能為粉砂或泥質的沉積物，下層的層理漸不明顯，可能為礫石或粗砂的沉積層。其多頻道反射震測剖面資料同樣有略與海床水平之連續層理，顯示其環境更為穩定。

其中建議區域 2 優於建議區域 1，原因如下：

1. 海床地形、地質及邊坡穩定條件較佳。
2. 與知本溪間有一海脊阻擋，降低河川輸砂之影響。
3. 流痕較不明顯，顯示海床表層傳輸沉積物的能量較小，為相對較穩定的環境。
4. 海床以泥至砂質沉積物為主，近岸段可能為上部斜坡的滑坡造成，深處則可能為過去碎屑流或濁流的堆積，較有成層的特徵，推測海床沉積物動能較和緩。

本計畫新增的建議佈管區域(即建議區域 3，如圖 4.2-1)，其特性亦與前期報告中選定之建議區域 2 相似：相同底質剖面分類，推測海床沉積物動能較和緩；主要河川均有一定距離，遠離河川輸砂之直接影響，且區域南北兩端亦有海脊阻擋、降低河川輸砂，故亦將其列為可能佈管區域之備選。但此區域距離創研中心較遠，若考慮佈設取水管對創研中心供水，則其經濟價值較低，可供將來其他取水之計畫的備選區域參考。

表 4.2-1 中之數量為依照正式管佈設構想(自水深 600 公尺處取水，

取水管長度約 5000 公尺)估算。各調查中，地形調查需涵蓋整個敷設區域(包括建議區域 1、2、及 3)，目的為獲得各區域的地形水深資料以與前期地形資料比對以求得侵淤變化，同時提供作為數值模型分析及進一步選址之參考。海流觀測包括一處較長期的定點式觀測，希望獲得包含颱風期間的海流變化資訊，作為建議區域流場分析與數值模型之重要依據，並於佈設/回收定點式觀測設備時以船攜式 ADCP 與 LADCP 搭配，研究海流的時空分佈特性並以定點式觀測值比對。海床底質調查目的為取得海床沈積層的分層、分類以及力學參數，作為後續各區域海床邊坡穩定分析比較參考。在前期已進行建議區域 1、2 海床底質之研究，但並未採到完整序列土樣資料，故本計畫建議再次採樣，並新增建議區域 3 之底質調查(包含採樣及貫入試驗)。錨碇水下信標並收集觀測信標水下位置變化，目的為在定期的觀測下，以水下信標位置變化，來了解海床表面上定常及不定常運搬現象的發生。此水下信標於觀測期間之位移量，甚或遭崩塌掩埋而失去信號，均有助於判斷水下異重流或推移質對監測位置處的影響。最後將以上補充調查成果，比對前期研究調查獲得之資料，進行綜合分析，評估較合適佈設取水管之區位。綜整表 4.2-1 各項調查，若能在各項調查動員時進行有效整合，所需經費應可有效降低;預估所需工期為 12 個月(含資料分析及整理繪製)。

表 4.2-1 建議區域後續工程參數調查項目

調查項目	使用儀器/精度	數量/頻率	調查目的
地形調查	使用多音束測深設備，達 IHO SP-44(1a)精度	建議區域 1、2、3 內至水深 700 公尺處進行一次調查，面積約 17.5 平方公里。資料需有 10%重疊。	獲得各區域的水深資料以與前期地形資料比對以求得侵淤變化。 提供于綜合分析以作為數值模型分析及進一步選址之參考
建議區域海床底質補充調查	重力式岩心採樣 (按需要補充補充地方岩心採樣)	沿 3 建議區域預設敷設路線廊道於水深 200、400、600 公尺處進行取樣共 9 處(含分析)	取得建議區域之海床地質資料
	圓錐貫入試驗(CPT)	建議區域 3 預設敷設路線廊道於水深 200、400、600 公尺處進行貫入試驗共 3 處(含分析)	取得海床沈積層的分層、分類以及力學參數，作為後續各區域海床邊坡穩定比較參考
海流觀測	1. 定點式 ADCP (可錨碇於海床或裝置於浮標) 2. 船攜式 ADCP 3. 船攜式 LADCP	1. 於建議區域 2 取水點位置裝置定點式 ADCP 觀測(1 處)整層的海流。垂直向分層至少達 20 層，觀測間隔 1 分鐘。觀測時間於颱風季(7 至 10 月)進行連續觀測至少 60 天。 2. 船攜式 ADCP 進行大範圍的海流測繪取得全區瞬時觀測資料，共觀測兩次。 3. 於建議區域 1、2、3 各選水深 300、450、600 公尺三處，共九站、進行 Lowered-ADCP 觀測整層海流，各觀測兩次。	1 獲得包含颱風期間的海流變化資訊，作為建議區域流場分析之重要依據。 2 以船攜式 ADCP 於預定佈管週邊海域進行大範圍的海流測繪，至少需涵蓋 3 建議區域，以獲得海流的空間分佈。進而搭配定點式 ADCP 觀測結果，研究海流的時空分佈特性。 3 以 LADCP 觀測，以確保深水處整層海流資訊。
底床營力及沉積物運搬現象監測	錨碇水下信標於海床並以船舶搭載換能器音鼓收集信標水下位置變化	水下信標 6 處，於 6 月至 10 月每月觀測一次，至少收集 5 次信標水下位置	在定期的觀測下，獲得水下信標位置變化，藉以了解海床表面上定常及不定常運搬現象的發生。
綜合分析	綜整資料		1. 本次補充調查與前期資料整理 2. 以本次調查之最新地形與海流資料進行流場分析 3. 比較各建議區域調查結果，標定對海管較危險區域，及可能發生之威脅

建議區域之各後續調查項目將詳述於下：

1. 地形調查

獲得各區域的水深資料以與前期地形資料比對以求得侵淤變化。並提供於綜合分析以作為進一步選址之參考，實測資料網格需達 IHO SP - 44(1a) 精度。此調查以多音束測深設備，於建議區域內(含括 1、2、3 區，如圖 4.2-2)執行調查作業，執行多音束測深機作業，直至水深 700 公尺處。

a. 調查範圍內應使用多音束測深設備（Multi-Beam Echo Sounder），探測海床地形起伏狀況。(除無法抗拒因素外，原則上水深探測依前調查最淺需至 10 公尺水深)。

b. 實際有效資料覆蓋率需達 100%，且船隻回轉時所測得之資料不得作為計算成果之資料，亦不納入前開有效資料覆蓋率計算。

c. 相鄰兩條多音束帶寬（Swath）面積之重疊（Overlap）至少需 10%以上。

d. 調查範圍內須進行交錯檢測線:

交錯檢核線長度至少應為主測線的 5%以上，並均勻分佈於測區；交錯檢核線之測線間距不可超過主測線間距的 20 倍；交錯檢核線與主測線之交錯角度介於 60~90 度之間；且所有測線至少與檢測線交錯 1 次。

e. 水深測量的海水聲速校正至少必須每 6 小時或氣溫變化較大時校正多音束測深儀的觀測資料之聲速。

f. 平面及高程(深度)精度需達 IHO SP - 44 之一等精度規範（1a Order）。

g. 調查成果之數值地形網格至少需為 5m × 5m 解析度。

h. 建議地形調查位置如圖 4.2-2，調查面積約 17.5 平方公里，預計海上作業工期於海況允許下約 10 天。

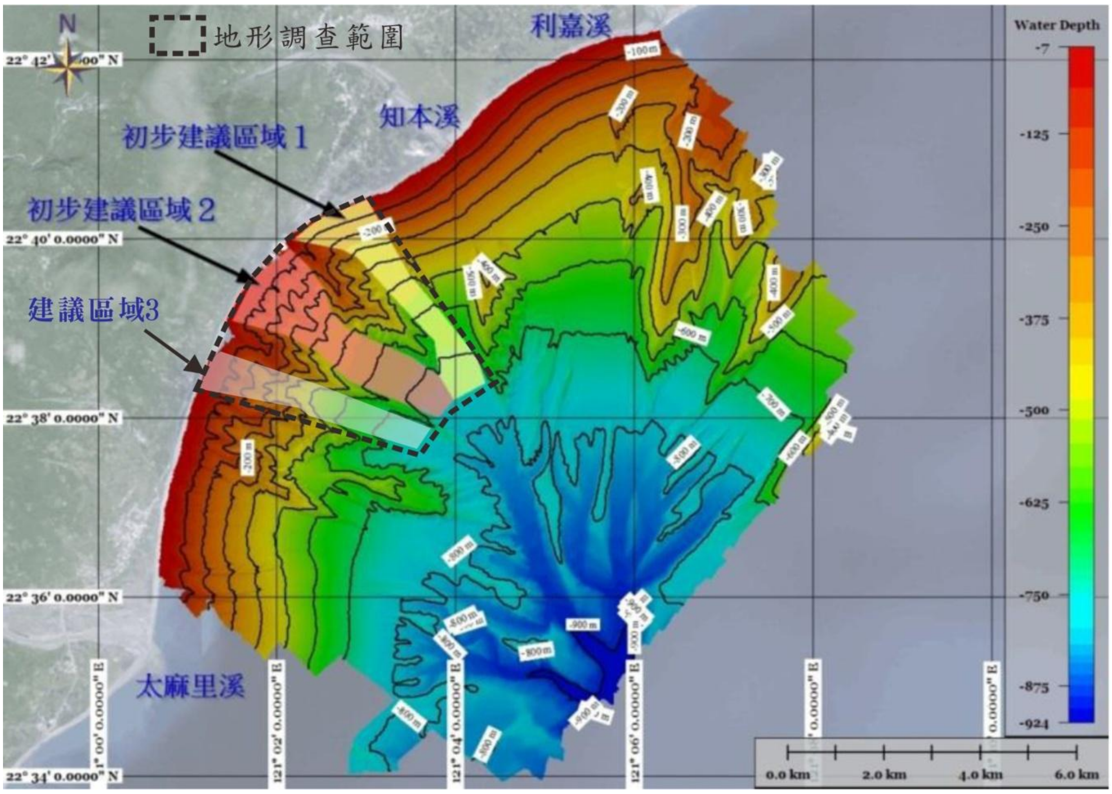


圖 4.2-2 建議地形調查位置圖

2. 海床底質補充調查

海床底質調查在前期已進行建議區域 1、2 之研究，但並未採到完整序列土樣資料，故本計畫建議再次採樣，並新增建議區域 3 之底質調查(包含採樣及貫入試驗)。此項補充調查包含岩心取樣與圓錐貫入試驗(CPT)。前期調查於建議區域 1 與 2 之海床採樣使用重力式採樣，目的為取得較未為擾動之序列土樣資料，沉積狀態穩定時原則上沉積速率亦保持穩定，可觀察到細部的沉積構造及保存沉積相變化的漸變層位。短時間大量沉積物輸入的沉積事件發生時會伴隨顯著的侵蝕作用，並且於層位底部形成不整合面，可用以識別崩坍或侵蝕事件之沉積層位。CPT 試驗則可得到沉積物摩擦力之垂直向變化，因大量沉積物短時間內堆積會形成高含水量之鬆軟堆積層，該層位在 CPT 試驗中摩擦力會呈現相對低值，藉以和穩定堆積之層位區分。

故本次調查建議先使用重力式岩心採樣，若仍無法採到有效樣本，則於通報業主許可下，建議補充使用其他方式(如活塞式、震盪式)岩心採樣。將 3 個建議區域各取水深 200、400 與 600 公尺處共 9 點採

樣。另於建議區域 3 中選擇水深 200、400 與 600 公尺等具有代表性之處，同時施作 CPT 試驗。岩心採樣點位如圖 4.2-3，建議 CPT 補充調查位置如圖 4.2-4。預計工期於海況允許下約 10 天。

海床岩心採樣

沉積物在海床上沉降時會形成許多沉積構造，取樣與保存過程中未受到擾動的岩心在外觀上應可觀察到沉積構造以及沉積相變化，在鉛 210 試驗結果中應呈現淺部高值、深部低值的線性變化。

岩心離開海床後若未妥善靜置，經搖晃過後的沉積物會在管內混合後重新沉降，形成厚層無沉積構造的正粒級層或者均質層，在岩心嚴重保存不良的情況下會從管壁就觀察到岩心內有垂直向的沉積物流動痕跡。若以沉積物化學特性觀察沉積時間序列，在鉛 210 試驗中，擾動會將不同層位不同衰變程度的鉛 210 成分混合在一起，試驗結果無法呈現鉛 210 沿深度的活度變化。

a. 利用重力式岩心採樣器進行淺層沉積物採樣，岩心採樣管內需加上塑膠內套管降低管內摩擦力，塑膠內套管管口內應加裝金屬或塑膠製成的弧爪狀抓嘴，避免自海中回收採樣器時沉積物自管口流失。

b. 先以重力式岩心採樣器採樣，岩心長度若未達 1 公尺需於相同地點重新下放採樣器，同一地點至多採樣三次，若三次都未達 1 公尺，則經業主現場或以其他方式確認許可下，建議補充使用其他方式(如活塞式、震盪式)岩心採樣器採樣，並以四次採樣中最長之岩心為成果。

c. 回收之岩心自採樣器中取出後，應以海床方向朝上之姿態保持直立並固定在甲板上使其不致搖晃導致內部沉積構造損毀，並立即以油漆筆等不易磨損掉色且顏色鮮艷明顯之顏料於塑膠內套管上進行標記，將向海床處標記為頂部(T)，反之為底部(B)，並立刻以工整字體將採樣之航次、日期、岩心採樣點編號與岩心號次等重要資訊標記於內套管上。

d. 觀察岩心直立靜置之情形，待岩心頂部受擾動而懸浮之沉積物已悉數沉降不致影響岩心長度計算時，測量並加記岩心長度於內套管上。

e. 岩心頂部懸浮沉積物沉降完成後，需將海水仔細抽出避免再次擾動，並視情況於沉積物與內套管蓋間補充不致汙染樣本之填充物，防止搖晃造成的破壞。

f. 岩心試驗須包含下列各項：

(1) 岩心剖面反射攝影

用以觀察沉積物於自然光下呈現之顏色以及粒徑和沉積構造間之變化與關聯性，攝影後須同時進行岩心描述，紀錄岩心剖面呈現之沉積構造、顆粒大小變化、沉積材料顏色變化、其他非屬於顆粒沉積物之物質…等特徵沿深度之分布。

岩心描述中可初步觀察到沉積相的變化與沉積事件發生之位置，沉積事件指突發性的大量沉積物堆積或是侵蝕不連續面，通常代表強降雨增加河川輸出量及懸砂量，或是地震等造成海床不穩定的事件致使海床沉積物崩塌，並在沉積物運動路徑上造成侵蝕。沉積物的運動方式，受到重力驅動者統稱為重力流，通常在岩心中若觀察到淘選度差並包含粗顆粒的沉積物夾帶陸源生物碎屑，代表該事件層之物源來自於近岸區域的海床崩塌或河口高密度異重流，高密度異重流在運動過程中可能會形成濁流，辨認濁流沉積層之特徵為上粗下細之反粒級層，當中亦有可能包夾陸源生物碎屑，可做為重要辨識特徵。

規範：

拍攝之相片檔案解析度至少 600dpi，有效畫素 1630 萬，接圖處圖像不可有明顯不連續之誤差。岩心描述應具有紙本及電子檔。

(2) 岩心剖面薄片 X 光攝影

因岩心剖面沉積構造之變化無法以肉眼判釋全部資訊(如區域顆粒大小變化、區域含水量變化、沉積物密度…等)，因而需借助非破壞性方法對內部構造進行檢測。當 X 光通過沉積物時，路徑上的區域沉積物密度越大，則 X 光能量被削減的程度越大，該區域在 X 光照片中顏色越深；反之，若沉積物密度越小，則在照片中呈現的顏色越接近白色。一般穩定沉積狀態下，沉積物的密度越大表示組成的顆粒越小。

規範：

採樣之各站岩心皆需拍攝全長 X 光照片，需清楚呈現沉積構造之細節，並可供放大檢視。如岩心描述判斷沉積物顆粒組成過粗(主要組成粒徑>2mm)，因成像困難之故不需進行此項試驗。

(3) 沉積物雷射粒徑分析

雷射粒徑分析適用於直徑 17nm~2000μm (1.7e-5 mm ~ 2mm)之顆粒大小，儀器施測結束直接輸出粒徑譜等統計數據，方便綜觀樣本中的粒徑分布情形。

規範：

依據岩心描述，如沉積物樣本主要組成顆粒小於 2mm，應以雷射粒徑分析儀進行顆粒組成分析，若沉積物樣本主要為大於 2mm 之礫石顆粒，則應另以篩分析法進行試驗。

粒徑分析試驗方法依照美國地質調查所(U.S.G.S.)粒徑分析實驗手冊(USGS, 2000)之標準程序，數據檔案中應包含各深度樣本機率數值原始檔與各項統計參數之 Excel 檔案，並以岩心為單位將各樣本之粒徑中值繪製成摺線圖、砂泥比繪製成柱狀圖。

(4) 沉積物鉛-210 定年分析

懸浮顆粒在海洋環境中沉降時會吸附水體中具有放射性的鉛 210 同位素，當懸浮顆粒沉降並疊置於海床形成沉積層後，沿深度的放射性活度曲線於穩定沉積狀態下應呈現指數型遞減，可

應用於 100 年內的沉積物定年。

鉛 210 定年分析之結果可計算該處之沉積速率，用以推估事件發生年代，亦可配合粒徑分析之結果合併解釋事件層之深度位置與沉積模式。

規範：

依據岩心描述及粒徑分析判斷岩心狀況取適當位置及間距採樣並計算沉積速率，每分層至少採樣一次。若於岩心描述及粒徑分析中觀察到疑似濁流之細顆粒沉積層位，須以 1 公分為間距採集樣本進行試驗；若於岩心描述及粒徑分析中觀察到粗顆粒之濁流或異重流事件沉積物層位(主要組成粒徑>2mm)，則此層之上及下層位須採樣定年，計算沉積速率，並以適當之年代控制點配合計算所得之沉積速率推估該事件發生的年代。數據檔案應包含機器直接輸出之原始檔，以及鉛 210 活度沿深度之變化 Excel 彙整檔與視覺化之圖檔。如經由岩心描述及粒徑分析試驗後判斷整根岩心主要組成大部分為粗顆粒沉積物者，因鉛 210 吸附濃度過低之故不需進行此項試驗。

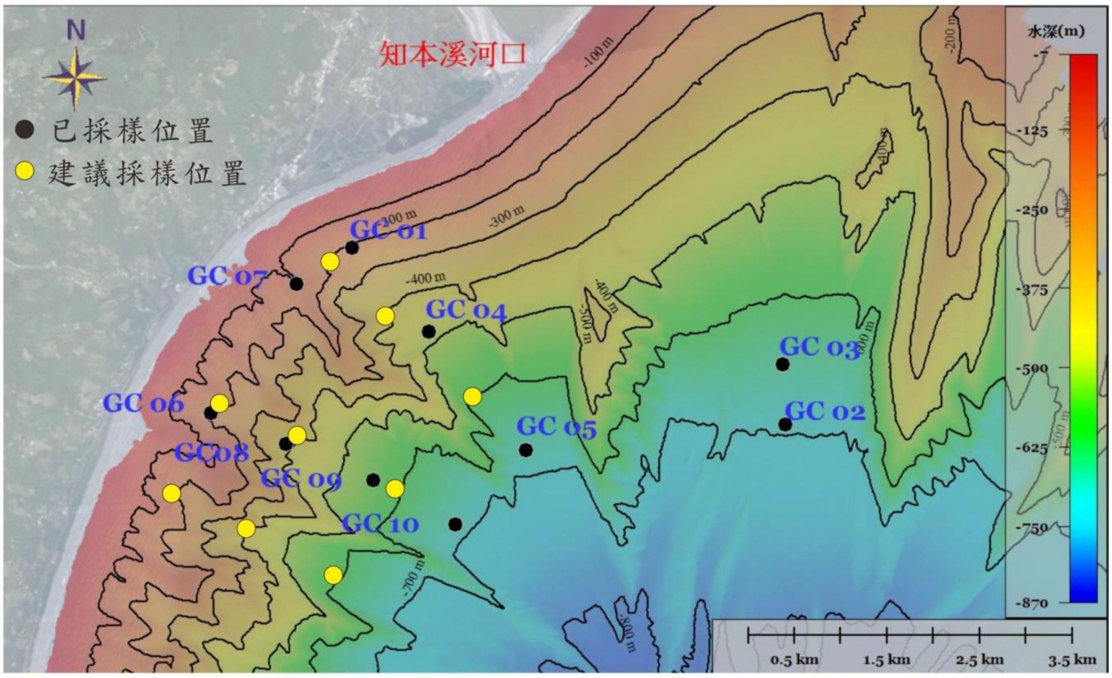


圖 4.2-3 建議海床底質調查位置圖

CPT 試驗

本試驗可參考 ASTM D3441-05 之標準辦理。

a. 「CPT 試驗」相關費用包含儀器、現場施作及數據分析等，以公尺計量，依實作數量計價。

b. 在未擾動地層情況下進行貫入試驗，貫入至儀器極限即停。若貫入深度未超過 3 公尺則於該點鄰近位置重新施作，每點至多施作三次，以最長貫入深度計價。

c. 本試驗須配合海域調查船隻施作。成果需包含錐頭阻力、摩擦阻力及孔隙水壓力等資料，分析連續之土層性質，並進行邊坡穩定分析。

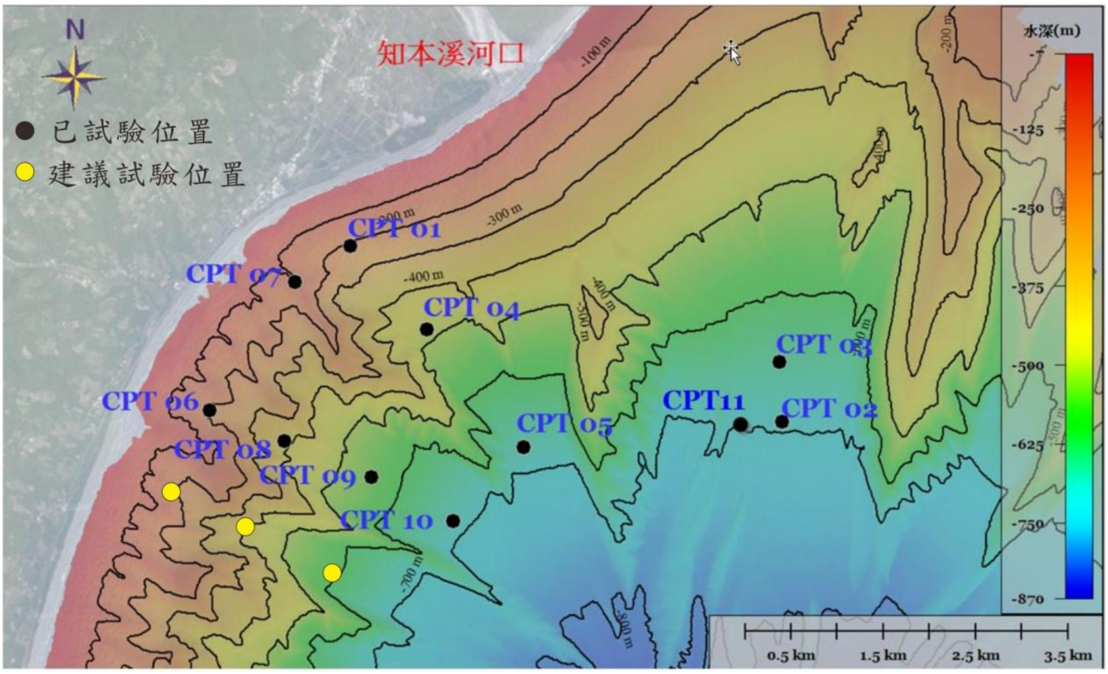


圖 4.2-4 建議 CPT 補充調查位置圖

3. 海流觀測

本計畫建議於可能佈管之建議區域，施作較長時間之流場觀測，以明瞭此區域定常與不定常之流場變化。此調查包含定點式 ADCP 與船攜式 ADCP 及 LADCP 的使用。

定點式海流觀測

取水頭是否能抵抗環境之影響而不被破壞，是取水管工程的成敗所在，而三個建議區域之取水頭位置相距在 2 公里以內，考量以最少經費作最有效利用，建議於建議區域 2 之取水頭位置進行定點式海流觀測，亦即在水深 600(±50)公尺處佈放一處定點式 ADCP 觀測整層的海流(如圖 4.2-5)。鑒於此海域於颱風期間，各河川攜帶大量泥砂進入海域，並造成異重流與土石流對海管產生威脅，將海流觀測時間訂為 7 月至 10 月颱風盛行季節進行密集的，連續 60 天之觀測，以捕捉到颱風對觀測區域影響之直接證據。此定點式 ADCP 不限錨碇式或浮標式，但建議垂直向觀測分層至少達 20 分層，且距海床面 40 公尺內至少達 5 分層，觀測間隔 1 分鐘。

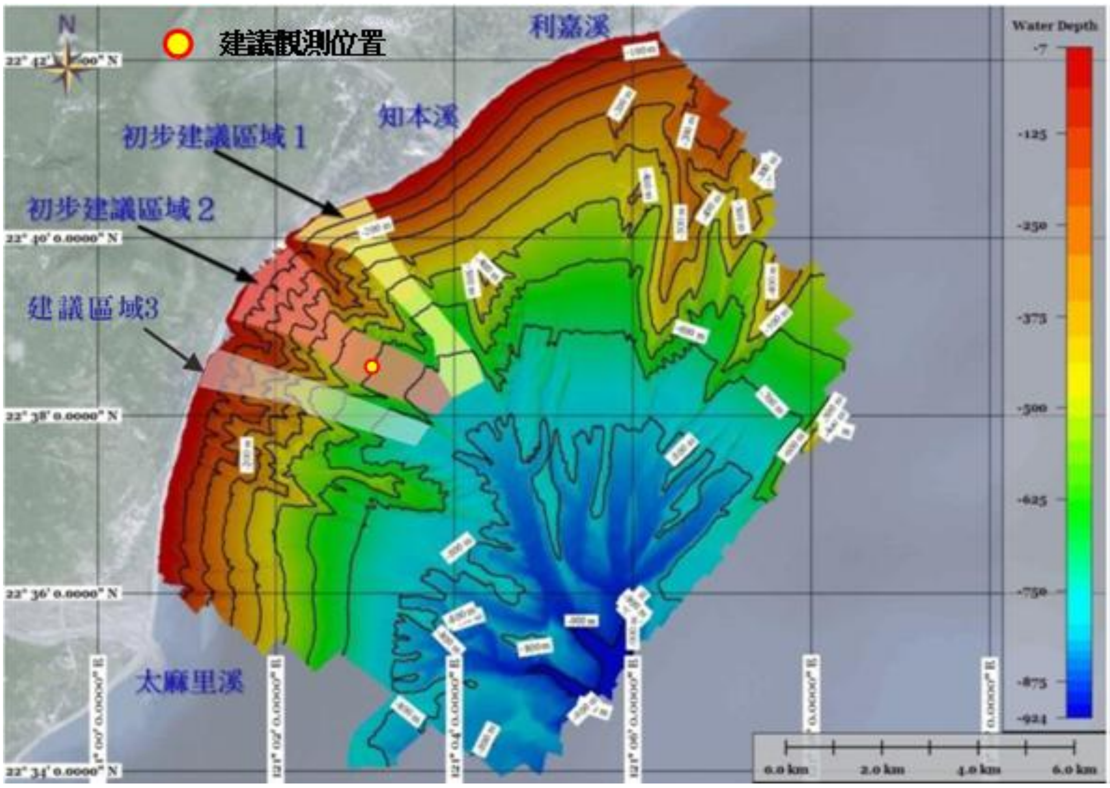


圖 4.2-5 建議定點式海流質調查位置圖

平面海流掃測

於定點式 ADCP 布放後/回收前(共 2 次)，使用船攜式 ADCP 掃測，在沿線收集即時船載式資料。掃測範圍如地形調查範圍，覆蓋建議區域 1、2 與 3(如圖 4.2-2)。每次掃測自離岸約 200 公尺處開始(水深約

50 公尺以上)，包括平行與垂直海岸線之掃測各一次，測線間距不大於 0.5 海浬(0.9km)。

整層海流觀測

下放式 Lowered-ADCP (LADCP) 則用於水深較深處,於建議區域 1、2、3 各選水深 300m、450m、600m 三處，共九站(如圖 4.2-6)，進行觀測近整層海流，各觀測兩次(於定點式 ADCP 布放/回收時施作，共 2 次)。

以上進行大範圍的海流測繪，目的為獲得海流的空間分佈，進而搭配錨碇式 ADCP 觀測結果，研究海流的時空分佈特性。考量海流觀測調查需要較長時間觀測，且有一定資料遺失風險，此工項工期預定約 6 個月。

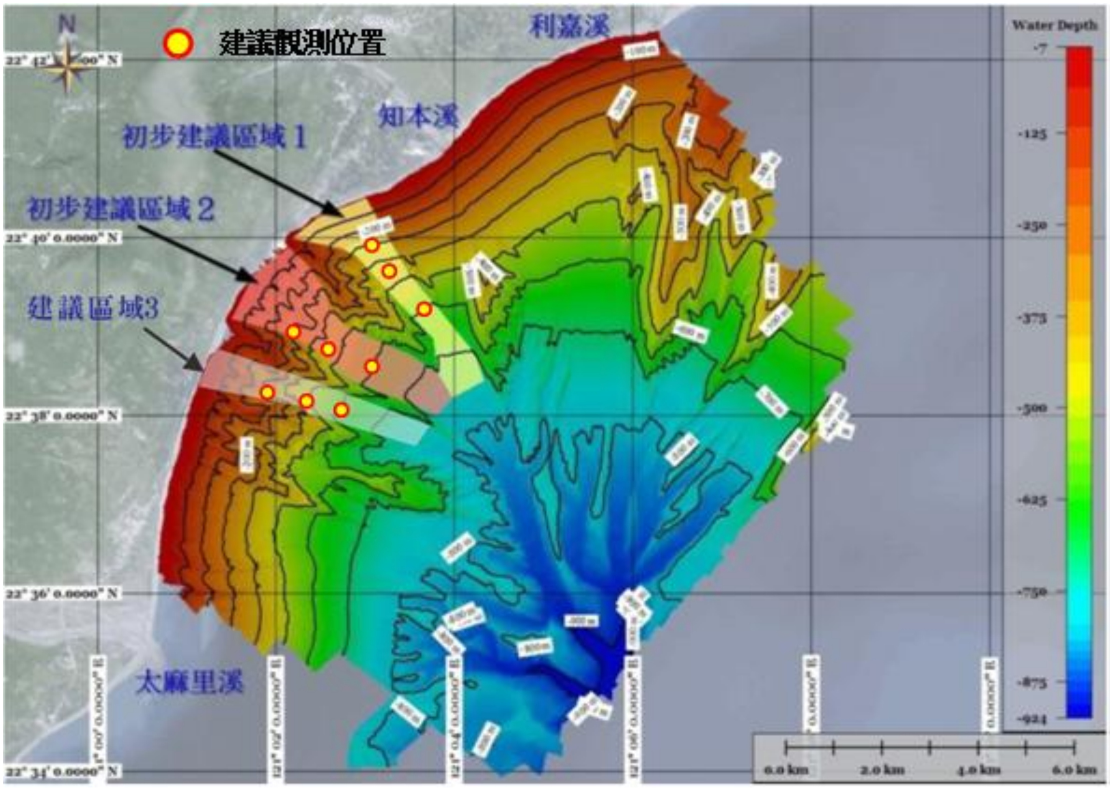


圖 4.2-6 建議 LADCP 海流質調查位置圖

4. 底床營力及沉積物運搬現象監測

利用錨碇水下信標於海床，在定期的觀測下，排除日常海流之影響，獲得水下信標位置變化，藉以了解海床表面上定常及不定常運搬

現象的發生。預定在3個建議區域安置(錨碇)水下信標各2處，分別位於水深400公尺與600公尺處，一共6處，如圖4.2-7。水下信標上端裝置信號發送器，定時或被動傳送信號至海面以供觀測船定位。由2.1.3節，前期於本研究區內水深300公尺距海床5公尺處觀測，流速均小於0.5公尺/秒，水下信標需以重量或其他形式錨定，且能抵抗0.5公尺/秒水流流速對水下信標產生之外力，其整體比重需接近海床組成比重，以防止因自重下沉而被掩埋。可配合流場觀測，於6月至10月間每月觀測一次，並以水平誤差10公尺以下，至少收集5次信標水下位置。每次觀測期間以船舶搭載設備，至各錨碇處共收集6處信標水下位置。此水下信標於觀測期間之位移量，甚或遭崩塌掩埋而失去信號，均有助於判斷水下異重流或推移質對監測位置處的影響。

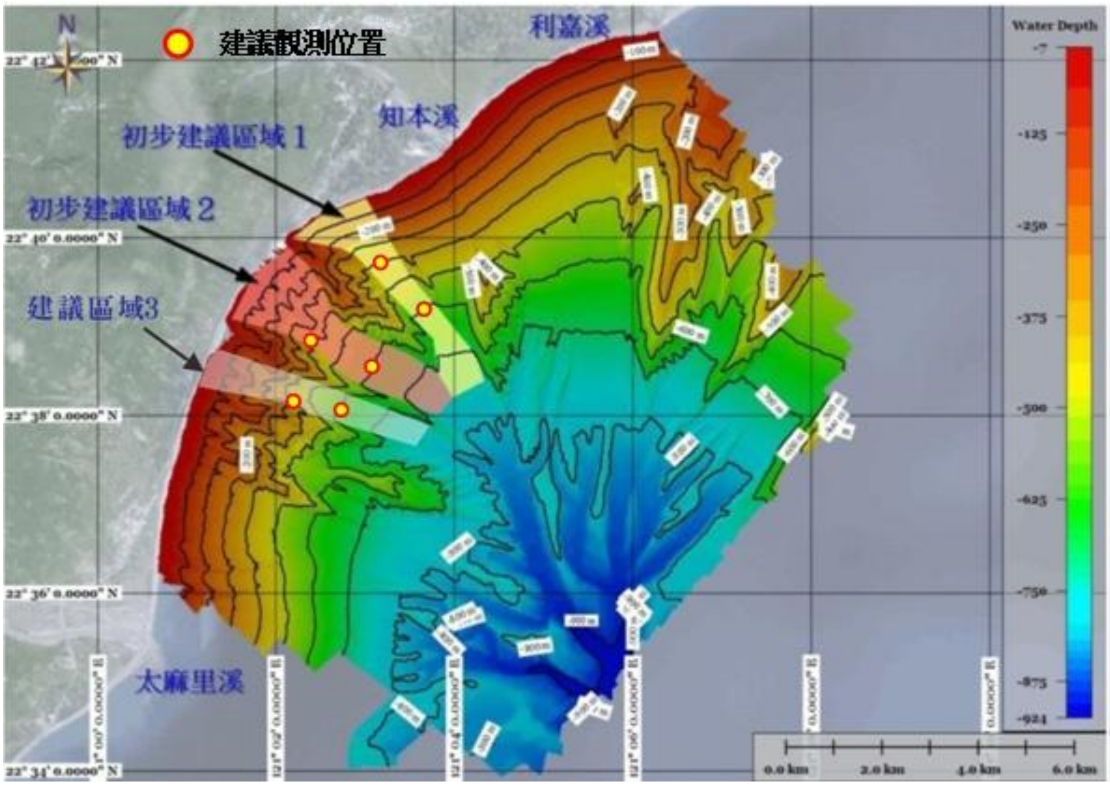


圖4.2-7 建議水下信標佈設位置圖

5.　綜合分析

將本次補充調查與前期調查的資料(包含地形、地貌、地質、及流場等資料)綜合整理分析。以本次調查之最新地形與海流觀測資料

進行流場分析，進一步比較各建議區域調查結果，標定對海管較危險區域，及可能發生之威脅(如內波、海底潛流、異重流、或土石崩落等) 。以此評估之結果提供於將來深層取水管計劃選擇較合適佈設取水管之區位以及設計與施作之參考。

1.本次補充調查與前期調查資料整理

2.以本次調查之最新地形與海流資料進行流場分析

3.比較各建議區域調查結果，標定對海管較危險區域，及可能發生之威脅。

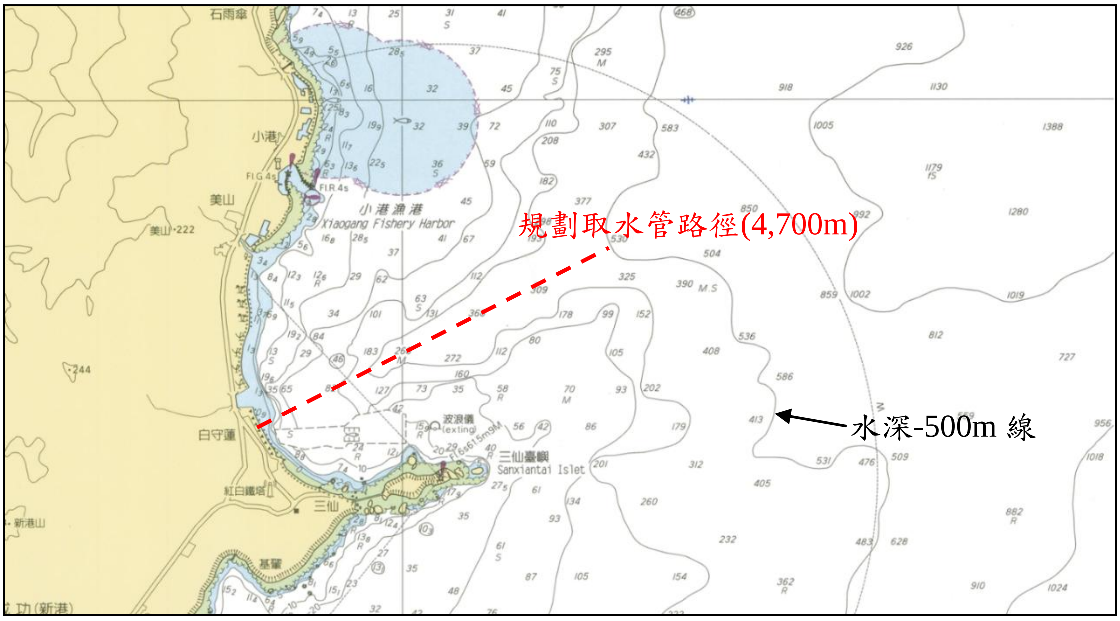
第五章 其他海域調查經濟可行性評估

5.1 其他海域規劃範圍

目前創研中心之海域環境資料顯示海床屬較不穩定之環境，佈設取水管後都遭到掩埋，因此為提升取水管的存活率，需從利嘉溪以南及太麻里溪以北外之台東海域，評估可能得以重新佈管取水的海域。根據 95 年海軍大氣海洋局所調查台東海域之海圖，將台東海域範圍由長濱至安朔溪進行初步評估，由海圖等深線及相關資訊顯示，台東海岸較為合適之取水區域由北至南包含白守蓮第二號圳近三仙台區域、近金樽漁港區域、近富岡漁港區域、利嘉溪以北至卑南溪以南區域及近太麻里溪區域，下列將針對於這五區域進行初步評估分析。

一、白守蓮第二號圳近三仙台區域

本區域範圍內目前無相關海域環境調查詳細資料，周圍僅有中央氣象局所佈設之成功浮球波浪站，針對本區域進行觀測(見表 2.1-2)，依現有資料初步評估若於此區域佈設取水管，為考量深層海水之需求達水深-500m 處，其海域取水管長度約為 4,700m，雖此區域腹地較廣大，周邊亦有三仙台之觀光景點，利於深層海水發展，但此區域海圖等深線顯示較為崎嶇且向岸邊集中，海岸地形應屬海底峽谷，且周圍有多處漁場表示容易受到漁船之影響不利施工，故不建議納入後續計畫取水區域範圍。

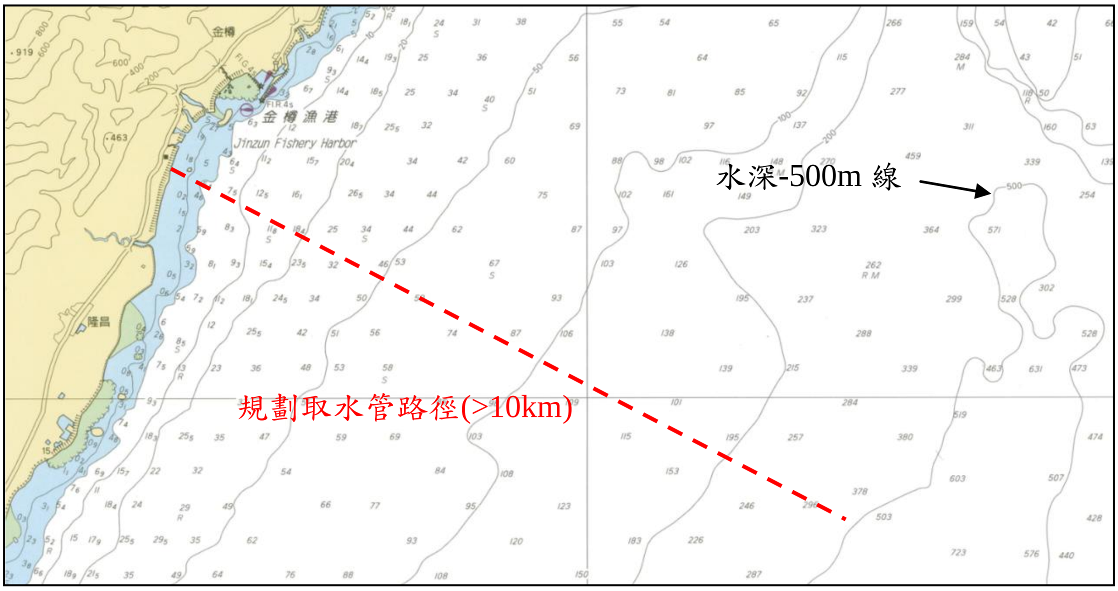


資料來源：海軍大氣海洋局，民國 95 年

圖 5.1-1 近三仙台區域範圍海圖

二、近金樽漁港區域

此區域範圍位於金樽漁港南方，同樣屬腹地較為廣大之處，周邊有觀光景點且屬衝浪勝地，易吸引人潮發展經濟，利於深層海水之發展，但此海域之等深線過於平緩，若考量需求達水深-500m 處，其海域取水管長度需長達 10 公里以上，經濟效益相對較低，故不建議將此區域納入後續計畫取水區域。

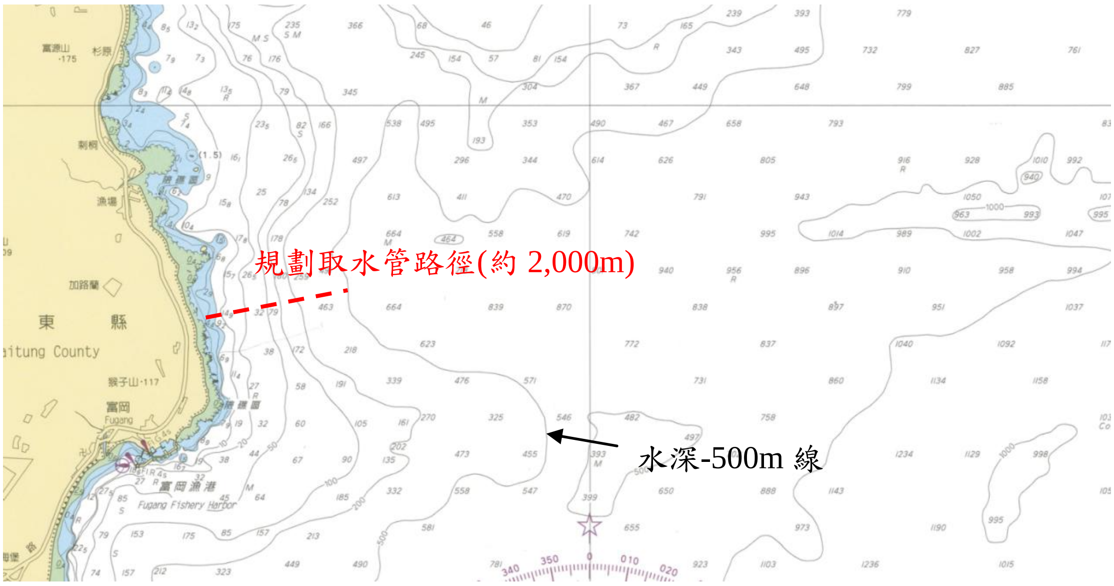


資料來源：海軍大氣海洋局，民國 95 年

圖 5.1-2 近金樽漁港區域範圍海圖

三、近富岡漁港區域

此區域位於富岡漁港北岸 1.5km 處，附近海域有富岡潮位站，其潮位資料可參見第二章，由此區域海圖顯示其達水深-500m 處海域取水管長度約為 2,000m，周圍等深線亦無崎嶇之情形，利於佈設取水管，但是此海岸周圍多顯示為險礁區不利於船隻進出，未來施工時需要細部考量，由於附近多處觀光景點聚集，有利於觀光經濟效益，初步評估可作為取水區域選項之一。



資料來源：海軍大氣海洋局，民國 95 年

圖 5.1-3 近富岡漁港區域範圍海圖

四、利嘉溪以北至卑南溪以南

此區域位於台東市海岸範圍內，其周邊海域環境相關資料較為豐富，就以目前所收集到的相關海域資料其綜整如下。

a. 河川水文

本範圍內主要河川由北至南為卑南溪、太平溪及利嘉溪，流系相對位置如圖 5.1-4，其中卑南溪屬中央管河川，其餘則屬縣管河川，參考 98 年 12 月「台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫」報告書內容，茲將各河川水文資料分別予以說明如下。

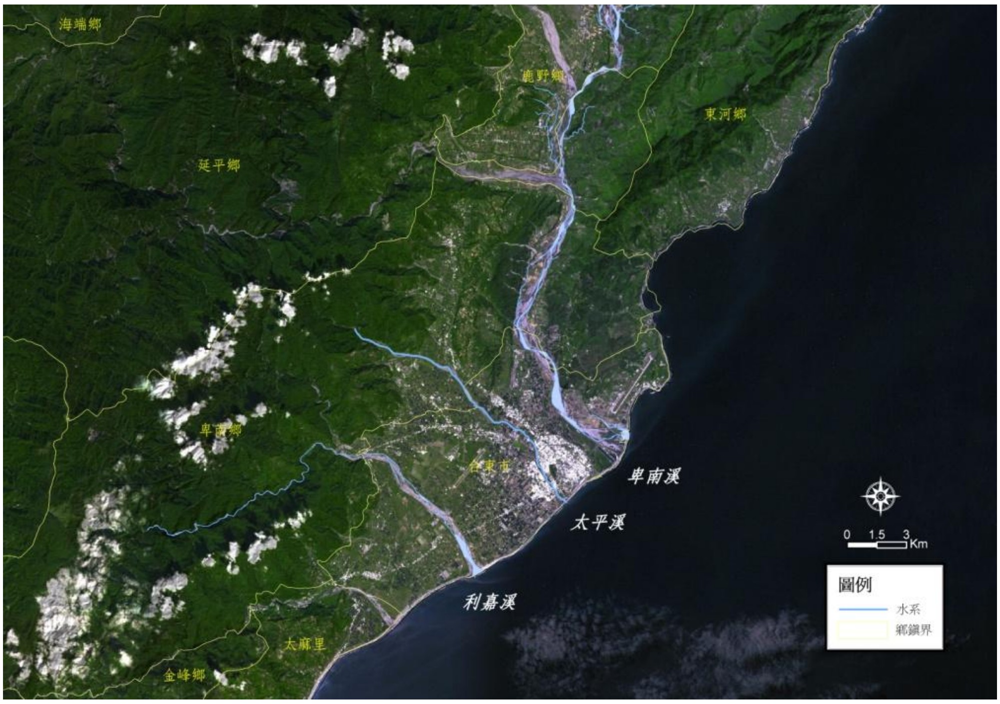


圖 5.1-4 利嘉溪以北至卑南溪以南水系圖

(一)卑南溪

卑南溪上游源於中央山脈卑南主峰，河川幹流全長約 84.35 km，為東部最長之河川，流域面積為 1603.21 km2，河川平均坡降為 1/165，計畫洪水量 17,400 cms。距卑南溪出海口之最近水文測站為台東大橋站，隸屬於水利署管轄，依台灣水文年報(2007)將台東大橋站所觀測之卑南溪流量資料，統計年分為 1941~2007 年結果整理如表 5.1-1，月平均流量為 94.81 CMS，三月為月平均流量最枯時期，平均流量為 18.10 CMS，九月為水量最豐時期，平均流量為 220.29 CMS。紀錄期間以 1973 年的娜拉颱風侵襲期間所造成的流量最大，日平均流量達 7120 CMS。

表 5.1-1 卑南溪(台東大橋站)流量統計表

月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
月平均	25.15	17.43	18.1	26.49	54.26	142.7	156.02	193.19	220.29	141.23	76.47	45.5

平均流量	最大年平均	最小年平均	最大瞬時流量	最大日平均	最小日平均
94.81	243.42 (1953)	24.99 (1942)	12800 (1973/10/09 12:00)	7120.00 (1973/10/09) 娜拉颱風	0 (2007/5/24)

資料來源：台灣水文年報，水利署，2007，(單位:CMS)

(二)太平溪

太平溪發源地為標高 1548 m 之中央山脈馬里山南側，向東南流經上太平、太平、灰窰子，於台東市東海運動公園附近注入太平洋。流經地區有台東縣卑南鄉及台東市，幹流長度 20.50 km，主要支流是太巴六九溪，流域面積為 8800 km^2，河川平均坡降為上游 1/30，下游則為 1/200，計畫洪水量為 1450 cms。

(三)利嘉溪

主流上游為烏爾托博哈溪，發源於標高 2,378 公尺之大埔山東側，幹流長度 37.80 公里，流域面積 174.70 km^2，河川平均坡降為 1/38，計畫洪水量為 2700 cms。另依水保局台東分局「加強坡面綠覆保水與區域性水土保育中長程方針規劃」報告(2008)，利嘉溪流域年平均流量為 158.86 cms，統計 10 年、25 年及 50 年復現期距流量分別為 2359.04 cms、2728.12 cms 及 2955.73 cms。

b. 漂砂影響

本規劃區域裡河川以卑南溪流量最大，其河口輸砂對海岸輸砂之影響也最大，依據「卑南溪治理規劃檢討報告(2005)」中利用蕭克力須(Schoklitsch)公式計算推移質及懸浮載之輸沙能力，卑南溪河口輸沙量為 3,079,245 萬 m^3/年，另外經濟部中央地質調查所「易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置-集水區侵蝕及堆積之調查與評估計畫」報告中，民國 96 年至 102 年間推估河口長期年平均輸砂量，利嘉溪為 60 萬 m^3/年，卑南溪約為 217 萬 m^3/年，且 98 年 12 月「台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫」報告中針對本區域範圍進行海岸漂沙特性模擬分析，其模擬成果搭配歷年實測海岸侵淤結果顯示，以太平溪出河口兩側海岸受卑南溪及利嘉溪輸砂供給較少，近馬亨亨排水呈現小規模逐漸向海成長趨勢，越往南近豐里排水淤積趨勢較不明顯，呈現侵淤互現，海岸地形變遷主要受海洋營力影響，若颱風較多，易呈現侵蝕現象。

c. 海洋營力影響

海洋營力主要來自波浪及海流，依據 98 年 12 月「台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫」報告中，分別於 2004~2006 年委託財團法人成大水利海洋研究發展基金會進行短期波浪監測及近岸流調查。

波浪統計分析資料見表 5.1-2 所示，測站位置圖如圖 5.1-5~圖 5.1-8 所示。於 2005 年夏季調查期間所觀測之泰利、娜比及卡努三次颱風最大波高及其對應資料，因三個颱風的行進路徑不同，所影響的範圍也不同。於泰利颱風期間，四個測站之最大示性波高為 3.57~4.75 公尺，相對應週期 8.7~14.2 秒，其中以太平溪河口北岸測站所測得之波高與週期為最大；於娜比颱風期間，各測站之最大示性波高為 3.02~4.19 公尺，相對應週期為 15.9~16.5 秒，以豐榮外海測站所測得之波高與週期為最大；於卡努颱風期間，各測站之最大示性波高為 1.37~1.62 公尺，相對應週期 11.5~ 12.7 秒，以太平溪河口北岸測站所測得之波高為最大、週期則以利嘉溪河口北岸測站所測得為最大。各測站主波向大都分佈在 SE~S 向的範圍內，也就是波浪入射方向大多在岸線法線±22.5°以內。至於於颱風時期，波浪直接由風域裡傳遞至近岸，且因計畫區海岸地形較陡，波浪折射現象較不明顯，所以波向分佈較廣，從 ENE~SSW 向皆有出現機率，斜向入射岸線的機率也大為提高。

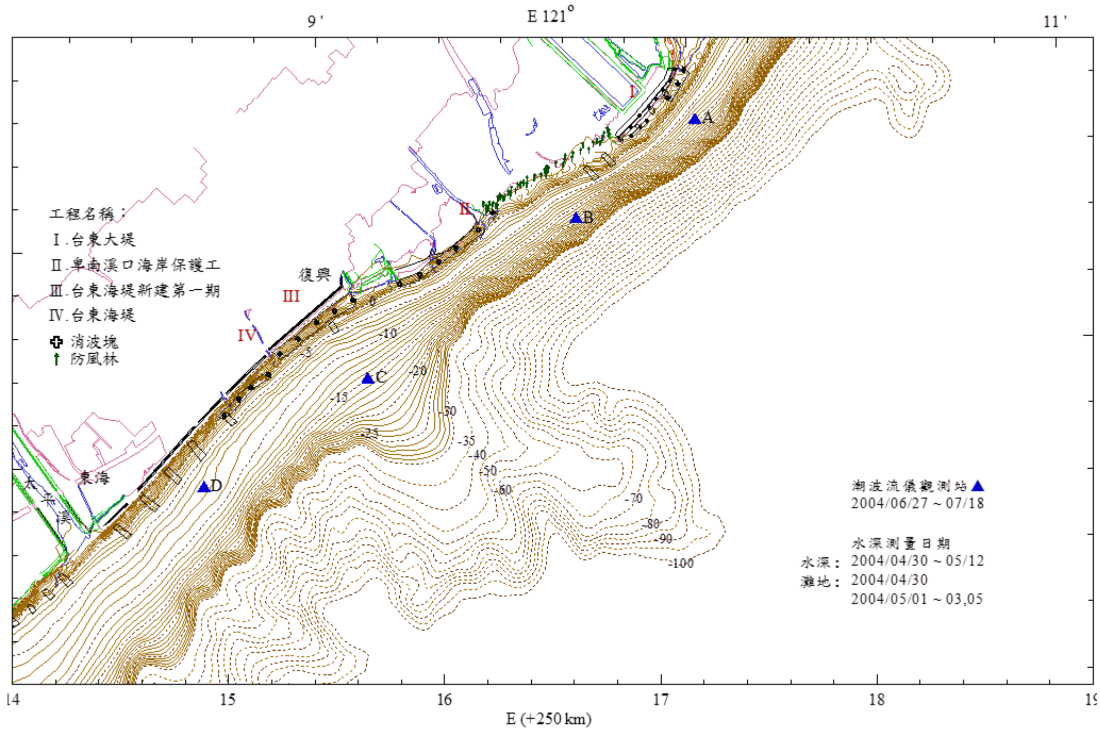


圖 5.1-5 太平溪至卑南溪波浪流測站位置圖(夏季)

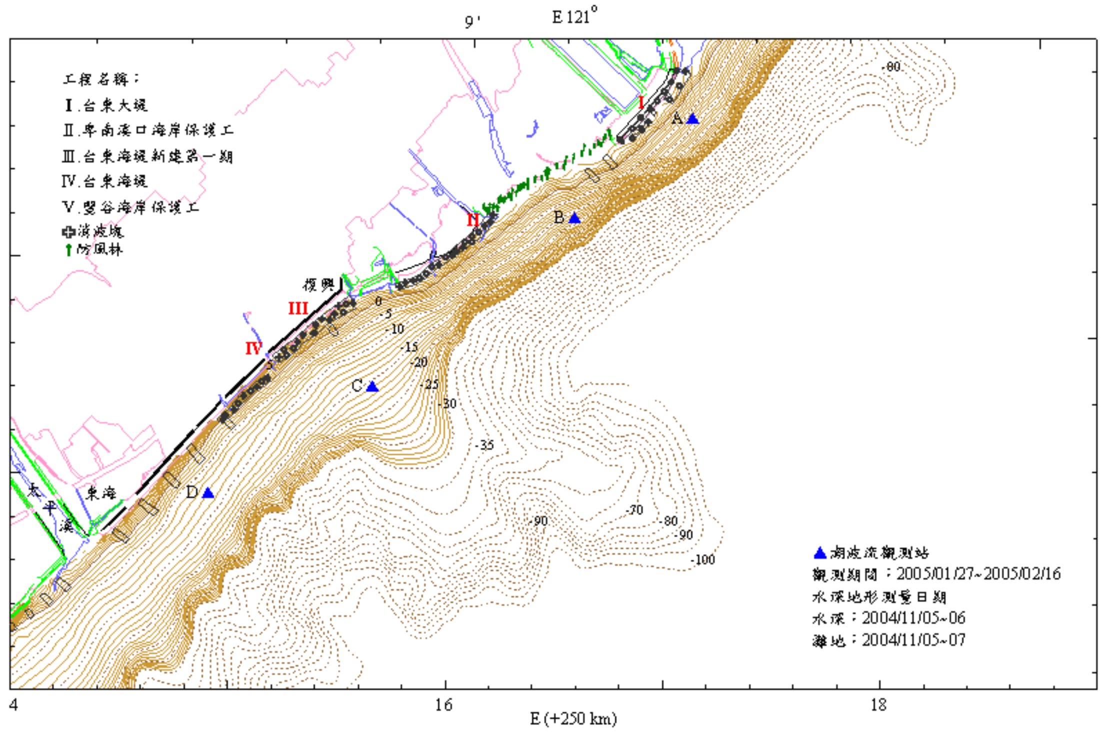


圖 5.1-6 太平溪至卑南溪波浪流測站位置圖(冬季)

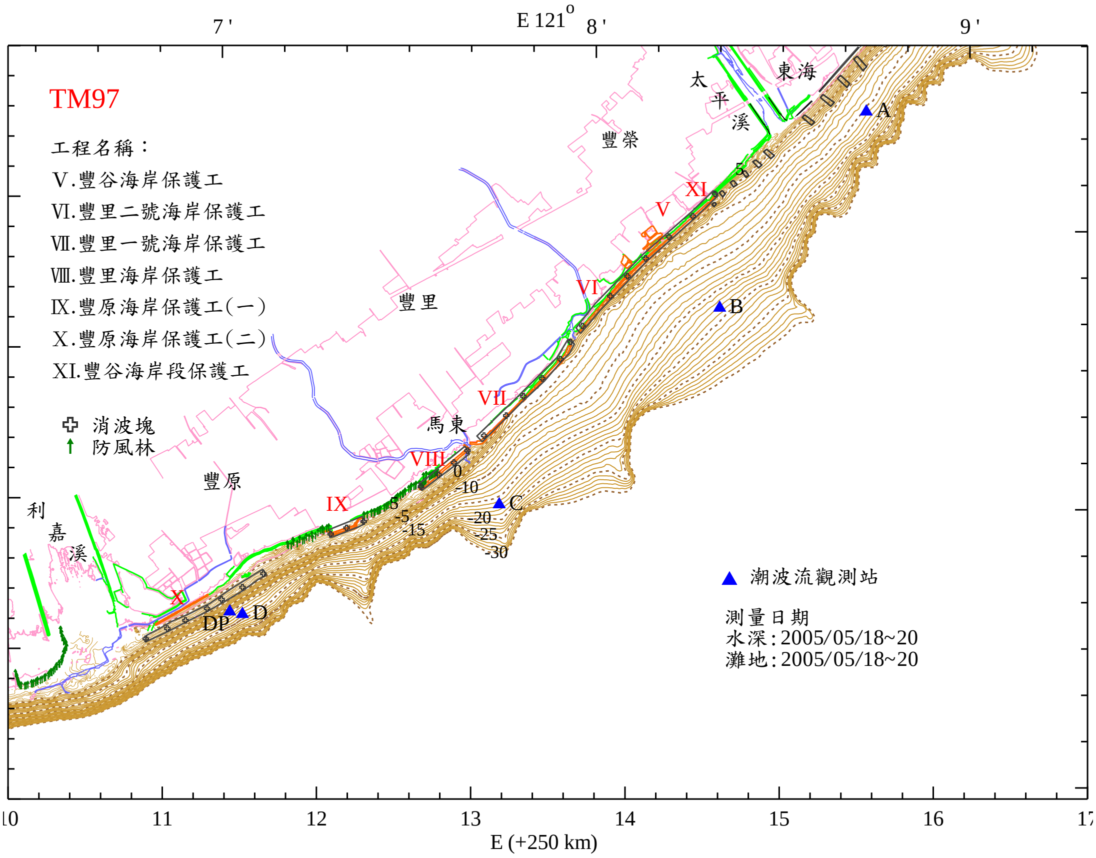


圖 5.1-7 利嘉溪至太平溪波浪流測站位置圖(夏季)

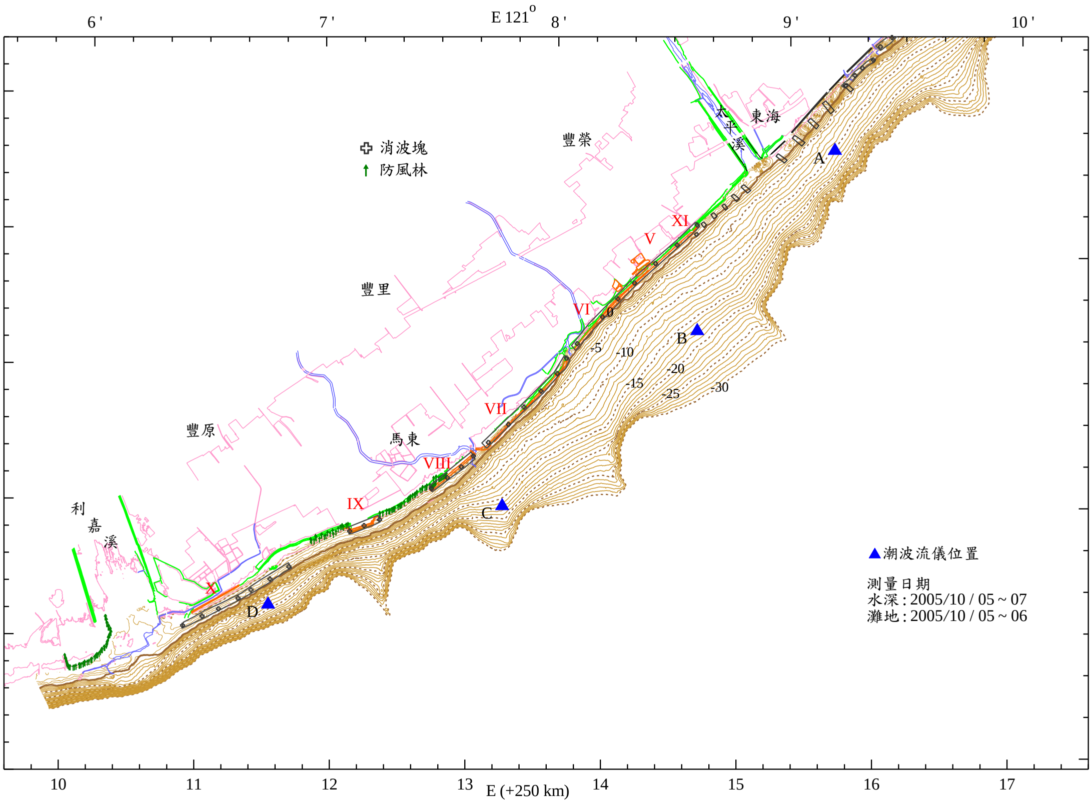


圖 5.1-8 利嘉溪至太平溪波浪流測站位置圖(冬季)

表 5.1-2 波浪相關研究資料比較表

研究單位	期間(年/月)	位置	座標	水深(m)	波高範圍(m)	週期範圍(sec)	主波向
財團法人成大水利海洋研究文教基金會	2004/06~2004/07	復興海側-C 站	E 265644.3 N 2516423.2	-13.3	0.25~9.69	6.5~14.8	SE
	2005/01~2005/02	台東大堤海側-A 站	E 267138.7 N2517633.0	-10.9	0.45~2.25	7.5~13.5	SE
		黑森林海側-B 站	E 266596.2 N 2517174.2	-14.4	0.40~1.90	7.5~13.5	SSE
		復興海側-C 站	E 265665.6 N 2516398.9	-18.4	0.45~2.25	8.5~14.5	SW
		太平溪北岸海側-D 站	**E 264910.8 N 2515908.6**	**-12.5**	**0.40~1.94**	**7.5~12.5**	**W**
	2005/08~2005/09	**太平溪河口北岸-A 站**	**E 265724.0 N 2514270.5**	**-10.1**	**0.25~4.76**	**6.0~18.0**	**S**
		豐榮外海-B 站	E 264746.0 N 2514270.5	-17.0	0.25~4.19	6.0~16.5	SSW
		馬東外海-C 站	E 263276.0 N 2512965.7	-16.0	0.25~4.29	7.5~18.0	W
		利嘉溪河口北岸-D 站	E 261563.0 N 2512237.5	-12.1	0.25~4.10	6.0~18.0	S
	2006/02~2006/03	**太平溪河口北岸-A 站**	**E 265729.8 N 2515774.1**	**-8.0**	**0.55~1.90**	**5.0~11.0**	**SE**
		豐榮外海-B 站	E 264713.8 N 2514244.6	-17.7	0.40~1.90	4.5~10.0	N
		馬東外海-C 站	E 263274.8 N 2512954.3	-13.4	0.50~3.00	4.5~11.0	SSW
		利嘉溪河口北岸-D 站	E 261547.4 N 2512228.9	-10.7	0.50~3.00	4.5~12.0	SSE

資料來源：台東海岸(富岡漁港至利嘉溪口)基本資料監測調查計畫(2006)經濟部水利署第八河川局

近岸流調查結果彙整如表 5.1-3，在夏季西南季風期間，於復興海側附近海域之主要流速分佈在 6~24cm/sec，主要流向依序為 SW、SSW 方向。於太平溪口北岸之主要流速分佈在 0~21cm/sec，主要流向依序為 WNW、ESE 方向；於豐榮海域之主要流速分佈在 7~28cm/sec，主要流向依序為 WNW、SSE 方向；於馬東外海之主要流速分佈在 9~36 cm/sec，主要流向依序為 SW、NE 方向；於利嘉溪口北側之主要流速分佈在 7~21cm/sec，主要流向依序為 WNW、ESE 方向。在冬季東北季風期間，於台東大堤海側附近海域之主要流速分佈在 6~24cm/sec，主要流向依序為 ENE、WSW 方向；於黑森林海側附近海域之主要流速分佈在 0~15cm/sec，主要流向依序為 ESE、E 方向；

於復興海側附近海域之主要流速分佈在 0~12cm/sec，主要流向依序為 NNW、SSE 方向。於太平溪口北側之主要流速分佈在 0~21cm/sec，主要流向依序為西 WSW、W 方向；於豐榮海域之主要流速分佈在 9~45 cm/sec，主要流向依序為西北西、西北方向；於馬東外海無主要流速分佈，主要流向依序為 SSE、NNW 方向；於利嘉溪口北側之主要流速分佈在 10~20cm/sec，主要流向依序為 ESE、WSW 方向。

表 5.1-3 流況調查相關研究資料比較表

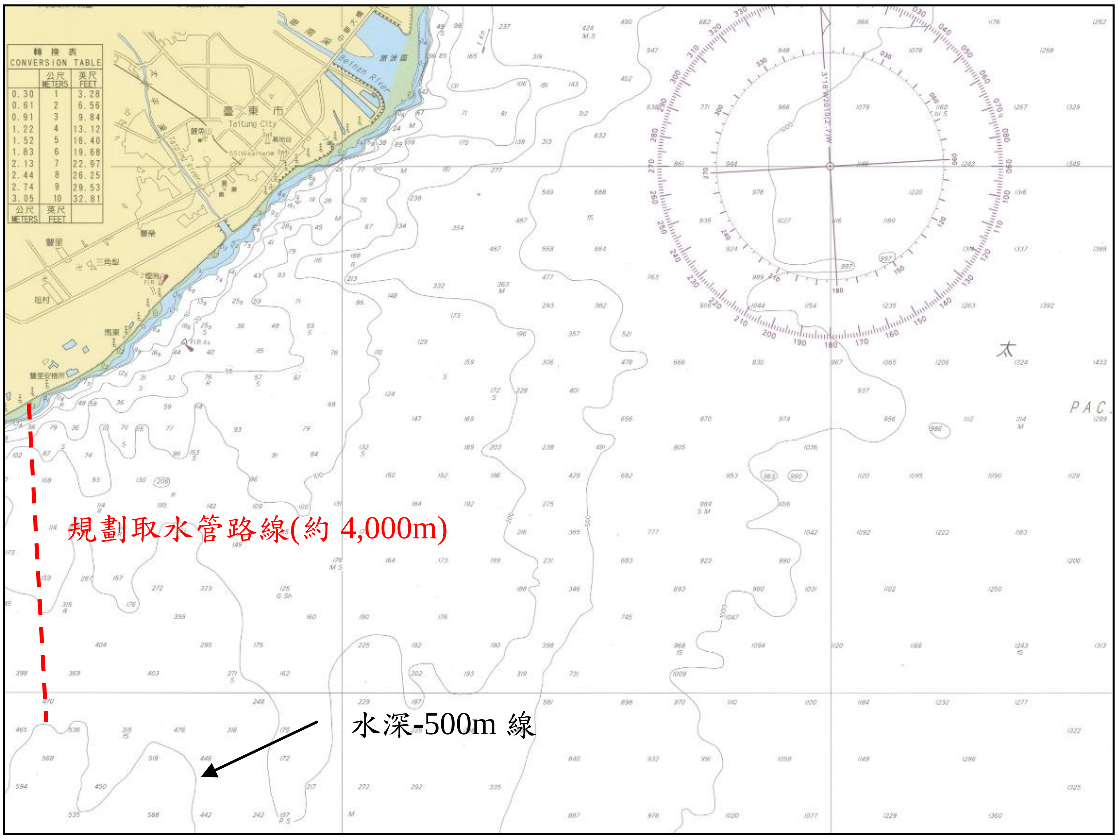
研究單位	期間(年/月)	位置	水深(m)	主要流速分佈(cm/sec)	流向	
					主要流向	次要流向
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會	2004/06~2004/07	復興海側-C 站	-13.3	6~24	SW	SSW
	2005/01~2005/02	台東大堤海側-A 站	-10.9	6~24	ENE	WSW
		黑森林海側-B 站	-14.4	0~15	ESE	E
		復興海側-C 站	-18.4	0~12	NNW	SSE
		太平溪北岸海側-D 站	**-12.5**	**---**	**---**	**---**
	2005/08~2005/09	**太平溪河口北岸-A 站**	**-10.1**	**0~21**	**WNW**	**ESE**
		豐榮外海-B 站	-17.0	7~28	WNW	SSE
		馬東外海-C 站	-16.0	9~36	SW	NE
		利嘉溪河口北岸-D 站	-12.1	7~21	WNW	ESE
	2006/02~2006/03	**太平溪河口北岸-A 站**	**-8.0**	**0~21**	**WSW**	**W**
		豐榮外海-B 站	-17.7	9~45	WNW	NW
		馬東外海-C 站	-13.4	---	SSE	NNW
		利嘉溪河口北岸-D 站	-10.7	10~20	ESE	E

資料來源：台東海岸(富岡漁港至利嘉溪口)基本資料監測調查計畫，2006，經濟部水利署第八河川局

由上述統計結果可知，利嘉溪以北至卑南溪以南區域近岸流強度不論在夏季、冬季季風時期，流速大多小於 1.03m/s，近岸流強度相對較弱，藉此可以研判主導計畫區漂沙應為流所造成，如向離岸或沿岸流等。鑒於本計畫現有取水管失敗案例，取水管等設施的設置應以穩定海床為佈放位置考量，若在海洋營力較大或輸砂量大的位置進行管線設置，則管線及取水頭可能隨著海床崩坍而發生挫曲或淤埋事件，

增加損壞或取水頭遭淤埋的風險，故選址時應盡量避免河口附近輸砂效應明顯以及海洋營力相對較大的區域，以降低取水設施損壞的風險。

利嘉溪以北區域近太平溪河口岸輸砂量較小，所受利嘉溪及卑南溪河口輸砂之影響也較小，以海流流速而言屬緩慢，僅於颱風期間致海流表層速度提高，此區域範圍內海圖顯示，為達水深-500m 處，其取水管長度約為 4,000 公尺左右，尚屬合宜，且此區域靠近創新研發中心，可考量採取以輸水陸管輸送或以水車方式運載降低經費成本，故建議此區域作為後續計畫取水區域。



資料來源：海軍大氣海洋局，民國 95 年

圖 5.1-9 近太平溪區域範圍海圖

五、近太麻里溪區域

此區域位於太麻里溪以南，將其周邊海域環境相關資料綜整如下。

a. 河川水文

本範圍內流系相對位置如圖 5.1-10，主要河川為縣管河川-太麻里溪，發源於北大武山(EL. 3091.9 m)，主流由西向東匯入太平洋，河川幹流全長 36.27 公里，流域面積 217.53 平方公里，主幹流平均坡降為 6.4 %，依水保局台東分局「加強坡面綠覆保水與區域性水土保育中長程方針規劃」報告(2008)，太麻里溪流域年平均流量為 149.86 cms，統計 5 年、10 年、25 年及 50 年復現期距流量分別為 2138.7 cms、2659.4 cms、3317.2 cms 及 3805 cms。

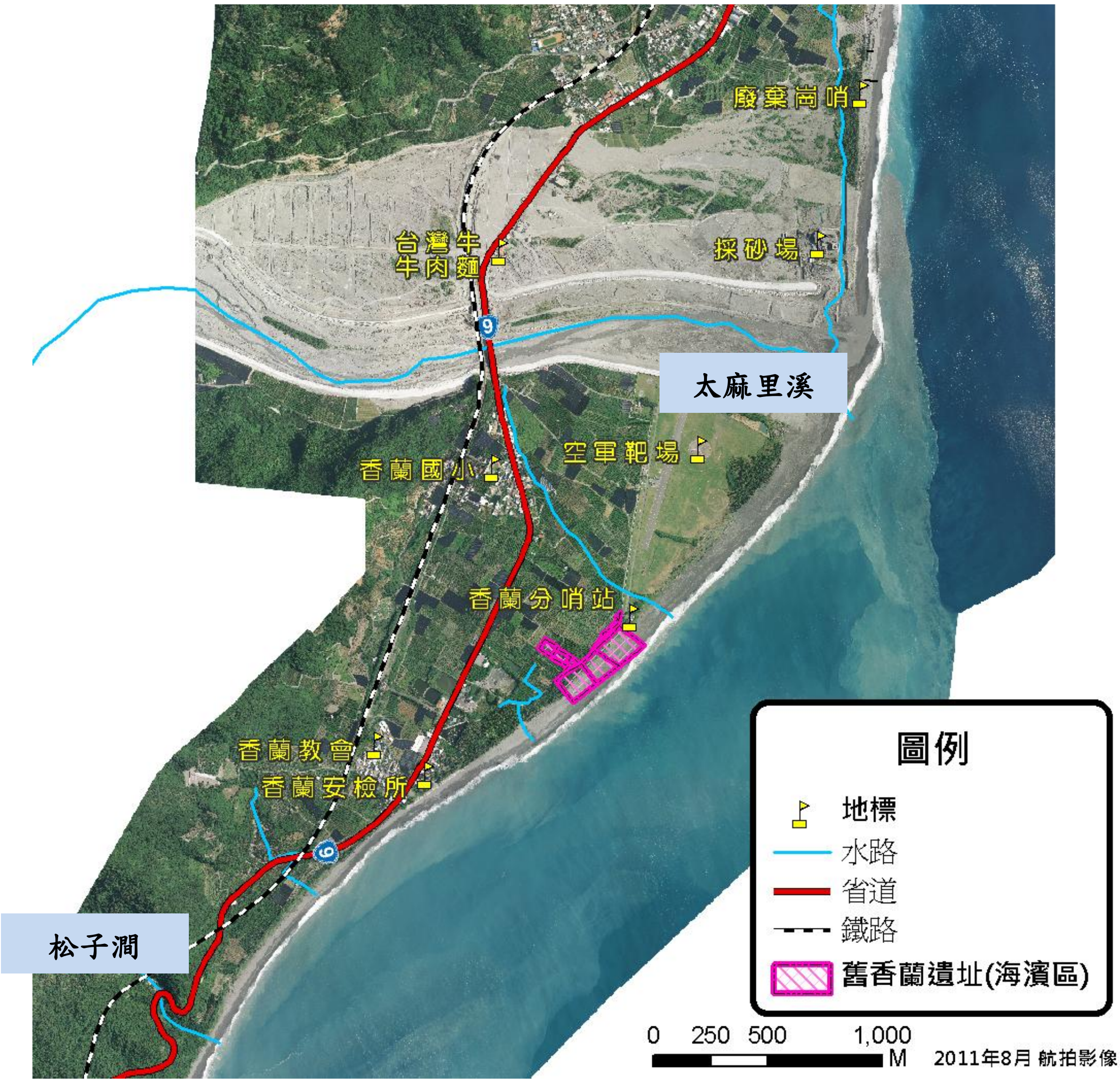


圖 5.1-10 太麻里溪以南至松子澗台九線 409K 水系圖

b. 漂砂影響

依據「易淹水地區水患治理計畫-第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃(莫拉克颱風後治理計畫檢討報告)」計畫(2009)推估，

計畫河段於莫拉克颱風後之平均年輸沙量約為 125 萬立方公尺，而莫拉克颱風前之平均年輸沙量約為 153 萬立方公尺，由此顯示，近年來因颱風改變太麻里流域整體地貌及河向後，也影響太麻里溪之河川輸沙量。根據「台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫(2010)」之調查成果中，其太麻里段(係指北太麻里橋以南至太麻里溪出海口以北範圍)及香蘭段(指太麻里溪出海口以南至松子澗台九線 409k 範圍)海岸沿岸流終年以沿岸向南流，其漂沙優勢方向亦為沿岸南流方向。由海岸輸沙潛勢模擬成果可知：

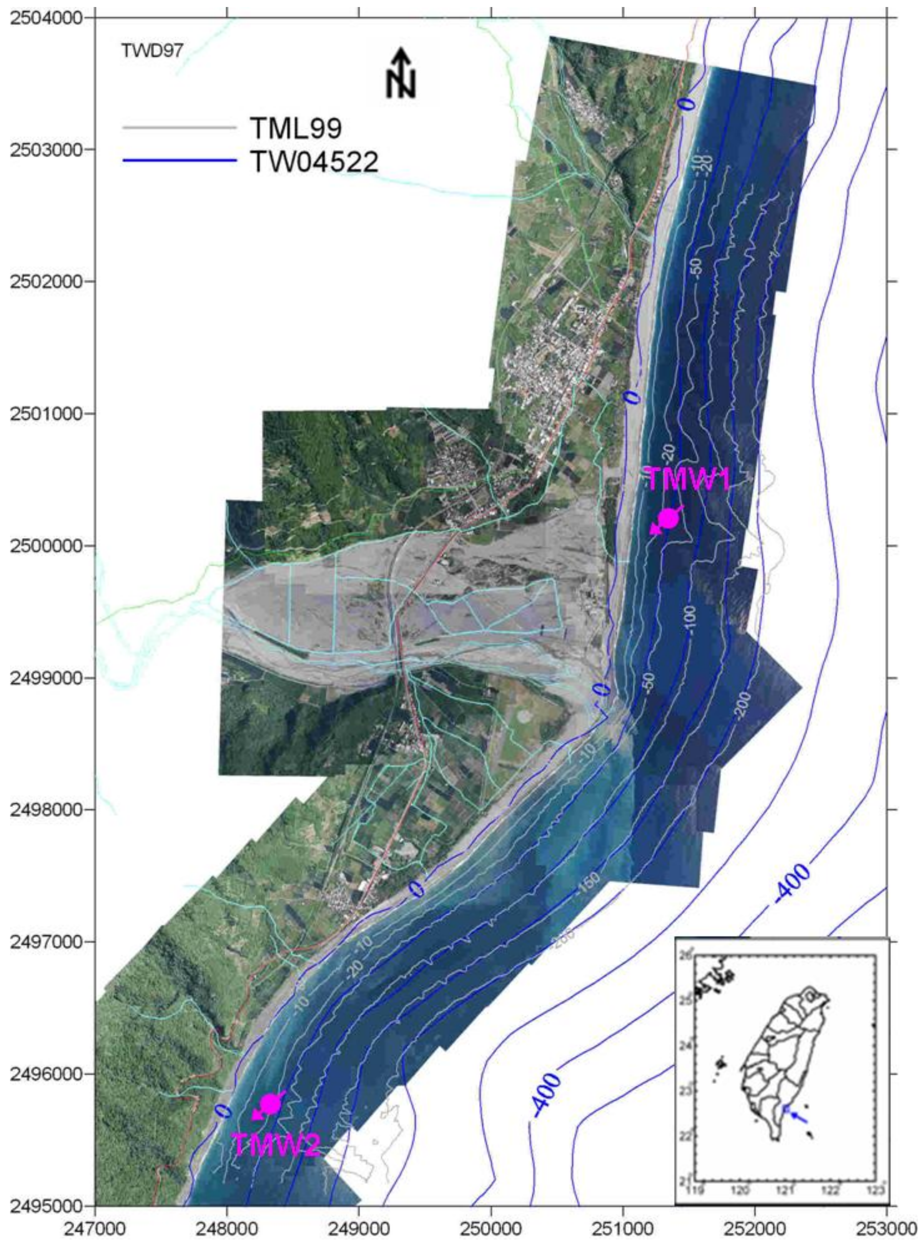
(一)冬、夏季風時期：整體輸沙方向隨沿岸流移動向南傳輸。

(二)河口至香蘭分隊哨段海岸由於河口輸沙向南，呈現明顯淤積趨勢。但因地形突出，近岸波浪較大，故在颱風大浪期間容易造成短期砂灘侵蝕現象。

(三)於香蘭安檢所海岸因河口地形遮蔽，沿岸所受波浪營力較小，但因河口輸沙傳遞至此處之粒徑較細，易被波浪帶走，此段海岸輸沙趨勢呈侵淤互現。

c. 海洋營力影響

海洋營力主要來自波浪及海流，依據「台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫(2010)」調查太麻里溪北岸及南岸之波浪資料，施測位置(見圖 5.1-11)包含 TMW1 及 TMW2 兩處測站，兩側站平均水深分別為 20.5 公尺(TMW1)及 15.2 公尺(TMW2)，TMW1 施測得之波浪平均示性波高為 0.62 公尺，分佈範圍以 0~1 公尺佔 84%，週期為 6~8 秒佔 84%，最大示性波高為 1.99 公尺，TMW2 之波浪平均波高 1.07 公尺，週期為 6~8 秒佔 55%，TMW2 測得最大示性波高為 3.33 公尺。兩站之主波向東南東與次要波向東，合計 TMW1 兩方向共佔 69%、TMW2 佔 75%。



資料來源：台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫(2012)-經濟部水利署第八河川局

圖 5.1-11 太麻里溪北岸及南岸 TMW1 及 TMW2 測站位置圖

表 5.1-4 計畫區波浪平均值統計

測站	施測期間	平均水深(m)	平均示性波高(m)	平均零上切週期(s)	主要波向	資料數
TMW1	2010/07/27~ 2010/08/20	20.5	0.62	7.2	ESE	515
TMW2	2011/07/14~ 2011/08/11	15.2	1.07	8.0	ESE	671

表 5.1-5 計畫區波浪分布範圍統計

測站	施測期間	主波高	次要波高	主週期	次要週期	主要波向	次要波向
TMW1	2010/07/27~ 2010/08/20	0.0~0.5m (55.1%)	0.5~1.0m (28.7%)	7.0~8.0s (55.5%)	6.0~7.0s (28.7%)	ESE (37.5%)	E (31.3%)
TMW2	2011/07/14~ 2011/08/11	0.5~1.0m (40.4%)	1.0~1.5m (29.4%)	7.0~8.0s (30.8%)	6.0~7.0s (24.6%)	ESE (52.5%)	E (22.8%)

表 5.1-6 計畫區波浪極值統計

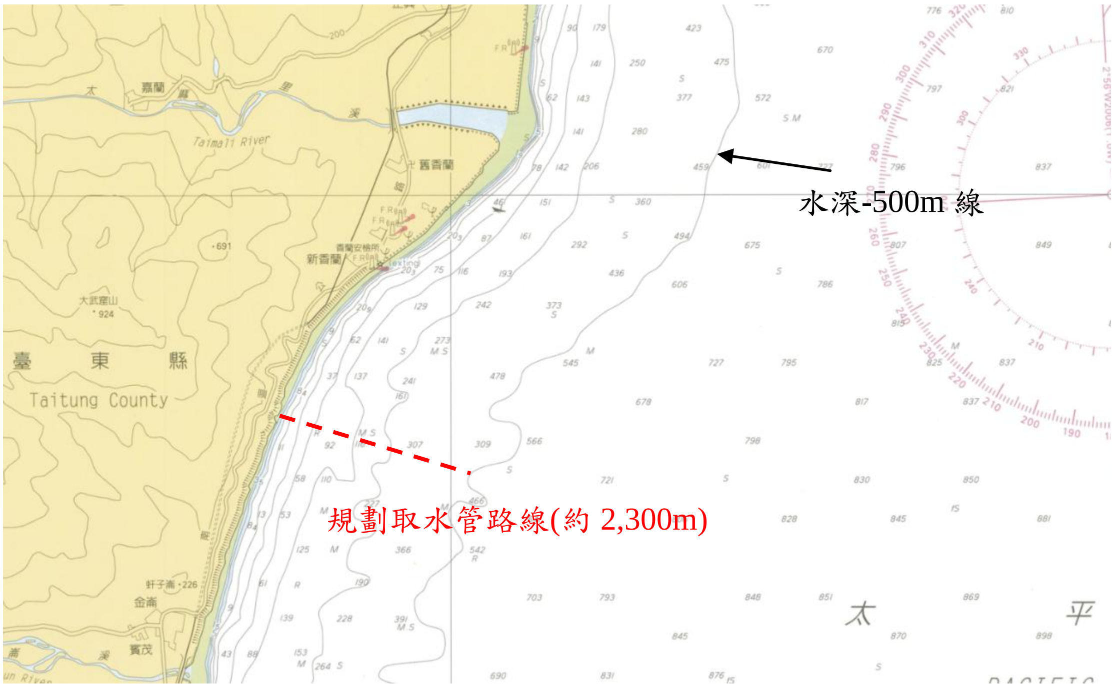
測站	施測期間	最大示性波高(m)	對應尖峰週期(s)	對應波向	測得時間
TMW1	2010/07/27~ 2010/08/20	1.99	8.7	E	8 月 7 日
TMW2	2011/07/14~ 2011/08/11	3.33	14.1	E	8 月 5 日

本區域海流資料兩側站調查結果顯示，流速分量以南-北向流速振幅最大、東-西向次之、上-下分量最弱，南-北向流速分量與東-西向流速分量之位相相差約 0°，亦即海域測站之流動主軸為北北東-南南西，大致上與測站所在海域之地形等深線走向一致。海流統計方面，兩次測量水深方向平均後之海流流速、流向機率與聯合機率分佈，TMW1 主要流速 37.5~50.0 cm/sec，發生機率為 20.0%，主要流向為南南西，發生機率為 63.5%；TMW2 主要流速 0~12.5 cm/sec，發生機率為 33.8%，主要流向為南南西，發生機率為 25.7%，整理施測期間水深平均海潮流流速流向統計結果如表 5.1-7 以茲參考。

表 5.1-7 水深平均海潮流流速流向統計

測站	日期	主要流速 (cm/s)	次要流速 (cm/s)	主要 流向	次要 流向	淨流流速 (cm/s)	對應 流向	最大 流速 (cm/s)	對應 流向
TMW1	2010/07/27~ 2010/08/21	37.5~50.0 (20.0%)	25.0~37.5 (17.3%)	SSW (63.5%)	S (18.6%)	35.19	SSW	129.3	S
TMW2	2011/07/14~ 2011/08/11	0.0~12.5 (33.8%)	12.5~25.0 (29.9%)	SSW (25.7%)	NNE (23.1%)	2.32	NE	122.6	NNE

太麻里溪以南海岸沿岸流終年以沿岸向南流其漂沙優勢方向亦為沿岸南流方向，易受到河口輸砂之影響，以海流流速屬緩慢，僅於颱風期間致海流表層速度提高。此區域海圖顯示平順且達水深-500m距離約為 2,300 m 左右，適合佈設取水管，為避免受到河口輸砂影響，建議可考量以近松子澗周邊區域作為後續計畫取水區域。



資料來源：海軍大氣海洋局，民國 95 年

圖 5.1-12 近太麻里溪區域範圍海圖

5.2 輸水陸管規劃方案

計畫由其他海域取水作為長期供應用水，既有廠區所需對應配合的選項，包含遷廠或是以陸上管線將水輸送至既有廠區兩種選擇，若考慮以遷廠做為選項，則新廠大範圍土地取得、既有機具設施遷移、廠房重建費用及所需時間、周邊交通設施配合、既有廠區處理等各項問題複雜且花費龐大，建議應優先考量以陸上管線輸送海水至既有廠區作為選項。前節所述利嘉溪以北近太平溪口海域相對靠近創新研發中心，建議此區域作為輸水陸管規劃案例。選定利嘉溪以北近太平溪口海域作為新取水海域，除了重新建構取水管線系統外，海水引至陸上取水塔後，須以分段加壓方式將海水經陸管運送至創新研發中心作為使用，其路線規劃、環境、工法、經費及風險評估等條件須分析並綜合各項影響因素，進行可行性評估。

5.2.1 規劃方案構想

建議規劃範圍以利嘉溪以北區域近太平溪河口，並避開出河口處區域，本報告以**台東市豐谷南路**及**東51線**周圍腹地建置陸上取水塔，作為初步規劃經濟可行性評估方案之基準。依據 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程」成果報書中，其創新研發中心之用水需求分為建築物空調示範系統、溫控農業溫室系統、溫控藻類養殖系統及其他產業加值利用研發需求等，最大每日需水與取水規模約為 12,000 CMD 見圖 5.2.1-1 及表 5.2.1-1。

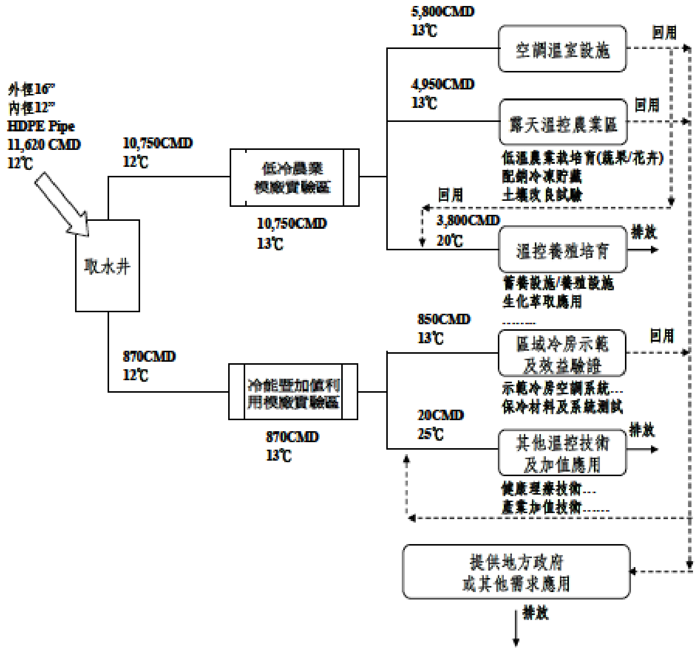


圖 5.2.1-1 創新研發中心用水平衡示意圖

表 5.2.1-1 各項用水需求推估

項目	需求水量(CMD)	聯合回用
A.空調示範需求	850	可
B.溫控溫室需求	5,800	可
C.溫控藻類養殖需求	3,800 (由前項回流供應)	否
D.其他溫控農業區域需求	4,950	可
E.其他產業用實驗需求	20	否
合計	11,620	

參考「台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境基本資料調

查計畫」水質分析成果顯示，本區域之海域環境考量周邊水質特性，需取用水深 300~500 公尺處可滿足需求，但海水中各類營養鹽含量需求並未考慮在內，建議仍應針對用水需求之水質特性詳細評估，方能確切制定取水深度及用水量，目前為進行初步經濟可行性評估，以規劃輸送陸管及海管兩方面為主，由於海管方面與原海域取水管之佈設方式大致相同，本計畫亦針對未來佈設管線進行海域工法分析評估，其需求評估、路線規劃、佈管工法及施工可行性等相關資料將於第六章節介紹，故本節將針對輸送陸管方面進行經濟可行性評估。

一、輸水陸管初步研擬路線

輸水陸管選線原則採優先於公有土地設置管路，省去私有土地徵收與地上、下物補償經費及辦理徵收所需之行政作業，縮短施工工期，其規劃路線構想見圖 5.2.1-2，陸上取水塔設置於豐谷南路及東 51 線周圍腹地，輸水陸管由豐谷南路向西北轉入台 11 線道路，沿著台 11 線道路往西南方向前進，經豐原大橋後持續沿台 11 線橫跨知本行政區，接著持續前進並於新知本橋後向東轉至知本溪南岸，行經台 11 線路段總長約為 10.8km，而後沿知本溪南岸往出河口方向前進，輸送至深層海水創新研發中心，路線總長預估約為 13.2km。主要路線為台 11 線，其下方可能有自來水、電力、電信、瓦斯及軍屬等多重管線，且每日交通量依據交通部公路總局 103 年度統計資料顯示，新豐里橋至豐原大橋為 6,005 pcu，豐原大橋至知本為 9,388 pcu，施工方式可能為推進工法或明挖覆蓋工法兩者之一，後續將對此兩種工法之優缺點進行分析。

圖 5.2.1-2 初步規劃輸水陸管路線圖

二、輸水陸管管材選擇

在管材設計上因需將深層海水輸送至創新研發中心，距離長達13.2km，輸送水壓明顯不足，應分段設置揚水站提升輸送水壓；欲保持深層海水取用時之水溫，管線保溫亦為考量因素之一；除輸水管線之管內水壓及保溫方式，下列特殊情況應予以考慮：

1. 管節之間銜接方式是否適當，有無滲漏疑慮，水密性是否良好，如有滲漏問題發生時是否便於維修處理。
2. 管線埋設安裝費用與使用年限相互考量，所需工程經費是否符合經濟效益。
3. 管線工程施工難易度，是否會有施工所需用地過大及阻礙交通破壞既有設施等問題。
4. 管線之保溫效果及其輸送時影響水溫等問題，是否可符合創新研發中心之水溫需求，內含物質及營養鹽是否因運輸而有變異。

初步規劃輸水陸管可能採用鋼管(SP)及高密度聚乙烯管(HDPE)，並對各管材特性概略介紹如下。

(1)鋼管(SP)

鋼管抗張強度大，具有強韌之特性，對內壓之抗力及耐衝擊力甚佳，惟管壁厚度與管徑之比值小，受不均勻外壓容易變形，甚至被壓扁，其抗外壓較差，設計時需考量實際受力情況增焊加勁鈑。鋼管管徑大且管壁薄，搬運及裝配較困難，必要時可配合地形或線形於現場焊製，其優點為施工彈性大，易於搶修。由於鋼管容易銹蝕，防蝕處理之完善與否，將直接影響鋼管之使用壽命，因此防蝕處理應在工廠內進行，品質較易控制。鋼管由於施工相對快速、水密性良好、彎曲容易等特性，在國內管材使用已有相當多的案例，一般使用於特殊需求如彎度較大、折角、陡升或陡降之管線。

(2)高密度聚乙烯管(HDPE)

高密度聚乙烯管(簡稱 HDPE 管)屬於塑膠類型材料管材，具有重

量輕、容許變形量大、耐久性高、水密性高、施工期程短、管材費用低等多項優點，歐美等國家已經使用超過 30 年以上，在奧地利等先進國家目前可製作管徑ϕ2,500mm 以上管段；HDPE 管在國內也已經發展一段時間，目前國內可製造最大管徑也已達到管徑ϕ1,600mm。根據中興公司針對 HDPE 管應用經驗，管線熔接技術為主要考量因素，管材製造商若可提供專業熔管機，並按照正常操作程序對管端口加溫加壓，熔接管體對國內廠商而言應無技術門檻問題。未來管線若有破損需進行修繕，所採修繕方式可由管外部包覆補強，杜絕管線滲漏。

整合各種管材特性並考慮水密性與耐久性、經濟性及施工便易性等因素下，輸水陸管管材優缺點比較見表 5.2.1-2。

表 5.2.1-2 輸水陸管管材優缺點比較表

項　目	鋼管 (SP)	高密度聚乙烯管 （HDPE）
管材強度	內水壓 15kg/cm^2	6.3Mpa(PE100)
管徑	1-ϕ480mm(t=8mm)	1-ϕ500 mm(SDR17)
水密性	焊接及法蘭接頭水密性良好	管材本身不具透水性，配合熔接組裝防水法蘭接頭水密性良好
工地運輸	以拖板車運輸單節可達 12 公尺	
施工性	安裝焊接費時且焊接時熱脹冷縮，致圓度控制不易。彎曲折角處施工便利	安裝時管節之間主要採用熔接，在現場條件需要時可利用法蘭接頭，大幅度彎曲折角須配合訂製管件
施工工法	推進工法或明挖覆蓋工法	明挖覆蓋工法
環境影響	管體易腐蝕生鏽，須配合良好防蝕措施，並定期維護檢視	管材本身對於環境酸鹼等耐受度良好，無腐蝕問題
使用壽命	較短	長達 50 年
防蝕工法	包含表面塗漆包覆、犧牲陽極、電流防蝕等	管體無須防蝕
保冷效果	易受環境溫度影響，外圍須包覆保冷材料	保冷效果相對於鋼管為佳
施工案例	下水道工程普遍使用	近年來有抗蝕及長期使用年限需求者普遍使用
管材價格 (新台幣)	3,000 元/M	5,000 元/M

三、輸水陸管工法選擇

依照初步路線規劃主要沿台 11 線佈設輸水陸管，由於管材管徑方面屬於常見中等管徑，鋼管可採用明挖覆蓋工法或推進工法，HDPE 管則可採用明挖覆蓋工法。

若採取推進工法於地表面下方施工，可避免危及既有管線(如：自來水管、輸油管、電信管等公共設施用管)及路面上設施，因本路線全長約為 13.2 公里，需於每段前後設置工作井分段進行推進。推進機(或稱半潛盾機)為推進施工使用之主要機具，安置於推進管材之最前端，並利用千斤頂、油壓驅動機及中央控制台進行推進工作，施工設備皆採用油壓式，無震動且低噪音，施工時所造成之公害發生率較小，此工法僅限用於屬堅硬管材之鋼管，HDPE 管因屬軟性管，推進時會造成 HDPE 管線變形，較不適用此工法。

明挖覆蓋工法係指露天開挖工法，由地面直接向地下開挖至所需深度，將管線完成接合後放置於管底基座，再於管上方回填即可完成，開挖至覆土過程中於兩側以鋼板樁擋土兼止水，開挖時亦須加強抽排水保持開挖安全性及開挖面乾燥，由於管材管徑屬常見中等管徑，所需之開挖深度不須過深，若未來調查此路線之土壤性質狀況良好，可不須使用擋土設施及擋土支撐減少施工成本，鋼管及 HDPE 管皆可採用此工法佈設。

本初步規劃路線行經兩座橋梁，若以鋼管或 HDPE 管經過時，因兩種管線尺寸皆約為 500 mm 左右，初步計算當管線處於滿水位時之重量分別為 233.04 kgf/m 及 194.6 kgf/m，若以懸掛方式附掛於橋樑下，依據公路橋梁規範中於設計橋樑時應考量附掛載重，並於國道新建工程處橋梁設計注意事項中，其橋樑附掛載重應考慮至少 100 kgf/m 以上，初步評估之重量值尚屬於合理值，未來應參考原橋梁設計值修訂。

另外由於本規劃路線長度較長，無法一次性將深層海水輸送至創新研發中心，應考量水頭損失情形，初步計算結果見表 5.2.1-3，若以 HDPE 管線作為輸送管線其總水頭損失為 20.66 m，以鋼管管線作為

輸送管線其總水頭損失為 24.78 m，經評估於規劃路線間應分段設置揚水站，揚水站高度設置 6.5 公尺，每棟距離約 3.3 km 左右，共計需三處揚水站，方能將所抽取之深層海水送至創新研發中心。

表 5.2.1-3 輸水陸管水理計算成果表

		初步規劃路線		
A.基本資料		鋼管(SP)	HDPE 管	單位
1.	**曼寧係數,n**	0.013	0.010	
2.	**輸送管線**			
	管線長度,L	13,200	13,200	m
	管線支數,N	1	1	
	總流量,Q	12,000	12,000	CMD
	管線外徑,D_O	0.48	0.50	m
	管徑/管厚比(SDR)	-	17	
	管線內徑,D_i	0.47	0.44	m
	主管流速,V_i	0.8	0.91	m/s
B.水頭損失				
	進流損失,h_i	0.055	0.042	m
	摩擦損失,h_f	20.608	24.738	m
	總水頭損失	20.663	24.781	m

綜上所述，初步規劃方案可就其路線、使用管材特性、施工工法、配合揚水站等條件等進行比較，考量本案規劃路線長度達 13.2 km，而配合管徑尺寸採用推進工法每次僅能推進約 100~200m 左右，導致施工工期長，若為了縮短施工工期則需切割成多標案同時進行，將加機關管理難度與複雜度，成本效益不彰，因此初步建議針對本輸水陸管規劃方案採用明挖覆蓋工法施工較為合適。

5.2.2 經費與工期

依據前述內容，輸水陸管規劃路線優先於公有土地設置管路及揚水站，可省去私有土地徵收與地上、下物補償經費及辦理徵收所需之行政作業，其規劃埋設長度約為 13.2 km，本規劃工程方案採明挖覆蓋工法搭配 HDPE 管或鋼管佈設，佈設預估經費方案如下表 5.2.2-1 及表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 輸水陸管工程方案預估經費(鋼管)

項目	單位	數 量	單 價（仟元）	總 價（仟元）
施工費用				
(1)鋼管管線材料費	M	13,200	3.0	39,600
(2)管材吊放安裝	M	13,200	0.5	6,600
(3)明挖擋土支撐、基座、安裝及回填	M	13,200	3.0	39,600
(4)揚水站及配合設施	式	1	24,000	24,000
(5)管線包覆保冷材(一般路段)	M	12,690	1.65	20,939
(6)管線包覆保冷材(過河段)	M	510	4.7	2,397
(7)既有設施復舊	式	1	8,000	8,000
(8)橋梁管線附掛	式	1	5,000	5,000
(9)施工抽導排水	式	1	5,000	5,000
(10)什項	式	1	25,560	25,560
小　　計				176,696
稅雜費（含工程保險費、營業稅及包商利潤，施工費用之11%）	式	1	19,437	19,437
工程費用合計(不含用地成本)				**196,133**

表 5.2.2-2 輸水陸管工程方案預估經費(HDPE 管)

項目	單位	數 量	單 價（仟元）	總 價（仟元）
施工費用				
(1)HDPE管線材料費	M	13,200	5	66,000
(2)管材熔接	M	1,100	8	8,800
(3)明挖擋土支撐、基座、安裝及回填	M	13,200	3	39,600
(4)揚水站及配合設施	式	1	24,000	24,000
(5)管線包覆保冷材(一般路段)	M	12,690	1.65	20,939
(6)管線包覆保冷材(過河段)	M	510	4.7	2,397
(7)既有設施復舊	式	1	8,000	8,000
(8)橋梁管線附掛	式	1	5,000	5,000
(9)施工抽導排水	式	1	5,000	5,000
(10)什項	式	1	31,280	31,280
小　　計				211,016
稅雜費（含工程保險費、營業稅及包商利潤，施工費用之11%）	式	1	23,211	23,211
工程費用合計(不含用地成本)				**234,227**

根據表 5.2.2-1 及表 5.2.2-2 估算，方案一之明挖覆蓋工法(鋼管)預估施工費用約為新台幣 1.96 億元，方案二之明挖覆蓋工法(HDPE 管)預估施工費用約為新台幣 2.34 億元，計算結果以採用鋼管施工費較低。工期方面兩者皆採用明挖覆蓋工法，且無其他配合工作考量，依照金額若分為三個獨立標案分段完成，考量當地廠商動員能力及施工介面，預估工期約 18 個月。另外，若採取以水車運載方式運送深層海水，其根據每月所需之用量進行輸送，水車運載量約 30 噸，假設每月用量約為 1000 噸需要輸送 33 次左右，其費用初估每月花費約為 70 萬左右，一年需花費 840 萬，由於以水車方式運載為持續經費支出，相較於設置輸水陸管之成本僅能維持 25~30 年左右，且若要提升需水用量其成本相對提升，針對佈設取水管長期來看故不建議採用此方式進行輸送。

本規劃輸水陸管管徑不大，明挖覆蓋工法對交通運輸影響尚可接

受，因此施工工程費用取決於管材及施作費用，且HDPE材質重量輕容易配合地勢或路線佈放，價格上差異也在可接受範圍，但 HDPE管具有耐腐蝕、幾乎無須維護的重要優點，除可有效降低未來維護成本外，也大幅減少管線滲漏、破損所帶來的停水風險及維修需求，故本規劃輸水陸管方案建議採用明挖覆蓋工法配合HDPE管線施作。

5.2.3 環境影響與風險評估

5.2.3.1 周邊環境影響

本計畫區域依照初步規劃路線方案，預估主要包含對鄰近設施影響及施工期間之影響兩項。對鄰近設施影響中，因台 11 線屬於台東地區主要交通幹道，其沿線尚有許多民房或加油站等重要設施，開挖時若不慎將其他管線損壞(如油管、自來水管或電信管線等)，將直接影響民眾生活品質；施工期間施工機具及運輸車輛影響施工面及運輸路線沿線之空氣品質、噪音振動及交通運輸，管線開挖及回填擾動底泥造成承受水體懸浮物質濃度上升，施工時所產生之土方如處裡不慎將進入承受水體，各項抽排水措施亦可能造成施工沿線之水中懸浮物質量增加，此外施工機具廢機油等如未經適當處理則將增加承受水體之汙染負荷，尤其台東地區正致力發展觀光，在交通運輸及環境維持等項目尤其重視，故在施工期間承包商應對周邊環境及各項污染來源事先擬妥詳細調查及對應減輕對策，以避免造成周邊環境影響。

若對於佈管路線周邊環境造成影響亦會引發民眾抗爭反彈，有鑑於國內民眾環保意識逐年提升，對於公共工程品質要求及生活環境保護相當重視，本路線亦長達 13.2 公里橫跨知本區及台東市區，若計畫不周延可能會遭受到當地居民的反對，進而造成工程進行遭遇阻礙或工程費用增加等問題，其未來辦理規劃及施工期間，推估可能遭遇到之抗爭訴求及行為如下：

一、用地徵收問題

本規劃路線沿台 11 線道路下方埋設，考量管線位置及前後銜接問題，預期無法避免部分經過私有用地，民眾對於用地徵收預期金額

與徵收機關預期價格常存有落差，於協調過程中若稍有不慎，則有可能引發地主拒絕遷移及抗爭事件，造成施工工期延宕，最後需要公權力介入。

二、交通及環境汙染問題

有關於管線相關工程大規模施工亦造成噪音汙染、空氣汙染、對交通行車的衝擊及周邊設施影響，可能影響民眾生活品質、土砂流失、路面塌陷等問題，民眾可能產生不信任感而引發封閉施工通行道路、懸掛抗議布條或阻擾工程進行等抗爭行為，因此規劃及施工單位是否能取得當地民眾信任，履行工程品質與環境維護的承諾相當重要。

5.2.3.2 風險評估

工程風險評估作業流程如圖 5.2.3.2-1 所示，於設計階段須針對可能發生之風險工項，研擬可行之設計方案及預防減輕對策，並落實於設計成果，以降低或解除初始風險。基本設計之成果則須延續、回饋至細部設計及施工階段，以針對殘留風險或其他可能新生之風險進行全面管控。至於各風險工項於執行風險對策後，需根據如圖 5.2.3.2-2 所示之評估準則進行風險再評估，除檢視風險等級狀態外，亦檢討風險對策之執行效益，以確認對策之經濟性。

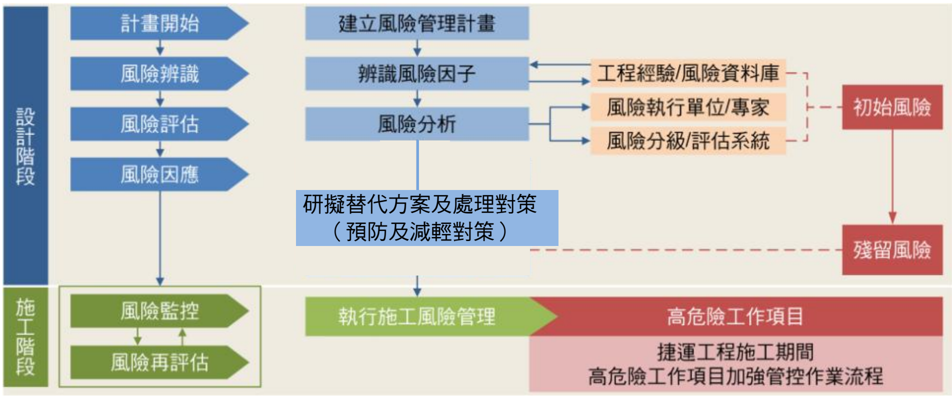


圖 5.2.3.2-1 風險評估作業流程

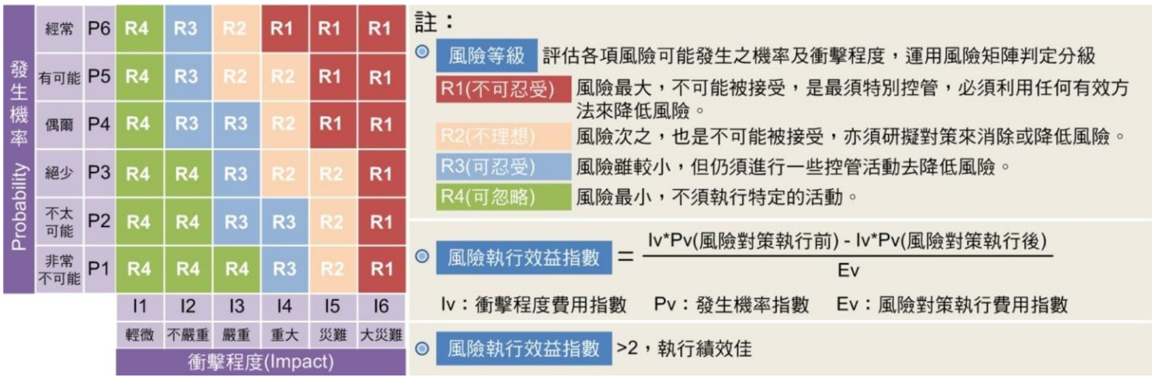


圖 5.2.3.2-2 風險評估準則

一、地下結構物施工風險評估

本計畫所規劃之輸水陸管採用擋土支撐開挖，揚水站及陸上取水塔則可能採用擋土支撐開挖或連續壁地下結構物工程，依據前述之流程及準則，本計畫地下結構物施工可能之風險工項及可採取之減輕對策舉列如表 5.2.3.2-1，其中也包括相對之風險等級以及執行減輕對策後之再評估等級。未來規劃、設計及施工階段，可根據相同的流程及準則進行風險評估作業。

表 5.2.3.2-1 地下結構物施工風險工項及評估結果

風險工項	風險描述	初步評估風險等級	風險預防及減輕對策		對策後再評估之風險等級
			階段	對策措施	
鄰近建物之擋土支撐開挖(如揚水站及陸上取水塔)	因壁體變形過大所產生鄰房傾斜沉陷等問題	R2	設計階段	●採用高勁度擋土壁並加大支撐預力減少壁體變形 ●於擋土壁外側鄰近民房打設靜壓式鋼版樁或預壘樁，防止震動、噪音以達止水效果 ●完善的安全監測計畫	R4
			施工階段	●按照預定時程完成開挖及支撐 ●加強監測隨時注意鄰房狀況 ●沉陷區實施交通管制，緊急回填後再地盤改良	
沉箱工作井開挖沉陷(陸上取水塔)	因坑底超挖、高地下水砂湧造成地面下陷或底部遇障礙物無法下沉與造成傾斜	R2	設計階段	●計算土壤壓密及沉箱沉降速率 ●計算坑底上浮力，研擬封底厚度及封底方式	R4
			施工階段	●加壓下沉、降低水位及於水中開挖 ●地盤改良後再下沉 ●水中開挖以潛水伕清除障礙物 ●壓氣或降水坑底排水後以小型挖土機挖除	
明挖施工鄰近橋梁基樁及管路	明挖施工擋土措施不佳可能造成鄰近結構物下陷	R2	設計階段	●詳加調查確認地質現況，依調查結果，調整路線線形 ●針對所有鄰近結構物進行安全影響評估	R4
			施工階段	●地面建物必要保護處理 ●施工時確實檢查擋土措施是否符合現地需求	

註：風險等級為評估各項風險可能發生之機率及衝擊程度，包括 R1-不可忍受，R2-不理想，R3-可忍受，R4-可忽略。

二、耐震風險評估

1. 地震破壞機制

根據以往震害之經驗，管線之地震破壞機制可分為：

(1)地盤震動（ground shaking）

地震為地殼釋放能量的現象，其主要以地震波的形式向四周傳遞，地震波在地層中傳播會造成土壤的暫態變位，維生管線會因地盤的暫態變位而造成破壞。此現象發生於強地動作用的短時間內，震波可以

造成甚廣的範圍，影響所有種類的土層，對於維生管線的系統有全面性的影響。當波之傳播平行於管線結構長軸時，常會有橫向扭曲產生；當波之行進方向垂直管體時，則會有沿著結構物縱向產生前後之移動；在土層狀況特殊之區域，則可能因波之性質變化而使構造物鬆脫或緊結。由於管線呈現面狀分佈，地震波在不同點有相位差，因而產生不同運動，造成管線壓壞、挫屈、管體軸向應變過大或接頭拉脫等。

(2)地盤破壞（ground failure）

地震所引發的地盤破壞有多種形式，均會造成地盤的永久變位（permanent ground displacement），管線因受永久變位的錯動而產生破壞，管線破壞處侷限於地盤錯動處附近，屬局部的損漏或斷裂，以下分別就不同的破壞形式予以說明：

A.土壤液化（liquefaction）

土壤液化是一種地盤破壞模式的通稱，在強地動作用時，位於地下水位底下之疏鬆飽和砂土、沉泥質砂或礫石，土體孔隙中的水壓力，由於來不及消散而累積上升。土體內孔隙水壓的上升，會造成土體強度暫時大幅降低，引發基礎承載力喪失或噴砂，這兩種現象都會造成地盤的大量永久沉陷或變形。若土壤液化發生於地表下一段距離，液化發生處具有傾斜坡或鄰近有開挖面，土壤液化會使土壤沿著傾斜處滑移引發側向滑移（lateral spreading）。當管線周圍土壤產生液化時，其承載力減弱，使管道失去支撐，或像流體般產生流動，造成管線破裂、上浮、下沈或扭曲等；及人孔上浮、下沈等破壞。由以往的震害資料顯示，位於液化區的維生管線往往受害相當嚴重。

B.沉陷滑動

強地動侵襲下，管線設於不同地層時(如鬆軟土層與堅硬地盤交界處)可能因差異沉陷而造成管線損壞，例如：管線、人孔、陰井銜接處。此外地震引起之擋土、邊坡之滑動，也會對管線造成損害；碎石流及山崩等也對於地表之截流站及污水處理場具有潛在危害。

C.斷層錯動（fault displacement）

當地震發生時伴隨斷層活動時，斷層錯動之破裂線穿越管線，其引致之永久性位移造成管線產生顯著的應變而發生破壞。斷層錯動方式主要分為水平位移與垂直位移，其造成之管線破壞包含：管線變形、管體破壞及接頭破壞。

2. 地震破壞成因

管線屬於線形結構，由於地震波所產生之位移與應變，將導致管線過度拉長、壓擠或彎曲，因而會造成管體或其設施之破壞，一般其受損之直接原因包含：

(1)土壤承載力減低。

(2)土壤滑動以致在臨界面產生極大剪力。

(3)管材承受偏心土壓而破壞。

(4)管線在管軸方向之破壞增加甚至被壓碎，或是垂直管向部份受到折斷。

(5)管材或地層剛度之改變造成管線之力矩增加而致破壞。

(6)彎管部分承受額外力矩而損壞。

(7)管內流體施壓於特殊管件產生局部應力。

(8)地盤產生永久位移，造成管線產生應變而損壞。

3. 管線損害型態

管線之地震破壞模式可歸納為拉力破壞、壓力破壞與彎曲破壞。若依損害位置及形態而言，主要則有接頭位移、脫開與受擠壓而龜裂，管體之龜裂、沉陷、上浮、斷裂與彎曲，管線擠入人孔或脫開人孔，以及人孔側塊之位移等。針對以上之地震破壞機制、成因及損害型態，於地震時之風險評估如下表：

表 5.2.3.2-2 管線耐震風險工項及評估結果

<table>
<tr><th rowspan="2">風險工項</th><th rowspan="2">風險描述</th><th rowspan="2">初步評估風險等級</th><th colspan="2">風險預防及減輕對策</th><th rowspan="2">對策後再評估之等級</th></tr>
<tr><th>階段</th><th>對策措施</th></tr>
<tr><td rowspan="2">管體之破壞</td><td rowspan="2">管體受震於圓周方向與管軸方向破損</td><td rowspan="2">R2</td><td>設計階段</td><td>●採用具有伸長或容許偏移之伸縮接頭，如 DIP 管之 S 型接頭以防止接頭拉脫
●每隔適當距離裝設可撓管，以吸收地震震波導置之擠壓或側向變形
●採用具有高度耐震能力之管線，如 HDPE 管</td><td rowspan="2">R4</td></tr>
<tr><td>施工階段</td><td>●特殊伸縮接頭之伸張及壓縮距離，必須依據評估設計結果保留
●若有必要採用可撓管時，兩端須加以固定，避免拉脫現象</td></tr>
</table>

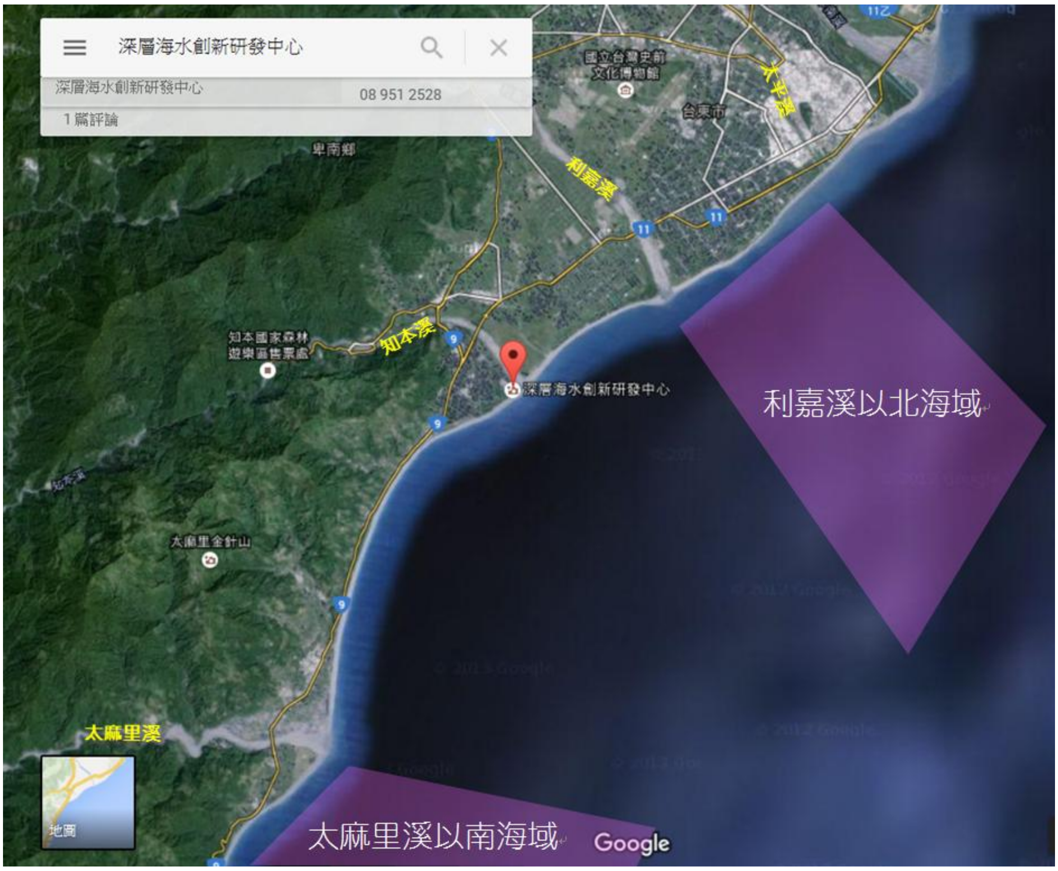
5.2.4 結論與建議

以海域取水管方面而言，有鑑於既有海域取水管所遭遇的問題，以及施工技術與設計執行等經驗，利嘉溪以北近太平溪河口沿岸位置以現有海域資料分析評估，海域取水管受到河口輸砂影響較少，近水深-300~-500m 海流速度緩慢，但現階段對於佈管路線海床穩定性等海域環境條件不足，其考量因素不甚完整目前尚有疑慮，針對本規劃海域進行海域調查項目應參考 5.3 節內容，經調查後再加以分析評估較為合適。以輸水陸管佈設方案而言，綜合前列數節得知其規劃工法雖然可行，但管線長度過長導致佈管成本有相當程度增加，若同時考慮低溫海水因輸送產生的溫度提高、環境影響、私有地徵收、維護管理等問題，其經費可能需再往上調整，因此建議應先著重於佈設試驗管方式改善目前需要用水現況，若試驗管成功取水且花費成本較低，推估為較合適之方法。

5.3 其他海域調查需求

針對臺東縣境內利嘉溪口至太麻里溪口以外之海域(例如利嘉溪口以北或太麻里溪口以南海域，如圖 5.3-1)，進行其他海域調查之經

濟可行性評估，研析由目標海域取水至現有廠址，或遷廠至目標海域取水等方案之經濟可行性，以供另案辦理「其他海域環境調查」之決策。根據前述章節評估結果，利嘉溪以北近太平溪口兩側腹地較適合建置取水站取水至現有廠址，由於現階段該海域深水段資料相當缺乏，因此若該方案依現有資訊所得可行性評估及初估預算仍為可接受方案，初步建議優先進行水深地形調查、地質調查、地貌調查以及海流觀測，期望透過本階段調查與分析工作，以充分掌握當地之環境特性。



資料來源：Google 地圖

圖 5.3-1 其他海域預想位置範圍示意圖

5.3.1 水深地形調查

調查範圍內以使用多音束測深設備(Multi-Beam Echo Sounder)探測海床地形起伏狀況為原則，除無法抗拒因素外，原則上水深探測最淺須至 10m 水深。探測之實際有效資料覆蓋率須達 100%，且船隻回轉時所測得之資料不得作為計算成果之資料，亦不納入前開有效資料

覆蓋率計算。相鄰兩條多音束帶寬(Swath)面積之重疊(Overlap)至少須10%以上。

此外，調查範圍內須進行交錯檢測線，交錯檢核線長度至少應為主測線的 5%以上，並均勻分佈於測區。交錯檢核線之測線間距不可超過主測線間距的 20 倍。交錯檢核線與主測線之交錯角度介於 60~90 度之間，且所有測線至少須與檢測線交錯 1 次以上。而相關水深測量的海水聲速校正，則至少須每 6 小時進行，或於氣溫變化較大時，隨時進行。校正時使用溫鹽深儀(CTD)或拋棄式溫鹽深儀(XCTD)，校正多音束測深儀的觀測資料之聲速。平面及高程(深度)精度須達 IHO SP-44 之一等精度規範(1a Order)。

另調查期間須全程採用 WGS 84 橢球座標系統以及 TWD 97 平面座標系統，並以 TWVD 2001(Taiwan Vertical Datum 2001；臺灣高程基準)為高程量測基準面，以及採用 DGPS 差分定位系統(Differential Global Positioning System)進行路徑與定點精確定位。此外，須裝設姿態儀(Motion Sensor)、電羅經(Gyrocompass)等設備，以消除因湧浪或海流產生晃動，而造成聲波(Acoustic)設備之探測誤差。

5.3.2 地質調查

調查範圍內原則上須全程使底拖底質剖面儀(Sub bottom profiler)來探測海床下淺層地質資料、沉積物類型及淺層地質構造等。若有其他新技術如自主式水下探測載台(AUV)或自主式水下滑翔機(AUG)等，在精度上能符合本計畫要求，且經核可後(由監審廠商審查)，方得以運用。探測儀器距離海床高度原則上必須保持在 80m 以內。相關水下設備精度及使用頻率須足以調查、偵測及分析現有管線(管徑 50cm)所在的路徑(水平位置)及埋深(海床下的深度)，與覆蓋於管線上之滑動淤積層的覆蓋水平位置範圍及其厚度的分布。作業區內底質剖面測線間距原則上為 200m 且測線方向以垂直海岸線(西北-東南向)為原則。

另藉由震測資料與淺層地質資料做比對，進而分析海底邊坡崩移

的可能性。震測資料來源須採多頻道反射震測調查，並於調查區域內收集至少 100 公里長之高解析反射震測剖面。剖面線布設原則上須約略平行等水深線與垂直等水深線，且各布置 4 條剖面。震測調查精度、探測深度及使用頻率須足以完成調查區域內之海床地質背景及海床長期穩定的地質狀態。

5.3.3 地貌調查

調查範圍內以全程使用底拖(Towed)側掃聲納(Side Scan Sonar)調查設備來探測海床地貌特徵為原則，並瞭解海床表面沉積物類型及海床障礙物等資訊。若有其他新技術如自主式水下探測載台(AUV)或自主式水下滑翔機(AUG)等，在精度上能符合本計畫要求，且經核可後(由監審廠商審查)方得以運用。相關水下設備精度及使用頻率須足以探測目前知本海域既有管線設備(種原庫及模廠取水管)狀況。拖曳作業執行之全程須使用水下定位設備(Underwater Positioning System)，以利調查成果嵌合。作業區內側掃聲納資料覆蓋面積須達 100%。

針對單邊射幅寬應為底拖儀器距海床高度的 3~10 倍，但不得大於 350m。兩相鄰側掃聲納掃測帶寬間面積的單側重疊不得低於 10%。儀器距離海床高度原則上必須保持在勘測射距(Range)的 8~25%範圍之間或至少 60m 以內。

5.3.4 海流觀測

調查範圍內由淺至深佈放相當數量(1 至 3 具)之固定式 ADCP，以長期觀測整層的海流情況，觀測時間至少須依環保署規定每季進行連續觀測達 15 天以上，共進行四季，以獲得完整區域一年四季、大小潮期間的海流變化資訊。再利用船攜式 ADCP 進行觀測海域大範圍的海流測繪，並適時輔以下放式 ADCP(Lowered ADCP)觀測，以獲得海流的空間分佈特性，最後配合數值模式設計條件進行調查，並藉由數值模擬掌握颱風事件對海流變化趨勢。

下放式 ADCP 之觀測，建議由海岸線向外海延伸至 1 公里的斷面上，選定至少 9 個測站，進行至少兩次觀測，且每次間隔至少須達

3 個月以上，各測站皆須量測由表層至底床間的流速與流向，並同步應用 CTD 記錄海洋水文資料，包括溫度與鹽度剖面。

5.4 其他海域調查可行性評估

由前節所述,若考慮其他海域做為取水海域(即排除利嘉溪以南、太麻里溪以北區域)，初步篩選以利嘉溪以北近太平溪河口區域作為重新佈管潛力場址,前節亦針對此區域研擬海域調查需求相關項目及內容,參考以往佈管及海域調查經驗,其所需調查項目並無重大差異,下列針對經濟成本及風險成本兩方面進行評估：

經濟成本面：

其他海域進一步調查項目主要對海域地形、地質、地貌及海流觀測項目為主,由於先前台東海域地質環境調查結果顯示本區域海域主要為沉積物堆積而成之海床地質,海床易受到各類型海底營力導致滑動與崩坍現象，屬於較不穩定之海床，因此主要調查內容亦針對海床之穩定性進行詳細調查並加以評析,且實際用水需求若經詳細討論僅需水深-300~400m 處之深層海水，則能使調查經費降低，詳細掌握海域地形、地質、地貌及海流流速等海域環境條件，對於後續佈管亦能降低失敗風險,目前現有取水管因無法取水情況以致較不容易取得經費,建議可尋求有無其他單位機構欲針對此海域進行學術上或工程上調查需求，共同參與調查可減少經費支出。

風險成本面：

由於台東海域現有海域環境調查資料顯示,本區域海域海床底質大致上皆屬於沉積物堆積而成,其他鄰近海域環境條件推測應大致相近，若針對此海域進行調查結果與現有取水管海域環境條件相同，亦可能面臨海床不穩定之情形,需採用更適合的工程技術解決降低取水設施完成後損壞的風險,本案針對目前取水管工法考量避免取水頭被推動或掩埋之風險與取水管線受海床營力影響移動折管等風險,提出不同佈設試驗管工法,未來若成功取水後必定不需考量由其他海域進行取水,若試驗管仍無法取水亦無法解決其他海域海底邊坡崩移環境

條件，另外亦可能需面臨新的問題，因此調查其他海域環境條件具有一定風險，以目前情況來說，欲解決無法取水問題，尚不建議採取由其他海域取水至創新研發中心。

綜上所述，為儘速改善無法取水問題，建議仍應以試驗管採用先進工法與技術為主，降低或避免現有海域崩坍而造成取水管淤埋或挫屈的情況；另外，若考慮以其他海域取水進行深層海水研究及提升觀光經濟為目標，方可考慮朝向設置創新研發中心二廠方向進一步評估。

第六章 試驗管工程工法及可行性評估

6.1 試驗管需求評估

自行政院 95 年 1 月 23 日院臺經字第 0950001163 號函核定之「深層海水資源利用及產業發展實施計畫」中，明列由經濟部主辦「深層海水低溫利用及取水隔溫新工法研發模廠計畫」至今十年期間，經濟部積極推動辦理模廠計畫，於 95 年 3 月 7 日「深層海水資源利用及產業發展第 1 期實施計畫」會議結論以水利署為工作統籌單位，進行多目標利用初步規劃。隨後由水利署辦理各項規劃，以台東縣三和場址(美和村)為辦理廠址，並交由第八河川局辦理「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠計畫」。該模廠於 100 年 10 月底順利取水完成海事工程初驗改善工作，並於 101 年 3 月 16 日完成驗收移交經濟部技術處接管，但 101 年 5 月 6 日發生取水管無法取水的情形，雖經嘗試各種方式排除可能問題，惟仍無法正常取水。為恢復模廠正常取水運作且避免重蹈覆轍，由水利署水利規劃試驗所於 103 年就知本溪口鄰近海域(由利嘉溪口南岸至太麻里溪口北岸)進行詳細調查，104 年 1 月完成「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告，於利嘉溪以南至太麻里溪以北之海域，初步選擇兩處建議相對較適合佈管之優選及備選區域，惟該報告於結論與建議中提出，由於調查區域環境特性複雜，加上此區域以往調查資料有限，不利探討影響此處海床穩定的相關機制，優選區域仍有許多設計條件待進一步調查與評估，建議應持續進行長期觀測與機制評估研究。

鑑於長期穩定取水管工程所需經費龐大，且不確定因素及風險仍然存在，進一步補充調查與評估仍需投注經費與時間，若考量以較經濟、較低風險之工程規模佈設試驗性取水管並進行監測，除可作為後續長期穩定取水管工程之先期試驗工程，且其施工經驗及監測資料可茲參考外，亦可立即供應創新研發中心短期深層海水之需求。故水利署於 104 年 5 月 25 日召開經濟部深層海水創新研發中心深層海水用水需求研商會議，結論略以：「為使創新研發中心於短期內可儘速恢

復營運，將評估利用現有取水井規劃於符合深層海水需求 200~400 公尺水深，及 1,000 CMD 出水量之臨時取水(試驗管)工程，做為短期供水設施」。由於試驗管與既有管線規模有一定差距，若採用既有取水管相關設施(如抽水井、泵浦等)可能需要抽水系統大幅度改線，未來若需施作永久管線時又要進行變更，再資源上實屬浪費，故試驗管應建構自有的抽水系統，避免日後困擾。

根據上述事件及需求描述，試驗管應需達成的基本目的及要求至少包含有:

1. 抽取深層海水供模廠短期使用；
2. 以較經濟、低風險的工程規模佈設；
3. 使用期間進行監測；
4. 作為後續長期穩定取水管的先期試驗工程；
5. 施工經驗及監測資料可供未來參考；
6. 規劃符合深層海水需求 200~400 公尺水深，及 1,000 CMD 出水量，作為短期供水設施。

試驗管的取水水深與水量規劃，為需求中的兩大關鍵因素，以下首先針對試驗管深度需求，由政策考量、溫度需求、案例參考、水質條件等等各面向進行分析。

(一)政策考量

基於「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠計畫」執行目的，為配合行政院 95 年核定之上位計劃「深層海水資源利用及產業發展實施計畫」，針對台灣地區得天獨厚的深層海水資源，以先進的科學技術配合深層海水的取用，發展出當地高附加價值產業，所取用的海水基本上應完全符合深層海水的定義；根據臺灣深層海水資源利用協會的定義，深層海水(deep ocean water or deep sea water)係指海洋斜溫層內，且深度二百公尺以下之海水，具低溫、潔淨及富含營養鹽之特性，可作為高價飲用淡水、製藥、理療、健康食品及高經濟價值水產、

農產等產業原料，極具開發經濟價值。故取水深度必須滿足深層海水定義。

(二)溫度需求

參考 101 年 12 月「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中，模廠取水工程設計需求為上岸溫度低於 12℃；根據 96 年 5 月「台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境調查計畫」報告中台東知本外海各測站四季水溫圖，本區域若要求一年四季海水溫度皆低於 12℃，則取水水深須達到-350m 方能確定達成要求。基於上述考量條件且試驗管必須作為後續長期穩定取水管的先期試驗工程，建議取水管深度必須在 350m 以上(水深-350m 以深)。

(三)案例參考

世界各國與台東地區蘊含類似深層海水資源且已實際運用的國家，以亞洲地區的日本為首，韓國也於 2009 年 4 月完成一處取水設施，參考「第三十一屆中日工程技術研討會-水資源分組議題」中，日本清水建設崛哲郎副本部長所提供資訊，日、韓地區海洋深層海水取水設施主要實績中，取水深度及相關資訊整理如表 6.1-1。

表 6.1-1 日、韓地區海洋深層水取水設施深度整理表

海洋深層水取水實績		取水量(CMD)	取水深度/管長(M/M)	供水年份
高知縣海洋深層水研究所		920	320/2,650	1989
			340/2,650	1994
室戶海洋深層水水族農場		4,000	374/3,125	2000
沖繩縣海洋深層水研究所(久米島)		13,000	---/605	2000
			612/1,920	
駿河灣深層水取水供給設施	黑潮系	2,000	397/3,325	2001
	亞寒帶系	2,000	687/7,273	
富山縣水產試驗場深層水利用研究設施		2,000	333/2,690	2001
		3,000	321/2,630	
入善町海洋深層水利用設施		2,400	384/3,308	2001
熊石海洋深層水取水設施		3,500	343/4,400	2003
三合一尾鷲海洋深層水利用設施		2,885	415/12,500	2006
韓國江原道深層水取水設施		3,000	500/5,820	2009

參考表 6.1-1 內容得知，日本在西元 2000 年前後已發展多處深層海水取水設施，主要取水深度(完成深度)以 320~415 公尺為主，其他取水深度則在 600 公尺以上，韓國江原道取水設施取水深度為 500 公尺。考量國內處於深層海水產業起步階段，建議以案例中主要取水深度 320~415 公尺為參考。

(四)水質條件

根據 96 年 5 月「台東地區深層海水潛力場址(知本區)海域環境調查計畫」取水海域之水質分析結果得知，酸鹼值(pH)、溶氧量(DO)分佈有隨深度增加而降低之趨勢；營養鹽部分【硝酸鹽(NO_3)、磷酸鹽(PO_4)、矽酸鹽(SiO_4)】濃度分佈呈現在表層海水濃度低，濃度隨著水深的增加而增加。而葉綠素 a (Chl a)在 200 公尺水深以下即無法檢測出，另外，大腸桿菌群(Ecoli)在本海域均完全無法被檢測出。參考模廠用水平衡圖中深層海水用途規劃，上述各項水質條件與溫控養殖培育(包含蓄養設施、養殖設施、生化萃取應用等)及其他地方政府或產業應用實驗等具關連性，此外水質條件與海水上岸後的輸送、儲存有關，試驗管未來的佈設位置不一定會直接由模廠位置直接上岸，可能有接續陸上輸水管需求，而陸上輸送的狀況(包含保冷、環境、管材等)與長度將直接影響水質條件，故目前僅能朝向對水質有利的方向做規劃，無法確認實際水質需求。

綜合上述各面向分析結果並考量試驗管必須作為長期穩定取水管的先期試驗工程，應儘量滿足取水品質及水溫要求，若水中營養鹽及酸鹼值、溶氧量符合取水使用條件，試驗管取水深度應以 350m~400m 為要求。

除水深條件外，取水量需求也是試驗管規劃重要條件，水量關係到試驗管取水後供應創新研發中心短期內可恢復運作項目。深層海水創新研發中心深層海水用水需求研商會議結論中，以 1,000 CMD 出水量作為試驗管供水要求，對照模廠用水需求表及用水平衡示意圖，得知試驗管 1,000 CMD 的取水量可大致維持冷能暨加值利用模場實驗區的運作，包含區域冷房示範及效益驗證(包含示範冷房空調系統、

保冷材料及系統測試等)、其他溫控技術及加值應用(包含健康理療技術、產業加值技術等)及提供地方政府或其他需求應用，其中區域冷房示範及效益驗證所使用 850 CMD、13℃的深層海水尚有回用價值，考量低冷農業模場實驗區之溫控養殖培育作業(包含蓄養設施/養殖設施及生化萃取應用)溫度需求為 20℃，且其原規劃即使用空調溫室設施回用水，與區域冷房示範及效益驗證性質接近，故在實務上若儲存及輸送條件許可，或可提供部分溫控養殖培育作業再利用，以增加短期內試驗管取水使用效益。據了解恢復低冷農業模場試驗區的運作，最低的水量要求為 2,500 CMD，且溫度要求為 13℃，預期在試驗管工程中應無法達成，實際上試驗管取水後所能恢復營運項目仍需視實際水溫及水質而定。上述試驗管用水規劃調整圖如圖 6.1-1 所示。

上述建議試驗管取水量 1,000 CMD、水深 350m~400m，假定若採用 HDPE 管(管線採用討論於後續章節討論)作為輸水管，以管外徑 200 mm、SDR9(管壁厚約 22.4 mm)，則流速約 0.612m/s；以管外徑 225 mm、SDR9(管壁厚 25.2 mm)，則流速約 0.483 m/s；上述兩種選擇皆為單一管線取水時的可行方案，相關比較表如表 6.1-2 所示。

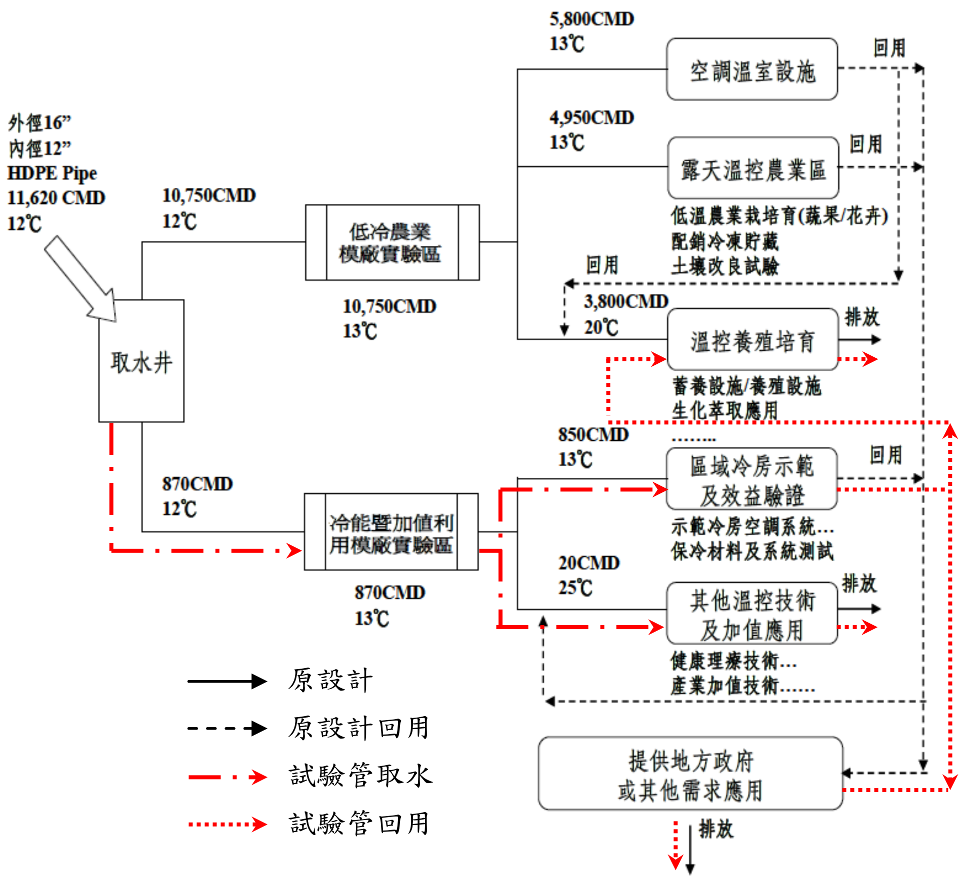


圖 6.1-1 試驗管用水規劃調整圖

表 6.1-2 試驗管取水量與管徑、流速預估表

	取水管材質	取水量 (CMD)	管徑 (mm)	徑厚比 (SDR)	管厚 (mm)	推估流速 (m/s)
既有管	HDPE	12,000	500	11	45.4	1.056
試驗管		1,000	200	11	18.2	0.551
		1,000	225	11	20.5	0.435
		1,000	200	9	22.4	0.612
		1,000	225	9	25.2	0.483

以上有關試驗管取水量的考量及分析是以單一管線來進行預估，考量試驗管必須滿足回復模廠取水功能、供應短期深層海水需求、提供施工經驗等多項目的，基於試驗管施作時間點可能在 105 年至 106 年期間，佈管海域僅能參考 104 年 1 月「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告內容，進一步的補充調查試驗尚未完成，海域特性分析尚未完備，此時先行佈設試驗管所面對失敗風險仍高，故中興公司基於分散風險的原則，建議在同一次動員施工機具的條件

下，同時間佈設 2~3 條試驗管，以不同位置取水頭同時進行取水；此作法雖然增加管線與取水頭的採購與佈設施工費，但動員費用不會增加，若在經費有限的情況下，則建議依照路線規劃優選順序優先者進行佈設。同時間佈設多條試驗管的優點包含:

(1) 不同取水頭進行取水，可避免其中單一取水管、取水頭不幸遭淤埋損壞時，再度面臨無水可用的窘境，大幅降低創研中心再度停擺的風險。

(2) 以試驗管維持創研中心運作，爭取更多時間對長期穩定管線取水規劃與方案做徹底研究，研擬出最佳方案。

(3) 利用各管線進水監測，比較不同位置取水頭及管線使用壽命，確認實務上最適合的取水點供未來長期穩定管線的設計參考回饋。

(4) 多管線同時取水可降低管內流速，必要時可增加取水量。

(5) 不同位置管線與取水頭施工，可讓機關與工作團隊吸取更豐富的施工經驗。

本章所規劃的試驗管與長期穩定取水管的概念有所不同，試驗管佈放的時間點預估在 105 年至 106 年間，屆時海域詳細的補充調查試驗尚未完成，海域特性分析尚未完備，先行佈設試驗管所面對失敗風險相較長期穩定取水管為高，因此建議對於試驗管的細部評估(包含工程風險、經濟效益、工法分析、保固期限等)可導入臨時試驗設施的概念，進行逐年成本分析與經濟效益評估，並配合保固期限的訂定作為使用年限確保，在此架構下進行後續章節的評估。

6.2 環評需求及相關法規

本計畫考量未來第八河川局將於水規所 104 年 1 月「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」計畫初選建議佈管區域，或其他評估後更加合適的海域，規劃佈設深層海水取水試驗管，除海域管線外，相關陸上配合設施或廠區也在本計畫可行性評估範圍內。本

節針對取水管線及配合設施廠區等開發作業，進行環境影響評估之需求探討及可能相關法規的綜整。

6.2.1 環境影響評估需求

本計畫所討論規劃的工程主體部分，包括深層海水取水管線以及因應取水需求之陸上相關配合設施或廠區開發行為，其中陸上相關配合設施可能包含陸上埋設管線、加壓站等。根據**環境影響評估法**(民國 92 年 01 月 08 日修訂)第 5 條規定內容:

「下列開發行為對環境有不良影響之虞者，應實施環境影響評估：

一、工廠之設立及工業區之開發。

二、道路、鐵路、大眾捷運系統、港灣及機場之開發。

三、土石採取及探礦、採礦。

四、蓄水、供水、防洪排水工程之開發。

五、農、林、漁、牧地之開發利用。

六、遊樂、風景區、高爾夫球場及運動場地之開發。

七、文教、醫療建設之開發。

八、新市區建設及高樓建築或舊市區更新。

九、環境保護工程之興建。

十、核能及其他能源之開發及放射性核廢料儲存或處理場所之興建。

十一、其他經中央主管機關公告者。

前項開發行為應實施環境影響評估者，其認定標準、細目及環境影響評估作業準則，由中央主管機關會商有關機關於本法公布施行後一年內定之，送立法院備查。」

依照前述規定，本計畫是否應實施環境影響評估，應依照開發**行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準**(民國 102 年 09 月 12 日修正)進行認定。依照**開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定**

標準(民國 102 年 09 月 12 日修正)內容中第 31 條規定:「其他開發行為，有下列情形之一者，應實施環境影響評估：

一、綜合工業分區、物流專業分區、工商服務及展覽分區、修理服務分區、購物中心分區等工商綜合區、購物專用區或大型購物中心之興建或擴建工程，符合下列規定之一者：

（一）位於國家公園。但申請擴建面積五百平方公尺以下或累積擴建面積二千五百平方公尺以下，經國家公園主管機關及目的事業主管機關同意者，不在此限。

（二）位於野生動物保護區或野生動物重要棲息環境。但位於野生動物重要棲息環境，申請擴建面積五百平方公尺以下或累積擴建面積二千五百平方公尺以下，經野生動物重要棲息環境主管機關及目的事業主管機關同意者，不在此限。

（三）位於國家重要濕地。

（四）位於台灣沿海地區自然環境保護計畫核定公告之自然保護區。

（五）位於海拔高度一千五百公尺以上。

（六）位於山坡地、國家風景區或台灣沿海地區自然環境保護計畫核定公告之一般保護區，申請開發或累積開發面積一公頃以上。

（七）位於特定農業區經辦竣農地重劃之農業用地，經農業主管機關同意變更使用，且申請開發或累積開發面積一公頃以上。

（八）位於都市土地，申請開發或累積開發面積五公頃以上。

（九）位於非都市土地，申請開發或累積開發面積十公頃以上。

二、展覽會、博覽會或展示會場之興建工程符合..

…

二十一、深層海水之開發利用，符合下列規定之一者：

（一）第一款第一目至第七目規定之一。

（二）每日最大抽取水量五千公噸以上。

（三）申請開發或累積開發面積十公頃以上。」

依照上述規定，本計畫之深層海水取水管線及相關工程不符合應實施環境影響評估要件。除特殊情況外應無需進行環境影響評估。未來規劃完成確認用地後仍應由開發單位行文相關主管機關，確認環境影響評估實施之必要。

6.2.2 其他相關法規

除前節有關環境影響評估相關法令及評估外，本計畫由於可能進行陸上小規模開發行為及管線埋設，故仍應針對各種保護、禁止或限制法規進行討論，供未來規劃及開發單位注意與遵行，建議開發單位於施工前適當時機，依照確切開發範圍、項目、時間等實際條件，正式發文詢問管理機關意見，方能確認是否符合法規規範。應注意事項至少包含:

一、是否位屬劃定之飲用水水源水質保護區

根據**飲用水管理條例**（民國 95 年 01 月 27 日修訂）第 5 條規定:「在飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區，不得有污染水源水質之行為。...」。

二、是否位屬劃定之水質水量保護區

根據**自來水法**(民國 102 年 1 月 16 日修訂)第 11 條規定:「自來水事業對其水源之保護，除依水利法之規定向水利主管機關申請辦理外，得視事實需要，申請主管機關會商有關機關，劃定公布水質水量保護區，依本法或相關法律規定，禁止或限制左列貽害水質與水量之行為…」。

三、是否位屬劃定之水庫蓄水範圍

根據**水利法**(民國 103 年 01 月 29 日修訂)第 54 條之一規定:「為維護水庫安全，水庫蓄水範圍內禁止下列行為：………。於水庫蓄水範圍內施設建造物，應申請主管機關許可。前項許可，主管機關得委託水庫管理機關（構）辦理。」。另根據**水庫蓄水範圍使用管理辦法**(民國 104 年 2 月 5 日修訂)第 3 條規定: 「本辦法所稱水庫蓄水範圍（以下簡稱蓄水範圍），指水庫滿水位與其迴水所及蓄水域、蓄水相關重要設施之土地與蓄水域周邊必要之保護範圍。」。

四、是否位屬公告之洪氾區

根據**水利法**(民國 103 年 01 月 29 日修訂)第 65 條規定:「主管機關為減輕洪水災害,得就水道洪水泛濫所及之土地,分區限制其使用。前項土地限制使用之範圍及分區辦法,應由主管機關就洪水紀錄及預測之結果，分別劃訂，報請上級主管機關核定公告後行之。」。

五、是否位屬劃定之河川區域或排水設施範圍

根據**水利法**(民國 103 年 01 月 29 日修訂)第 78-2 條規定:「河川整治之規劃與施設、河防安全檢查與養護、河川防洪與搶險、河川區域之劃定與核定公告、使用管理及其他應遵行事項,由中央主管機關訂定河川管理辦法管理之。…」。另**水利法**(民國 103 年 01 月 29 日修訂)第 78-4 條規定: 「排水集水區域之劃定與核定公告、排水設施管理之維護管理、防洪搶險、安全檢查、設施範圍之使用管理及其他應遵行事項，由中央主管機關訂定排水管理辦法管理之。但農田、市區及事業排水，由目的事業主管機關依其法令管理之。」。

六、是否位屬劃定之古蹟保存區

根據**文化資產保存法**(民國 100 年 11 月 09 日修訂)第 36 條規定:「依第三十三條及第三十四條規定劃設之古蹟保存用地或保存區、其他使用用地或分區及特定專用區內,關於下列事項之申請,應由目的事業主管機關會同主管機關辦理：一、建築物與其他工作物之新建、增建、改建、修繕、遷移、拆除或其他外形及色彩之變更。二、宅地之形成、土地之開墾、道路之整修、拓寬及其他土地形狀之變更。…」。

七、是否位屬公告之自然生態保護區(例如自然保留區等)

台灣自然生態保護區包括有「國家公園」、「國家自然公園」、「自然保留區」、「野生動物保護區」、「野生動物重要棲息環境」、「自然保護區」等六類型。根據**文化資產保存法**(民國 100 年 11 月 09 日修訂)第 84 條規定:「自然保留區禁止改變或破壞其原有自然狀態。為維護自然保留區之原有自然狀態，非經主管機關許可，不得任意進入其區域範圍；其申請資格、許可條件、作業程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。」。

八、是否位屬公告之野生動物保護區

根據**野生動物保育法**(民國 102 年 01 月 23 日修訂)第 11 條規定:「經劃定為野生動物保護區之土地，必要時，得依法徵收或撥用，交由主管機關管理。未經徵收或撥用之野生動物保護區土地，其所有人、使用人或占有人，應以主管機關公告之方法提供野生動物棲息環境；在公告之前，其使用、收益方法有害野生動物保育者，主管機關得命其變更或停止。…」。

九、是否位屬海岸、山地、重要軍事設施等管制區之劃定禁建、限建區

根據**國家安全法施行細則**(民國 90 年 09 月 12 日修訂)第 25、26、29、30、33、34、36~43、48 條規定:「本法第五條第一項所定海岸管制區，由國防部會同內政部根據海防實際需要，就臺灣地區海岸之海水低潮線以迄高潮線起算五百公尺以內之地區及近海沙洲劃定公告之。…」。

十、是否位屬氣象法劃定之限制建築地區

根據**氣象法**(民國 104 年 07 月 01 日修訂)第 13 條規定:「中央氣象局為確保地面氣象觀測之準確及遙測資料之完整性，就所屬探空儀追蹤器、氣象雷達天線或繞極軌道氣象衛星追蹤天線等氣象觀測設施或觀測坪周圍之土地，於必要限度內，得劃定禁止或限制建築之一定範圍，報請交通部會商內政部及有關機關後核定，由直轄市、縣 (市)

政府公告之。...」。

十一、是否位屬指定之礦區或礦業保留區

根據**礦業法**(民國 092 年 12 月 31 日修訂)第 4 條規定:「九、礦區：指依本法取得礦業權登記之區域。礦區之境界，以由地面境界線之直下為限。...十三、礦業用地：指經核定可供礦業實際使用之地面。...」。

十二、是否位於經濟海域及大陸礁層區域

根據**中華民國專屬經濟海域及大陸礁層法(**民國 87 年 01 月 21 日公布)第 2 條定義：「中華民國之專屬經濟海域為鄰接領海外側至距離領海基線二百浬間之海域。前項專屬經濟海域包括水體、海床及底土。中華民國之大陸礁層為其領海以外，依其陸地領土自然延伸至大陸邊外緣之海底區域。前項海底區域包括海床及底土。」，並應符合本法規之規定進行申請。

十三、是否位屬於一級海岸保護區以外之海岸地區特定區域

根據**海岸管理法(**民國 104 年 02 月 04 日公布)第 25 條定義：「在一級海岸保護區以外之海岸地區特定區位內，從事一定規模以上之開發利用、工程建設、建築或使用性質特殊者，申請人應檢具海岸利用管理說明書，申請中央主管機關許可。前項申請，未經中央主管機關許可前，各目的事業主管機關不得為開發、工程行為之許可。第一項特定區位、一定規模以上或性質特殊適用範圍與海岸利用管理說明書之書圖格式內容、申請程序、期限、廢止及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。」，應符合本法規之規定進行申請。

十四、是否位屬於非都市土地區域

根據**非都市土地使用管制規則(**民國 104 年 12 月 31 日公布)第 2 章第 6 條中：「海域用地以外之各種使用地容許使用項目、許可使用細目及其附帶條件如附表一；海域用地容許使用項目及區位許可使用細目如附表一之一。」、第 6-2 條中：「依第六條第三項附表一之一規定於海域用地申請區為許可者，應檢附申請書如附表一之二，向中央主管機關申請核准。…………本規則中華民國一百零五年一月二日

修正生效前，依其他法令已同意使用之用海範圍，且屬第一項需申請區為許可者，各目的事業主管機關應於本規則中華民國一百零五年一月二日修正生效後六個月內，將同意使用之用海範圍及相關資料報送中央主管機關；其使用之用海範圍，視同取得區為許可。於海域用地申請區位許可審議之流程如附表一之三」，應符合本法規之規定進行申請。

十五、近岸海域及公有自然沙灘獨占性使用管理辦法

根據海岸管理法(民國 104 年 02 月 04 日公布)中訂定近岸海域及公有自然沙灘獨占性使用管理辦法第 2 條定義：「海岸管理法第三十一條第一項所稱獨占性使用，指於特定範圍之陸地、水面、水體、海床或底土，設置或未設置人為設施，進行一定期間或經常性，管制或禁止人員、車輛、船舶或其他行為進入或通過之排他性使用。」，應符合本法規之規定進行申請。

十六、是否位屬於國有非公用土地

根據國有非公用土地提供申請開發案件處理要點(民國 100 年 09 月 15 日公布)之規定進行申請。

6.3 初步佈管路線規劃

考量經濟性、降低佈管風險及不遷廠之原則，並依據本計畫評估之取水需求，提出三處不同路線佈置以供未來佈管選擇，未來若針對本區域海域環境有更進一步相關資料，則建議另案重新評估較適合之佈設路線，各路線佈設規劃如下：

1. 試驗管 Line I：

   管線佈設至水深-350~-400m 為止，海管總長度約 1,770m，直接抽至新建之儲水槽，其底層分類屬於 TYPE 1-1。依據調查資料顯示，創研中心既有管線起點位於知本溪南岸，管線走向採知本溪河口流向平行延伸至水深-700m，在深度-450m 以內管線僅些微向北推移，水深-450m 以後管線推移幅度相對較大，可能為造成挫屈無法取水的位置；建議可在知本溪河口南側安裝至水深

-350~-400m 試驗管，管線走向較既有管線偏南，使用經驗可做為日後永久管線規劃參考。

2. 試驗管 Line II：

管線佈設至水深-350~-400M 為止，管線包含海管總長度約 1,540m 及陸上管 1,100m，取水後經由陸上管運輸至新建儲水槽，其底層分類屬於 TYPE 1-1；據觀察本區域屬於前次評估結果中備選區域，且海域管線及取水頭位置可避開沉積積物/MTP 流痕區域，推估海床變化可能性較低，使用經驗可做為日後永久管線規劃參考。

3. 試驗管 Line III：

管線佈設至水深-350~-400M 為止，管線包含海管總長度約 1,846m 及陸上管 2,000m，其底層分類屬於 TYPE 1-2；據觀察本區域屬於前次評估結果中優選區域，且海域管線及取水頭位置可避開沉積積物/MTP 流痕區域，海管兩側皆有海脊並與知本溪河口相隔，推估受河口輸砂影響小，海床變化可能性較低，使用經驗可做為日後永久管線規劃參考。

以上所建議三處試驗管路線可各自獨立進行水量監測，末端取水井處應設置盲封版，控制取水來源，綜合各項相關條件之下，建議三處佈管路線優先選擇 Line III，其次為 Line II，最後為 Line I。

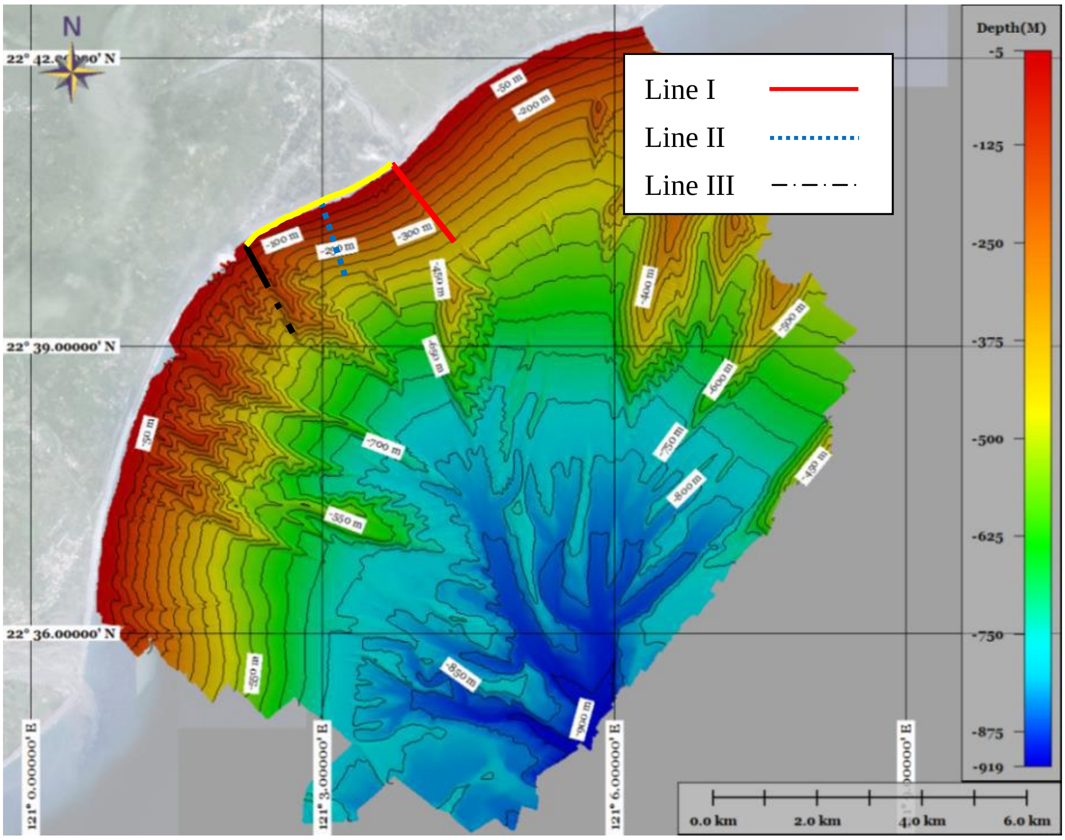


圖 6.3-1 佈管路線示意圖

6.4 佈管工法及施工可行性評估

6.4.1 取水頭工法評估

創新研發中心先前所使用的取水頭結構，主要採用 HDPE 管為結構主體材料，配合接頭處以 FRP 包覆，組成取水口架高離海床面一定高度的取水結構，一方面可避免海床砂石直接流入管中，造成管內阻塞；另一方面利用 HDPE 及 FRP 材料對於海水的耐腐蝕性，達成取水頭長久使用的目的。第一次佈管(99 年 7 月 3 日及 99 年 7 月 18 日)所使用取水頭如圖 6.4.1-1 所示；最終佈管(100 年 10 月 12 日)所使用取水頭如圖 6.4.1-2 所示。

(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

圖 6.4.1-1 第一次佈管取水頭外觀

(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

圖 6.4.1-2 最終佈管取水頭外觀

在發生取水中斷意外之後，管線佈設位置進行包含水下攝影等多項檢查工作，取水頭結構在各項檢視檢查中一直無法被發現，經各方專家評估討論後，大致認為取水頭結構可能由於大範圍的海床滑動與崩坍而遭推移覆蓋，甚至可能已經傾倒後遭掩埋，以致取水功能喪失。

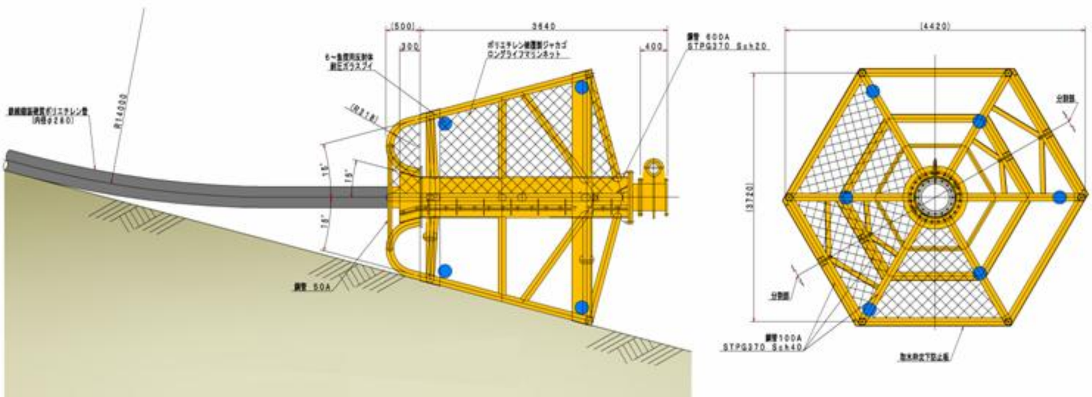
由以上推論結果得知，取水頭在海床面的取水功能維持，是整個深層取水系統的成敗關鍵之一，須將各種取水位置海床可能狀況與事件納入考量並加以防範，做出最可靠的取水頭結構。

據了解日本國在其國內、外有多處深層海水取水工程的成功案例，包括其國內高知縣海洋深層水研究所、室戶海洋深層水水產養殖場、沖繩縣海洋深層水研究所(久米島)、駿河灣深層水取水供給設施、富山縣水產試驗場深層水利用研究設施、入善町海洋深層水利用設施、熊石海洋深層水取水設施及三重縣尾鷲海洋深層水利用設施等；以及國外的韓國江原道深層水取水設施等，取水深度大致介於 300M 至 500M，最深有到達 687M 的案例，取水管內徑約在 380MM 以內，與創新研發中心的需求相類似。故本計畫參考日本的成功案例與經驗，並考量東部地形、地質需求等因素，針對可能使用的取水頭結構形式逐項分析討論。

6.4.1.1 取水頭類型分析

一、風車型取水頭

參考「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃」內容，風車型取水頭被認為最適合日本及台灣地區使用的取水頭形式，結構形式示意圖如圖 6.4.1.1-1 所表示。



(資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

圖 6.4.1.1-1 風車型取水頭結構形式示意圖

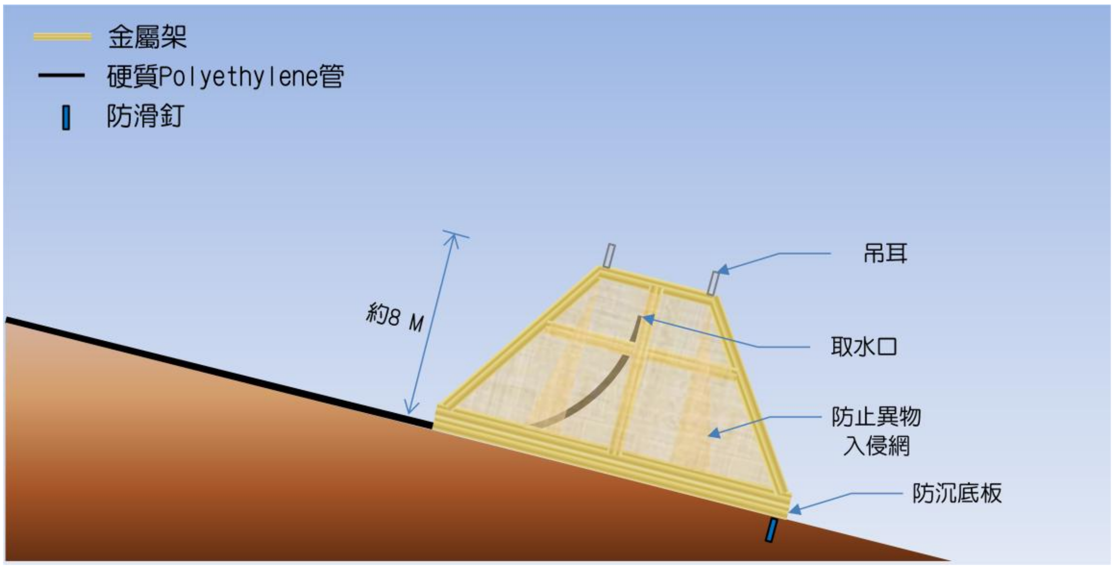
考量取水頭所在位置可能屬於斜坡地形，地質為碎石夾雜淤泥的

型態，且可能有滑坡事件發生，取水頭設計為一多邊錐形體，從取水口末端觀看類似一大型風車，本類型取水頭便於在海床上隨著滑坡方向移動或滾動，維持取水頭末端不被掩埋，提高其在中、小型滑坡時之存活率；根據日本國內實際設置經驗，本類型取水頭適用於海床地形傾斜的位置，對於地形變化的容忍度也較高，且設置方式也相對容易，直接隨著管線沉放落於海床面即可，因其採錐形體設計，取水位置距離海床高度固定，有效避免砂土於取水過程中伴隨吸入，造成管線堵塞。本類型取水頭的使用案例，包含高知縣深層水研究所、沖繩縣深層水研究所、熊石町深層水利用設施等，且可適用於海床傾斜角大於 10 度的情況。

另一方面，由於風車型取水頭與取水管的交接處，屬於結構上變斷面的應力集中位置，在取水頭被推移時可能會對該處產生較大應力，故應考慮當取水管使用鎧裝管時，外層包覆鐵線須與取水頭前端做適當連結固定，避免管線因受力不當而斷裂或挫屈；若使用 HDPE 管為取水主管時，風車型取水頭與取水管的交接處須進行避免應力集中設計。本類型取水頭外側面可以防蝕鋼網或其他不銹蝕網目作包覆，一方面可避免沉積或崩落土石直接撞擊中央取水管，另一方面可降低取水頭在海床面上的沉陷量。本類型取水頭使用時，需注意是否有設計專利等實務上相關問題。

二、四角錐型取水頭

參考「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃」內容，除了風車型取水頭以外，日本較常使用的取水頭形式上包含四角錐型取水頭，結構形式示意圖如圖 6.4.1.1-2 所表示。



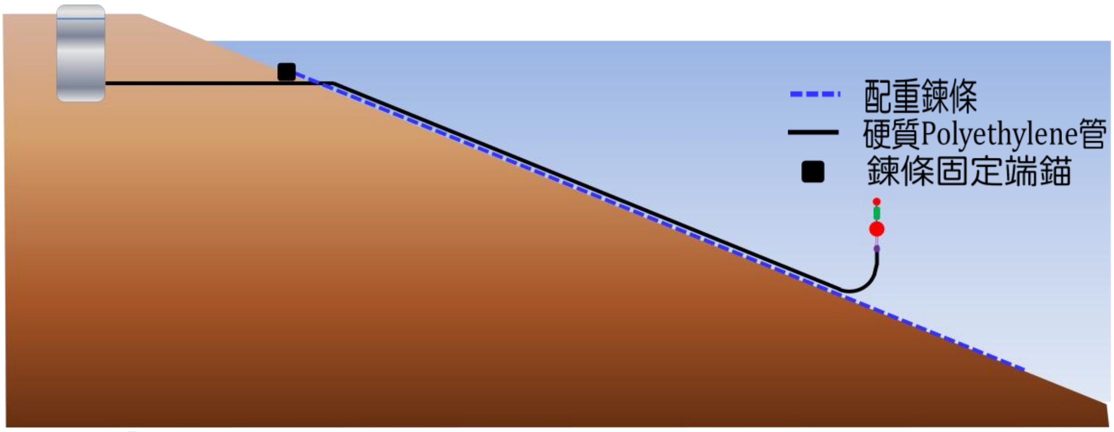
(資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

圖 6.4.1.1-2 四角錐型取水頭結構形式示意圖

四角錐型取水頭構造較為簡單，屬於固定式取水頭結構，錐體以金屬構架製成，取水主管由四角錐體側面底部伸入中央進行取水，四角錐底部設置防沉底板避免錐體沉陷，並在底部加設防滑釘插入海床，避免取水頭滑動；四角錐體四周設置網狀防止板，降低取水頭內部因遭撞擊而損壞的可能性。本類型取水頭主要設置於海底床面為平地、緩坡等地形情況，地質為碎石夾雜淤泥的型態，安裝時必須配合深海吊放作業，且設置完成後，對於當地拖網漁船作業可能造成影響，損害漁網及漁具，故採用本類型取水頭需詳細確認安裝位置地形、地質、坡度(建議傾斜小於 9 度)等條件，確認當地漁民理解其必要性。本類型取水頭的使用案例，包含富山縣水產試驗場、靜岡縣水產試驗場、入善町深層水利用設施及 JOIA 示範設施等。

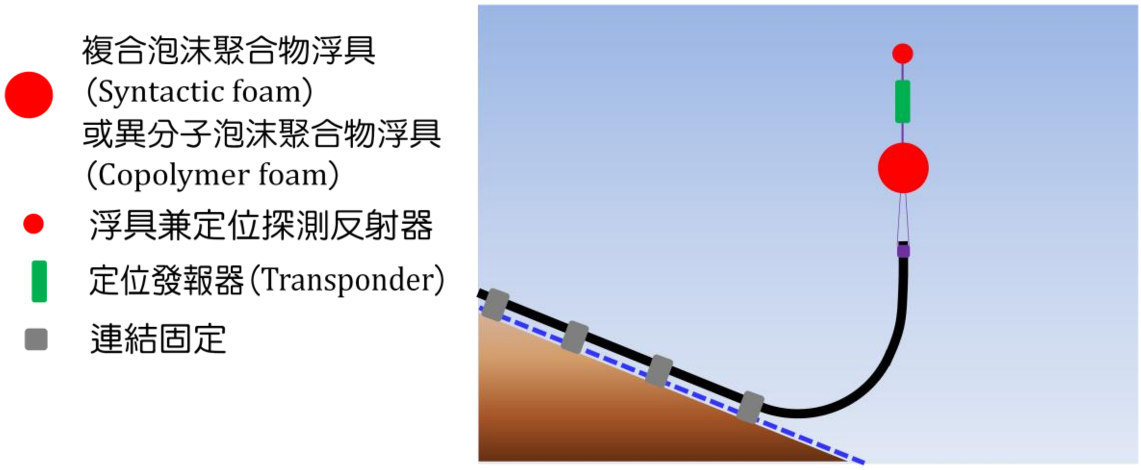
三、縱向浮式取水頭

前述日本國所完成深層海洋取水之工程實績中，多數為日本清水建設參與並完成，其專業能力與豐富經驗為深層海洋取水工程業界的領導者，104 年 12 月 3 日所舉辦「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題」會議中，日本清水建設針對創新研發中心所需簡易取水管線提出建議方案，以縱向浮式取水頭為取水方式，其配置如下圖 6.4.1.1-3 至圖 6.4.1.1-5 所示。



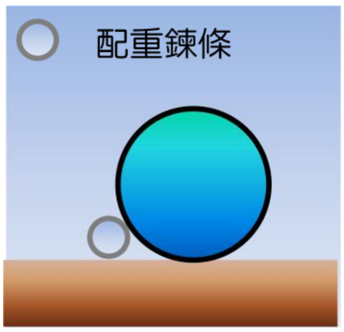
(資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

圖 6.4.1.1-3 簡易取水管路構造示意圖



(資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

圖 6.4.1.1-4 簡易取水管路構造示意圖(續) – 縱向浮式取水頭構造形式



(資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

圖 6.4.1.1-5 簡易取水管路構造示意圖(續) - 管路構造形式

上述所建議簡易取水管路構造，取水管(即硬質 Polyethylene 管)的附加配重採用配重鍊條方式，沿管線將取水管與鍊條以連結固定，

為避免鍊條重量造成管體負擔，在鏈條上端設置鍊條固定端錨以承受鍊條下滑分力，管線末端取水頭以複合泡沫聚合物浮具(Syntactic Foam)或異分子泡沫聚合物浮具(Copolymer Foam)作為浮力來源(詳見圖 6.4.1.1-4)，將取水口上提，深層海水則由上而下進入末端取水口，上方並安裝定位發報器(Transponder)及定位探測反射器，在取水頭甫安裝完成時，以定位發報器確認取水頭位置，待定位發報器電力耗盡則針對定位探測反射器進行掃描，確認取水頭位置。圖 6.4.1.1-5 表示取水管與配重鍊條之相對位置。

圖 6.4.1.1-6 則為複合泡沫聚合物浮具(Syntactic Foam)之實體案例，本類型材料在深海潛水機具上(如 ROV、水下載具等)多所應用，且對於各類水下浮具需求已有成熟產品，包含浮標(水下 200M 至 6000M)、纜線浮具(ROV 纜線)及硬質浮力球(水下浮力來源)等，其浮力需求需依照管末端實際浮力需求進行設計，並考慮颱洪事件對浮具的拉力作用影響，過大的浮力或拉力可能造成管線彎曲段的挫屈，浮力過低則可能造成管線太接近海床面，海床砂石或沉泥將進入管中，影響取水品質；另一方面，由於浮球位於深海，必須另外考慮水下壓力對浮球體積的影響，相對於其他類型的取水頭而言設計難度較高。

(資料來源: http://www.esyntactic.com/products-solutions/structural-marine-applications-b/)

圖 6.4.1.1-6 複合泡沫聚合物浮具(Syntactic Foam)

四、橫向浮式取水頭

考量管線平常時大幅彎曲，當颱洪事件來襲或潮流流速提高時，將增加管線挫屈破壞的風險，除了前述縱向浮式取水頭以外，建議也可考慮採橫向浮式取水頭進行取水，如圖 6.4.1.1-7 所示。橫向浮式取水頭的概念與縱向浮式取水頭相接近，管線安放於海床面時也可採用配重塊進行配重，配重塊必須採用星形設計，使其插入海床，一方面

增加配重塊摩擦係數，另一方面配重塊重量垂直海床面的分量可由海床承受，大幅降低配重塊因海床坡度造成管線的重量負擔。星型配重塊如圖 6.4.1.1-8 中右側(Starred)所示。

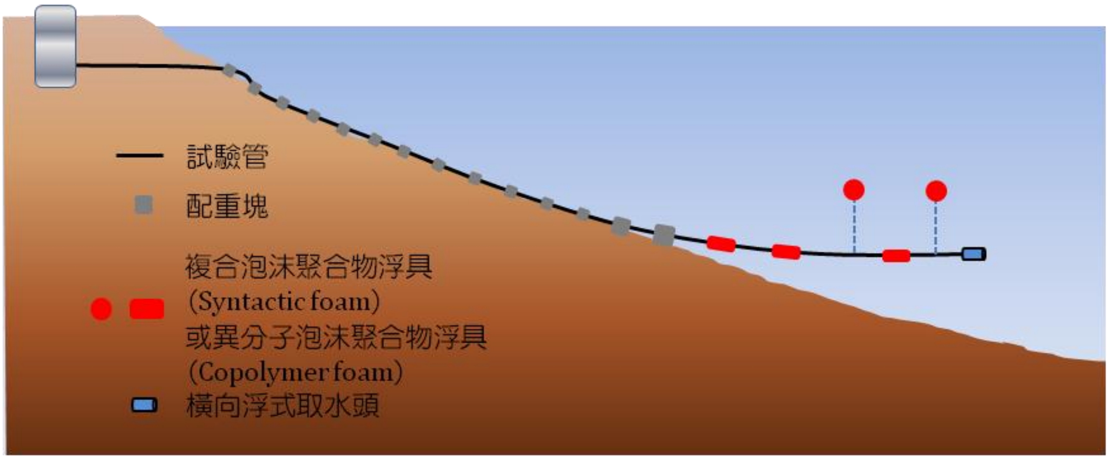


圖 6.4.1.1-7 橫向浮式取水頭構造形式

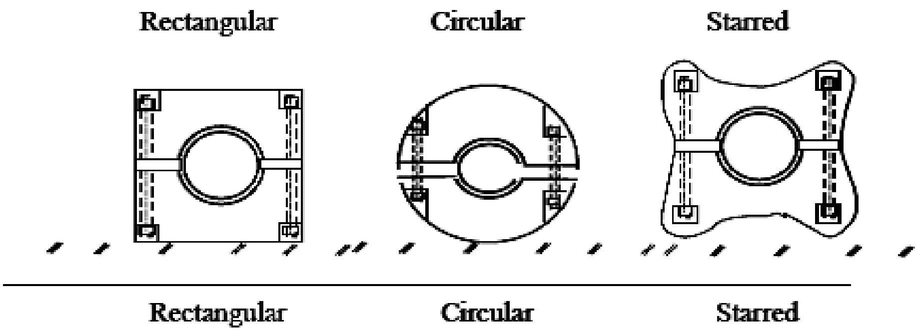


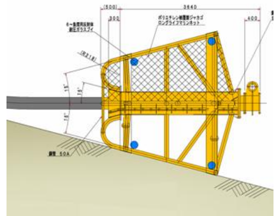
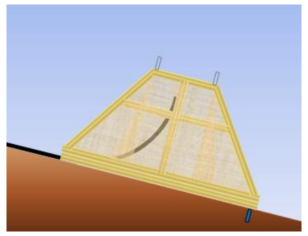
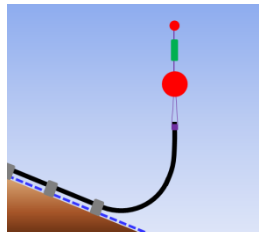
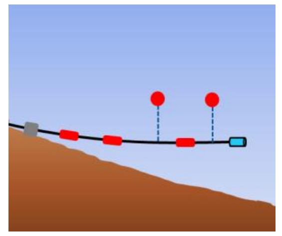
圖 6.4.1.1-8 常用混凝土配重塊形式

橫向浮式取水頭最大的特點，在於管線接近目標取水深度時，利用配重塊重量與浮具浮力的調節，讓管線以微小的曲率逐漸遠離海床，末端進水口以懸浮狀態進行取水。深層海水以橫向流動進入末端取水口，末端可比照縱向取水頭安裝定位發報器及定位探測反射器，達成取水位置確認的目的。橫向浮式取水頭與縱向浮式取水頭相較的最大差異，在於縱向浮式取水頭的近末端彎曲部分曲率較大，在承受潮流推力時容易達到挫屈曲率，導致管線損壞失效，而橫向浮式取水頭相對而言較不易挫屈，管線安全性較高。

6.4.1.2 取水頭綜合評估

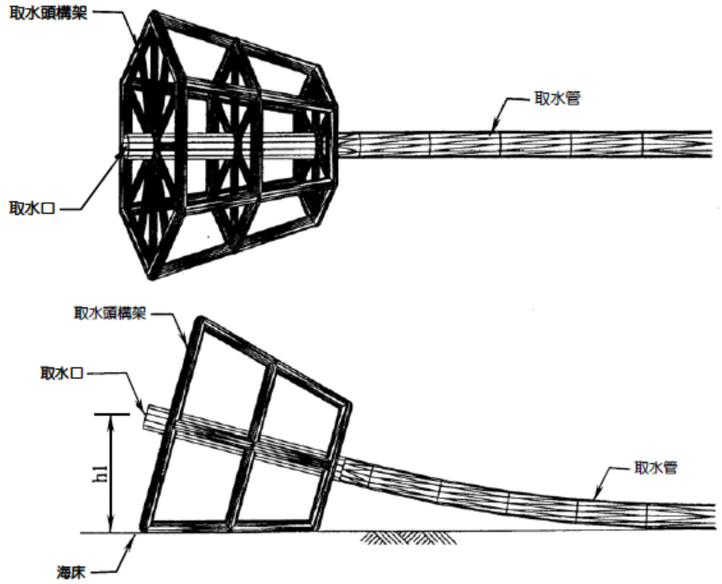
針對前述各類型取水頭的特性，進行逐項比較，比較結果如表 6.4.1.2-1 所示。

表 6.4.1.2-1 各類型取水頭綜合評估比較表

取水頭形式		風車型取水頭		四角錐型取水頭		縱向浮式取水頭		橫向浮式取水頭	
概念圖									
設計相關項目	設置安定性	平坦地形、礫石地形及岩石地形、底床傾斜 10 度至 30 度等地形都適合施作，安定性高。日本多用在較陡峭海床地形上。	◎	適用於海底地形平緩處，在較陡峭地形會有安定問題，實際案例多使用在海床面傾斜角 10 度以內。	△	取水頭及管線末端懸浮向上，可降低海床崩坍或滑動造成取水口遭掩埋的風險。	◎	取水頭及管線末端橫向懸浮，可降低海床崩坍或滑動造成掩埋的風險。	◎
	構造安定性	取水頭可承受側向旋轉，取水的高度仍可以保持，不會吸入底泥。底拖漁網拉扯造成損傷較其他類型取水頭小，但仍應避免漁具干擾，金屬結構體須採取防蝕處理。	◎	遭受底拖漁網拉扯可能造成傾倒，導致泥沙吸入，應予以避免。金屬結構體須採取防蝕處理。	△	以浮具浮力及管體強度維持吸入口朝上而不挫屈，設計時需縝密考量未來可能潮流條件及浮具材質，漁網經過時會造成纏繞損壞，安裝深度應避開底拖漁網作業深度，或標示禁止漁網作業。	△	以浮具及配重維持吸入口及末段管線水平，設計時需縝密考量配重量及浮具材質，底拖漁網經過時可能造成纏繞，安裝深度應避開底拖漁網作業深度，或標示禁止漁網作業。相對縱向取水頭而言較不易挫屈，管線安全性較高。	○
	泥沙淤積	取水口與取水管沿海底平行設置，管內泥沙堆積不易發生	◎	管內泥沙淤積風險性高。	△	取水口離海床面較遠，浮力維持下無泥沙淤積問題。	◎	取水口離海床面較遠，浮力維持下無泥沙淤積問題。	◎
施工相關項目	鋪設工作難易度	因取水頭重量輕且與管線結構連貫，管線沉放作業可與取水頭沉放一起執行，安裝作業容易且安全。	◎	須配合沉管作業時採用吊放作業設置，沉底時需依照實際安裝地形做調整，難度較高。	△	重量輕且與管線結構連貫，管線沉放時一起沉放入水。	◎	重量輕且與管線結構連貫，管線沉放末端一起沉放入水。但須注意配重量是否造成末端挫屈。	○
其他	漁業活動影響	對於底拖漁業仍有部分影響，取水頭位置應禁止底拖漁網作業。	○	安裝後將於海底突出約 8M 高，對於底拖漁網有影響，需禁止底拖漁網作業。	△	須明確標示取水頭鄰近區域禁用底拖漁網或其他漁具。	△	須明確標示取水頭鄰近區域禁用底拖漁網。	○
	相關實績	建議設置在海底傾斜大於 10 度位置，日本有多處實績。	◎	建議設置在海底傾斜小於 9 度位置，日本有多處實績。	△	創新研發中心已完成一處類似取水結構。	△	目前無實績	×
	經濟性	製作費約新台幣 175 萬元(日本案例)。	◎	製作費約新台幣 500 萬元(日本案例)。	△	-	-	-	-
綜合評價		適合本計畫區域特性，但若遭遇大範圍崩塌事件，仍有遭淤埋的可能。	◎	本計畫地形坡度大且有崩塌之疑慮，故不建議採用。	△	本類型取水頭可有效避免地形崩坍或滑動時遭淤埋的危險，相當適合計畫位址特性，但須嚴格禁止可能的漁網纏繞。	○	本類型取水頭可有效避免地形崩坍或滑動時遭淤埋的危險，相當適合計畫位址特性，但須禁止底拖漁網作業。	○
符號表示　◎:最佳　○: 佳　△: 尚可　×: 不佳									

(部分參考資料來源:「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃，經濟部水利署)

根據 101 年 12 月第八河川局之「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中 6.6.9 節重新佈管檢討與建議，提出「深層海水取水頭位於取水管路之最前端，設計上應考慮必要之穩定重量，預防吸入海床底質，故一般取水頭之入口高度須離海床一段距離，施工上亦應避免取水頭倒放朝向海床。……以本區海域底床質為砂質條件，初步建議採用六角椎形取水頭。」之論述。並提出取水頭圖說樣式如圖 6.4.1.2-1 所示。



(資料來源:「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」，經濟部水利署第八河川局)

圖 6.4.1.2-1「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中建議取水頭形式

上圖所示取水頭與表 6.4.1.2-1 所述風車型取水頭相當類似，故得知歷經前次佈管經驗後，考慮未來採用取水頭形式與日本常用的取水頭形式相類似，主要考量都聚焦於避免區域海床崩坍掩埋取水頭為主；但是若進一步考量大範圍崩坍事件，則浮式取水頭能避免取水頭遭掩埋，亦應列為選項之一。試驗管的取水頭形式在多方面綜合比較之後，取水頭位置雖要求盡量避免位於大範圍崩坍區域，以求風車型取水頭得以適用，但海床變化無法在現有資料中完全準確預期，既然試驗管具有永久管先期試驗的特性，若試驗管可選擇兩處(含兩處以上)位置進行，建議在大範圍崩塌可能性較高處，採用縱向浮式取水頭，其他採用風車型取水頭或類似功能取水結構；若試驗管僅設置一處，原則

上已選擇海床崩塌機率較低區域，則建議採用與風車型取水頭類似功能取水結構。實際採用取水頭形式原則上仍須設計施工單位評估討論後作最後決定。

6.4.2 管材工法評估

6.4.2.1 取水管材評估

參考「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書，101 年 12 月」內容，創新研發中心採用高密度聚乙烯管(簡稱 HDPE 管)作為取水管線、排水管線及取水頭等主要管材，管材基本資料如下:

1、原料：PE100 之 HDPE 管。

2、尺寸：OD=500mm，SDR＝11，t＝45.4mm，單管長 13m。

3、生產：南亞塑膠股份有限公司嘉義太保廠。

4、運輸：以平板車陸運，每車 20 支或 24 支。

5、生產時程：

民國 98 年 12 月生產 260m，99 年 2 月 25 日~3 月 31 日生產 5,640m，合計共生產 5,900m，其中約 500m 用在冷能利用後海水排放之排水管，約 150 公尺製作取水頭，其餘主要之 5,250m 全部用作取水管（含接管與試水之損耗）。

6、熔接設備：

全新德國進口採購 GF-500 CNC 熱熔機（如圖 6.4.2.1-1 所示）並派員出國取得接合證照。

圖 6.4.2.1-1 前次 HDPE 管所使用 GF-500 熱熔機

7、接管方式

原則採熱熔對接，必要時少數接頭採機械式法蘭片銜接。

8、階段性接管規模

所使用直徑 500mm HDPE 取水管之單管長度為 13m，第一階段將其接合約 200m 長度，第二階段續接合至約 1,000m 長度，最後接合為全管長度，安置於砂灘上以備佈管使用。

創新研發中心所需深層海水取水海域地形變化急遽，海床表面坡度約 6.5:1 左右，換算平均傾斜角度約 8.75 度，且大致為易崩塌的砂質地質，所以在管線的使用上，應謹慎考慮採用可適應地形起伏而調整的柔性管材。既有管線所採用的 HDPE 管具有上述特性，可能為適合的管材類型之一，但考慮目前管線遭到局部掩埋，無法確知是否有破壞、斷裂或挫屈的問題，導致取水功能失效，故本節以適用本海域環境為前提，針對可能適用的管材進行詳細分析與探討。

6.4.2.2 管材類型分析

參考「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃」內容中，提到理想的海洋深層水取水管，須具備堅固的外殼、易於彎曲且耐久性佳等特性，以達成下列目的:

1. 管體須連續製造，辦理水壓試驗及儲存
2. 鋪設路線可自由彎曲，能適應海底地形
3. 具有優異的軸向拉力及斷面力，可抵抗底拖漁撈及地震事件
4. 對於颱風及洋流的襲擊具有充足的安定性
5. 不受環境腐蝕

基於上述目的的考量，日本專家並針對目前市面上可能適用的各種管材進行初步評比，包含有鎧裝管(即鎧裝 HDPE 管)、HDPE 管、PVC 管、FRP/FW 管及內外襯鋼管等五種，評比項目大致可分為材料特性(製造口徑、比重、膨脹係數等)、設計相關性能(保溫性能、耐久性能、耐衝擊性能等)及施工相關性能(接合特性、安裝特性、使用實績等)三大類，在綜合考慮管材透水性、強度、可撓性、耐久性、耐腐蝕性及環境因子後，提出以鎧裝管(鎧裝 HDPE 管)適用性最高，HDPE 管適用性次之，其他三項管材不適用的評比結果。

除參考日本專家之使用經驗與建議外，近年來由於聚乙烯材料的耐久特性與生產技術進步，以聚乙烯材料為基底的特殊管線相繼開發上市，例如鋼線網聚乙烯複合管(Steel Wire Mesh and Plastic Composite Pipe)、鋼骨架聚乙烯複合管(Steel Framed Polyethylene Plastic Pipe)等等。其中鋼骨架聚乙烯複合管採用鍍銅鋼線為骨架，內外包覆高密度聚乙烯成型，由於本計畫所需管材應具有優異的軸向拉力強度及斷面強度，故鋼骨架聚乙烯複合管也具有其獨特優點。

綜合上述經驗與結論，創新研發中心未來欲辦理長期穩定取水或試驗管管材，可考慮使用的管材分析如下。

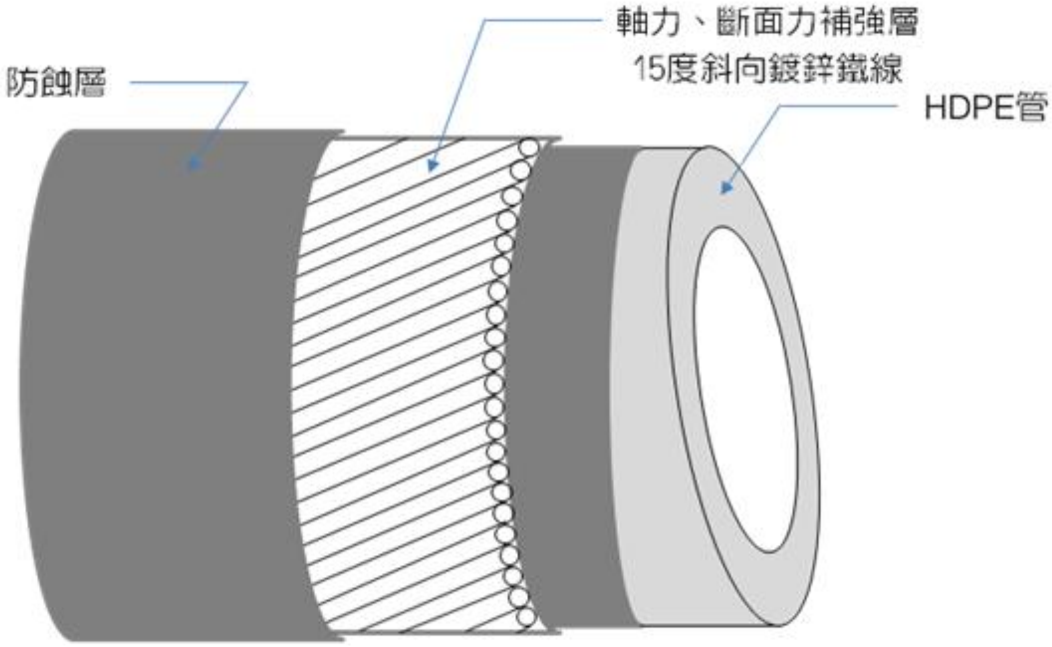
一、鎧裝管

鎧裝管的全名為鎧裝硬質聚乙烯管，其構造主體為 HDPE 管外部包覆加勁材料所構成，加勁材料主要包括鐵線及鋼帶兩種，參考「第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃」內容所述，鐵線鎧裝管(如圖

6.4.2.2-1 所示)因斷裂拉力較高，可適用於海洋深層取水管，而鋼帶鎧裝管斷裂拉力較低，一般只適用於淺海或陸地上管線，故以下針對鐵線鎧裝管進行討論。鎧裝管的斷面如圖 6.4.2.2-2 所示。

(資料來源: http://www.pref.kochi.lg.jp/shinsosui/facility/facility.html)

圖 6.4.2.2-1 鐵線鎧裝 HDPE 管照片



(參考資料來源: 第 31 屆中日工程技術研討會-水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃)

圖 6.4.2.2-2 鐵線鎧裝 HDPE 管斷面示意圖

鎧裝管本體結構包含最外圍防蝕層、斜向 15 度纏繞的鍍鋅鐵線層、鐵線層內襯及內部 HDPE 管，以目前國際間鎧裝管的製作技術而

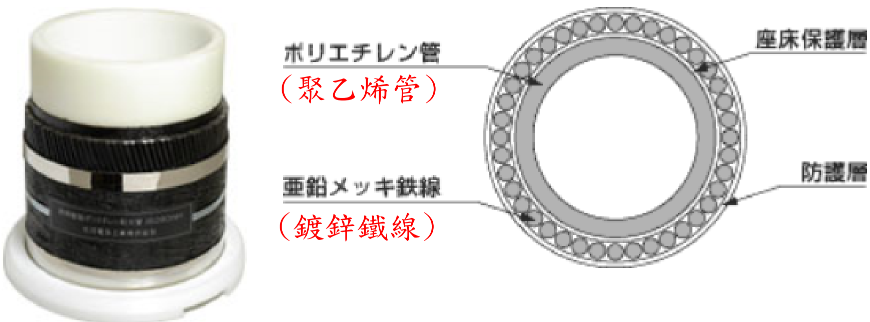
言，鎧裝管的最大內徑約 280 mm，管內設計流速約在 0.56 m/sec 左右，以試驗管預估水量 1,000CMD 而言可滿足需求，但若以創新研發中心先前規劃最大日需水量 12,000 CMD 考量，則需以多條管線同時取水進行規劃，方能滿足深層海水取水量需求。若以內徑 270 mm 的鎧裝管為例，其斷裂張力因為有鍍鋅鐵線的加強，可高達 220 噸(考慮包含HDPE管的50噸及鍍鋅鐵線層的170噸)，空管重量約87 kg/m，沒入水後重量約 45 kg/m。表 6.4.2.2-1 為日本古河電工公司所生產鎧裝管標準產品尺寸。

表 6.4.2.2-1 所生產鎧裝管標準產品尺寸表

深層水取水管

標準タイプ （標準型）

取水管は下図のように硬質ポリエチレン管の上に亜鉛メッキ鉄線をより合わせ、がい装したものを標準タイプとしています。（下圖為硬質聚乙烯管及鍍鋅鐵線組裝標準圖）



標準仕様

（通稱直徑）	呼び径(mm)		50	65	75	100	125	150	175	200	225	250
（聚乙烯管內徑）	ポリエチレン管内径(mm)		50	65	75	100	125	150	175	200	225	250
（聚乙烯管厚度）	ポリエチレン管肉厚(mm)		5	6.5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25
	座床保護層厚(mm)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
（鍍鋅鐵線）	亜鉛メッキ鉄線	Φ(mm)	6	6	8	8	8	8	8	8	8	9
		(本)（根）	33	42	36	47	59	70	81	93	104	103
	防護層厚(mm)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
（完成後外徑）	仕上外径(mm)		84	101	118	148	178	208	238	268	298	330
	概算質量(空中空質量)(kg/m)		10	14	19	26	33	41	49	57	66	82

(資料來源:https://www.furukawa.co.jp/aqx/product/seadeep_pro.htm)

整體而言鎧裝管使用於深層海水取水管線具有多項優點，包含管體可耐受的斷裂張力相當高，管線具有可撓性能大致隨著地形彎曲，保溫性能佳，幾乎不受環境或海水腐蝕，耐衝擊能力高，可快速連續鋪設，無須另外配重，可辦理全管線滲漏、耐壓測試等等，根據 1981 年~2008 年間統計資料顯示，在日本有關深層海水取水的管線中，約有 65%使用鎧裝管(鐵線鎧裝 HDPE 管)，其他則為鋼帶鎧裝管、HDPE 管與鋼管等其他管材，可說是日本海水取水管線的首選，但是另一方面鎧裝管的鋪設安裝限制較大，由於管線需要一體成形，運送上不如其他類型管線方便，必須採用旋轉盤(Turntable)進行管線捲曲儲存運送，並配合卷駁船(Reel Barge)工法進行佈設，以國內環境而言，因為海水取水管線的市場規模有限，目前國內鎧裝管使用僅限於電纜線、小型輸水管，較大口徑輸水鎧裝管並無生產廠商，必須從國外進口，同時國內目前也沒有適合的卷駁船可供施工，從生產到安裝都須由國外廠商與船舶配合，以國際間船舶動員施工的動復員費用而言，動復員費用反將成為全工程的主要費用，就經濟效益上建議應再做考量。圖 6.4.2.2-3 為鎧裝管佈設所需船隻示意。

(資料來源:http://www.ogj.com)

圖 6.4.2.2-3 鎧裝管佈設所需船隻示意

二、高密度聚乙烯管(HDPE 管)

歐美國家在近 30 年來，採用大量的高密度聚乙烯管（HDPE 管）作為取水、排水或輸水等工程的管材，由於 HDPE 管材係黏彈性材料(Viscoelastic Material)，具可撓性，其力學性質與一般彈性材料完全不同，並不具固定之應力-應變關係（如圖 6.4.2.2-4 所示），且具有應力消散現象(Relaxation Phenomenon)，即在應力 σ_0 維持為一常數時，其應變 ε_0 將隨時間增加而增加，若當應變 ε_0 維持一常數時，應力 σ_0 將隨時間增加而降低（如圖 6.4.2.2-5 所示），若是受力時間短暫，則管線又會趨於回復原狀。HDPE 管特性在管線施工時具有相當優勢，因 HDPE 管線能承受較大曲率之彎曲度而降低管線挫屈之威脅，現場施工時只要陸地上準備工作充足，船隻配合得宜，絕大部分管線接合工作都在陸上完成，大量降低海上施工時間，台灣地區夏季有不定時颱風威脅，冬季則有東北季風影響海象，工程中若需要長期海上作業，所需投入等待與動員成本將大幅增加，因此，能夠將海上作業時程降到最低，對於工程進行也最有利，相對而言海事工程的風險也就隨之降低，工程可行性也將大幅提高。

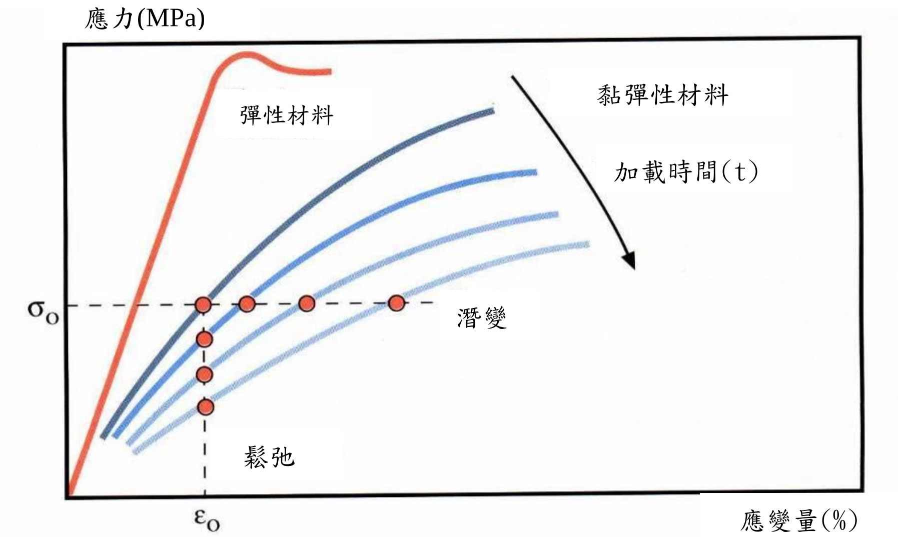


圖 6.4.2.2-4 彈性材料及黏彈性材料之應力-應變關係圖

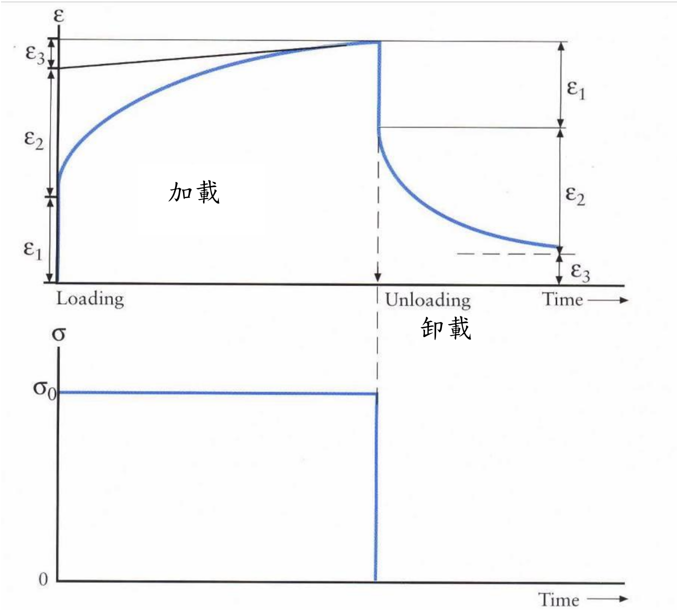


圖 6.4.2.2-5 塑膠管材之應力-應變關係圖

就管材的生產及運送而言，台灣管材生產廠商對於 600 mm 以下管徑 HDPE 管的生產技術大致成熟，管徑大小也能滿足試驗管或是原規劃取水需求量，只要確實遵照國際間通用的管線規範及嚴格管控原物料品質，HDPE 管可採用國內製品，採陸上運輸方式將管線以每節約 13 m 長度運送至熔接場地進行熔接接合；若採用國外生產管材，則須考慮貨櫃長度，以每節 11.8 m 長度由海運貨櫃送達熔接場地進行接合(可採電焊套接合)，HDPE 管線的採購及運送皆無問題。另一方面根據既有取水管線側掃聲納探測與竣工圖相比對結果，管線軌跡為多段路線組合且互有明顯錯位移，據此跡象推估管線也有可能因施工品質問題斷裂分成多處段落，發生斷裂的位置推估以管節熔接位置可能性較大，因此，管線熔接施工的相關品管程序應多加注意與加強，方能確保管線未來遭受推移後維持全線完整不斷裂。

以目前 HDPE 管線常用佈管施工方式而言，包括有拖拉沉放工法(Float-and-Sink Method)以及佈管船工法(Lay Barge Method)，拖拉沉放工法與日本採用的浮拖工法相同，佈管船工法則與日本採用的卷駁船工法相類似，相關工法內容於施工工法分析章節詳述。採用拖拉沉放工法進行佈管時，裸管於陸地熔管場先行完成管節熔接，在長度超過拖船(tug boat)拖管能力或條件時，再採用法蘭接頭銜接或海上熔接；

採用佈管船工法時，管線必須在海上逐段熔接沉放。HDPE 管材料比重僅 0.96 ton/m^3，為維持管線在海床上的穩定，HDPE 管線的配合措施包含:

（1）混凝土配重塊：以混凝土澆注塊體，配合金屬螺栓等配件將塊體固定於管體沿線，以壓重方式維持管線沈於海床；

（2）蓆塊：混凝土塊體以抗腐蝕的軟性繩索串接，形成面狀混凝土壓重蓆塊吊放於管體上，未來即便管線覆土遭掏刷流失，蓆塊壓於管線上仍可防止上浮。

管線上配重考慮海水腐蝕耐久性，一般建議採用混凝土材質配重塊，若有特殊考量也可採用金屬製品配重(如鍊條、配重夾具等)，依照現地波浪強度及洋流速度等情況決定配重的大小及間距，考量施工方式選擇在陸上安裝配重塊後讓管線下水，或是讓管線在船上熔接完成後再行配重。根據「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，104 年 1 月」指出，原佈管區域鄰近海域為不穩定的地質環境，有河口沉積物重複滑塌與覆蓋的現象，管線遭受滑坡事件時，土壤的滑動將對配重塊產生推移力，配重塊斷面愈大或突出 HDPE 管壁愈多，其所受之推移外力愈大，此外力將增加配重塊與 HDPE 管所受拉力；若配重塊採用近似圓形或八角形斷面設計(見圖 6.4.2.2-6)，儘量貼近管線本體而不致過於突出，滑動的土壤作用於配重塊之面積較小，配重塊所受之外力也將較小，加上近似圓形的配重塊，管線的存活率即可提高。

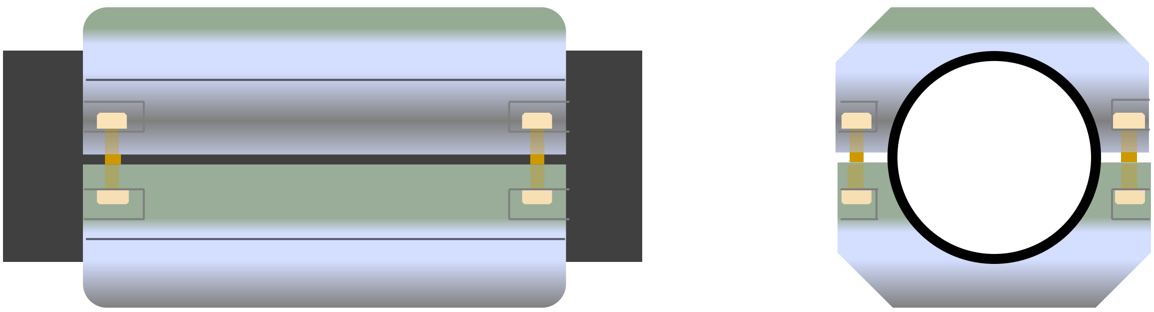


圖 6.4.2.2-6 配重塊設計概念示意圖

三、鋼骨架聚乙烯複合管

鋼骨架聚乙烯複合管採用鍍銅鋼線為骨架，內外包覆高密度聚乙

烯材料成型，為近年來大陸地區所發展的特殊管材，目前產品管內徑介於 50 mm 至 600 mm 間，並取得中國、美國、歐盟、南非等地區的製造技術專利。鋼骨架聚乙烯複合管利用鋼線的強度與高密度聚乙烯的耐腐蝕特性加以結合，在高密度聚乙烯管(HDPE)管壁內部以一體成形的方式將鋼線網包覆其中，相對於 HDPE 管而言每個管節具有較高的拉力強度及側向強度，施工上可將每一管節運到現場再進行電焊套接合，相對於鎧裝管的一體成型安裝也較具施工彈性。

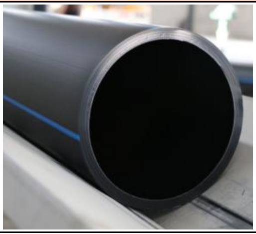
鋼骨架聚乙烯複合管雖具有上述優點，但由於管節間進行電焊套接合時並未將管線鋼骨架接續，在使用上接合位置強度與單純 HDPE 管線強度接近，受到軸向拉力時成為強度弱面，無法發揮強度特性。管線由於內部包覆鋼線，對於管體可容許彎曲半徑大幅降低，佈設完成與施工中適應地形的能力也隨之減低，增加管線彎折挫屈的風險，根據管材廠商的設計參數，管內徑 150 mm 以下者容許彎曲半徑為 80 倍管內徑值，管內徑 150 mm 以上至 300 mm 者容許彎曲半徑為 100 倍管內徑值，管內徑 300 mm 以上者容許彎曲半徑為 110 倍管內徑值，再加上本類型管線可參考施工案例相當少，故在上述狀況未有解決方案之前，暫不建議在本計畫中採用。

6.4.2.3 管材綜合評估

針對前述鎧裝管與 HDPE 管的各種特性、施工條件要求等，進行逐項比較，比較結果如表 6.4.2.3-1 所示。

依照表 6.4.2.3-1 管材比較結果，鎧裝管與 HDPE 管皆為理想的取水管材，其中鎧裝管自體重量足夠，無須另外配重，但鎧裝管包含管線製造、儲存、運輸、佈放等都需仰賴國外船機，就試驗管經濟規模上考量，除非一次佈放多處，將總工程費用提高至國外團隊可接受的程度，否則本計畫僅能採用徑厚比(SDR)較低的 HDPE 管作為試驗管管材。未來在施工階段實際採用管材類型視管線數量及總工程費與廠商動員能力而定。

表 6.4.2.3-1 取水管材特性比較表

取水管形式		鎧裝管 (鐵線鎧裝硬質聚乙烯管)		高密度聚乙烯管 (HDPE 管)	
概念圖					
設計關聯項目	水質保持	有效維持取水水質	○	有效維持取水水質	○
	保溫性能	有效維持海水低溫	○	有效維持海水低溫	○
	通水性能	管徑穩定通水性能佳	○	管徑穩定通水性能佳	○
	地形適應性	管線可順應地形變化著底於海床(曲率半徑>20*管外徑)	○	管線可順應地形變化著底於海床(曲率半徑>60*管外徑)，需另考慮配重塊可能影響	○
	抗壓性能	具有鐵線鎧裝，抗壓性能較佳	○	可增加管厚度提升抗壓	△
	懸空限制	雖具有較佳剪力強度，但重量亦較重	○	長期使用可隨地形變化而變形，不影響輸水特性	○
	抗水流推力	重量較重，穩定性佳	○	可採配重塊協助	○
	強度(抗拉)	斷裂強度較高	○	斷裂強度較低，但具有塑性變形能力	△
	耐久性	使用年限約 30 年	○	使用年限可達 50 年	○
	耐衝擊性	外力衝擊不易損壞	○	外力衝擊不易損壞	○
施工關聯項目	施工方便性	管線製作完成後，直接以卷駁船沉放即可，施工方便且不易損壞	○	管線完成後，需考慮配重安裝與穩定性	△
	管材取得	在國內僅用於電纜及其他小管徑用途，必須仰賴進口	×	管徑 600MM 以下台灣製造技術已趨成熟，也可使用進口品	○
	船機動員	管線製造、儲存、運送、佈管作業等必須自國外動員卷駁船配合。	×	採用國內拖船及平台船等一般船機即可完成佈管作業	○
	接合方便性	管體須於工廠一體成形，無法現場接合	×	可將分段管節運至現場熔接，施工便利性高	○
	使用實績	日本深層海水取水工程廣泛使用，所占比例達 65%以上，但國內缺乏施工案例	△	歐美及台灣廣泛使用，施工經驗豐富	○
綜合評價		鎧裝管對於外力的抵抗能力較佳，也不須額外配重，施工程序相對單純，但是目前必須仰賴國外(例如日本)製造、運輸及佈設，動員費用甚高	○	HDPE 管在台灣施工經驗較多，管材的採購及組裝較方便，但對於外力抵抗較差，必須配重，設計上有較為複雜的考量。	○
符號表示　○:佳　△:尚可　×:　不佳					

6.4.3 佈管工法評估

對於海域取水管佈設工法，參考「第三十一屆中日工程技術研討會」及中興公司以往於國內外佈設海管之相關經驗，可能管徑之佈管工法多採用拖拉沉放工法及日本清水建設之卷駁船(Reel Barge)工法，由於卷駁船工法適用於鎧裝管，且國內目前無此種類型船舶，需從國外租用，考量動員成本過高可能不適用於本試驗管；除此之外尚有海底拖引工法及佈管船(Lay barge)工法，將針對各工法之優缺點進行比較分析。各工法佈管說明及佈管流程概述如下：

一、海底拖引工法

海底拖引工法需事先在陸上進行取水管管節熔接及安裝配重塊，並將完成之管線放置於岸邊之佈設船上輔助推進管線，由岸邊開始將取水管內部灌滿水，使得取水管下沉於海平面下進行拖引，取水頭端以鋼索或其他堅硬材質之繩索固定，以拖曳船沿規劃路線拖引並控制鋼索或其他堅硬材質之繩索，一邊拖拉一邊控制放繩速度，取水管前端配合另一艘船隻負責控制取水管下沉速度，維持管線呈現固定曲率防止挫屈，控制在近海底面進行拖曳，若配重塊體積過大會增加拖曳時之阻力，因此在配重塊設計建議採用前述近似圓形之配重塊，為減少配重塊面積拉長配重塊之長度，能減少拖曳時之阻力。

此工法因在海面下進行拖引，由於近海床面之海流流速較緩，不易受海象變化及海流影響管線移動，能較平穩控制進行佈放達預定位置。海底拖引工法係採用拖曳船進行拖曳，需考量牽引力對管材本身拉力強度是否滿足，在拖曳的過程中亦注意不能超過管材曲率限制導致挫屈。

二、拖拉沉放工法

本工法對於配重較低的管線而言，可在陸上完成安裝配重塊及管節銜接，取水管內部為無水狀態且兩端封閉，以拖曳船將取水管線拖曳至預定規劃路線後，開始於取水管內灌入海水使得取水管線下沉，需注意取水管線下沉速度，控制在固定曲率防止曲率過大以致管線挫

屈，另外取水頭體積大且重量重，為避免在拖曳過程中取水頭稍有不慎而下沉於海平面下，故將取水頭假固定於拖曳船上，避免取水頭下沉。

拖拉沉放工法為將取水管線以浮於海平面上狀態，拖至預定規劃佈放路線，由於海事工程之工期為影響施工費用重要因素之一，本工法特點在於海上工期極短，可在數日內將管線由海面沉放置海底，能有效減少海上作業時間，除容易受到海象及海流變化影響，可能會與預定規劃佈管路線有所差異，因此建議若採用此工法應選擇海象狀況良好時進行佈管。

三、佈管船工法

佈管船工法亦稱 Lay Barge Method，主要方式是將陸上取水管管節熔接及安裝配重塊等加工工程改以在佈管船上施作，由陸上取水站管頭開始熔接達一定長度後，佈管船開始由岸邊駛離沿預定佈設規劃路線靠拉緊放鬆船首及船尾錨索逐漸前進，每熔接一段管節及安裝配重塊後一邊將管線自然沉放於海中，當管線超出船尾後以連接於漁船尾之撐管架支撐漸次將管線沒入水中，逐一將取水管線工程完成，在佈放過程中需注意由船上一直保持一定張力於管線上，以控制管線之曲度，避免取水管線過度彎曲導致挫屈。

佈管船工法特色在於取水管線是在船上進行接合工程及配合工程，每接合一段後再沉放於海中逐一完成整段取水管線，並可減少上述兩種以拖曳方式對取水管線造成之額外拉力，接合處不易遭到拉力破壞，亦能較平穩將管線佈放於預定位置。

綜上所述，對於佈管時需考量種種因素如受天氣海象影響、佈管工期、施工困難度及經費分別進行比較(如表 6.4.3-1 所示)，比較結果顯示海底拖引工法雖不受氣候之影響佈管位置，應注意在拖拉過程中之拖拉力量對於取水管之強度，施工技術較為繁瑣，施工費用也較昂貴，故不建議採用此工法進行佈管，此外拖拉沉放工法及佈管船工法皆屬自然沉放方式佈設海管，技術方面較為成熟與工期短，另佈管船工法減少陸上管線施作之時間，同樣可降低施工工期，與拖拉沉放工

法佈管方式相似，在本計畫所規劃小口徑試驗管的施工作業，建議可依照承包商的經驗與船機能力考量，由此兩種工法選擇其一進行佈管。

表 6.4.3-1 佈管工法綜合比較表

工程考量因素	海底拖引工法	拖拉沉放工法	佈管船工法
受海象影響	取水管於近海床面進行佈管，近海床面流速緩慢，不受天氣影響。	取水管於海平面直接拖至預定規劃位置，再沉放至海床，沉放前須將管線拉伸。	取水管於佈管船各管段逐一組裝沉放，可由佈管船控制沉放位置，不易受到天氣影響
	◎	△	○
施工困難度	配合拖曳船及吊船控制拖引及沉放速度，將取水管佈設時固定曲率避免彎曲過大而挫屈。	海上作業僅需要拖曳船將已完成之取水管線拖曳至預定規劃佈設路線，即可沉放至海床底。	佈放取水管時須配合吊船控制沉放速度，於水深越深之處管線彎曲曲率越大，應避免管線挫屈。遭遇天候不佳需中斷施工，重啟施工須重新銜接。
	○	◎	○
施工工期	沿海床底面進行拖引取水管，可能遇到阻礙物不易拖行而影響佈設工期。	佈設取水管線除受到海象影響佈設路線，僅需拖曳至定位後沉放，工期短。	於佈管船上進行組裝節省陸上施工時間，一邊組裝一邊沉放管線，縮短工期。
	△	◎	○
綜合評價	△	◎	○
符號表示　◎:最佳　○: 佳　△: 尚可　x: 不佳			

6.5 預估海域試驗管費用及工期

綜上所述本計畫試驗管(海域管線)規劃經管材、取水頭及施工工法各項條件評估結果，選用 200 mm、SDR 9 之 HDPE 管材降低工程成本，由於 HDPE 管材比重較海水低，因此需以配重塊方式提高試驗管比重，自然著底於海床面，配重塊設計型式採取近似圓形之配重塊，材質以 A36 鋼材為主配合外包覆防蝕措施，並且考慮金屬在海底中之腐蝕速度或採取其他防鏽工法及生命週期設計配重塊之尺寸，取水頭形式採用縱向浮式取水頭為避免海床可能發生滑坡導致取水頭被掩埋。

預估工程經費

針對試驗管(海域管線)工程採用 HDPE 管以拖拉沉放工法方式或佈管船方式進行佈管，並以初步規劃路線 Line III 為例，取水管長度約為 1,846 m，評估佈設試驗管(海域管線)所需經費如表 6.5-1 及表 6.5-2 所示；

表 6.5-1 試驗管(海域管線)預估費用(採拖拉沉放工法、Line III 為例)

項目	單 位	數 量	單 價（仟元）	總 價（仟元）
施工費用				
(1)HDPE管、配重塊材料費	M	1,846	5.0	9,230
(2)管材熔接	口	168	8.0	1,344
(3)取水頭製作及安裝	式	1	2,000	2,000
(4)近岸段管線埋設	式	1	12,000	12,000
(5)動員費及沉放作業費	式	1	5,000	5,000
(6)佈管後ROV水下檢測	式	1	3,000	3,000
(7)什項	式	1	1,000	1,000
小　　計				33,574
稅雜費（含工程保險費、營業稅及包商利潤，施工費用之11%）	式	1	3,693	3,693
工程費用合計(不含用地成本)				**37,267**

表 6.5-2 試驗管(海域管線)預估費用(採佈管船工法、Line III 為例)

項目	單 位	數 量	單 價（仟元）	總 價（仟元）
施工費用				
(1)HDPE管、配重塊材料費	M	1846	5.0	9,230
(2)管材熔接	口	168	8.0	1,344
(3)取水頭製作及安裝	式	1	2,000	2,000
(4)近岸段管線埋設	式	1	12,000	12,000
(5)動員費及佈管船作業費	式	1	7,000	7,000
(6)佈管後ROV水下檢測	式	1	3,000	3,000
(7)什項	式	1	1,000	1,000
小　　計				35,574
稅雜費（含工程保險費、營業稅及包商利潤，施工費用之11%）	式	1	3,913	3,913
工程費用合計(不含用地成本)				**39,487**

根據估算結果顯示以拖拉沉放工法進行佈管初估經費約為 3726.7 萬元，與佈管船工法佈管初估經費約為 3948.7 萬元，兩者相差約 222 萬元。

預估工程工期

本計畫試驗管工程建議以統包的方式進行廠商招標，其主要工作項目可分為初步設計規劃、細部設計規劃、製作施工等，由於試驗管工程屬於海事工程須配合當地船期及海象狀況，經詳細評估及分析後將分別以拖拉沉放工法及佈管船工法兩種施工方式預估工期，其工期已包含在佈管工程施工中，如遭遇颱風或其他影響海象狀況之事件，可能會延宕工程進行，如表所示：

表 6.5-3 拖拉沉放工法及佈管船工法預估工期

工作項目	拖拉沉放工法 (Pull and Sink method)	佈管船工法 (Lay barge method)
設計規劃階段	3 個月	3 個月
施工現場預備階段	2 個月	1.5 個月
組裝佈設階段	1 個月	3 個月
總工期	6 個月	7.5 個月

拖拉沉放工法因採用在陸上將試驗管接合完成後直接拖至預定規劃路線沉放，較不受海象狀況影響工期，而佈管船工法是以一邊接合一邊沉放至海中，若施工期間遭遇海象狀況不佳時，於當下已完成取水管端裝設法蘭接頭及浮球，使其標註目前取水管位置，待海象狀況良好後即從浮球位置將取水管拉起繼續施工。

6.6 工程風險及經濟效益評估

6.6.1 試驗管工程風險評估

由 5.2.3.2 節中風險評估說明，本案所提出之試驗管工程大致包含陸上管線與海下管線兩部分，陸上輸水管線與常見的明挖覆蓋埋管工程相似，唯一差別在於管線外包覆保溫材料，因此工程風險上與一般陸上管線工程並無不同；而海下管路施工進行時所需考量海域環境方面條件，包含天候情況、風力大小、作業平台、潮汐、波浪、海象、海底地形、海床底質、管線腐蝕速率、船舶動力、吊裝能力等等，故在試驗管線設計階段的任何細節都需考慮周詳，任何細節疏忽都有可能造成無法挽回之災害；另一方面海下結構物規劃路線周邊結構物較少，規劃路線之考量與陸上管線工程相較單純，影響工程本身以外的災害機率也較小。依據前述之流程及準則，本案海下結構物施工時可能之風險工項及可採取之減輕對策舉列如下表所示。

表 6.6.1-1 試驗管施工風險工項及評估結果

風險工項	風險描述	初步評估風險等級	風險預防及減輕對策		對策後再評估之等級
			階段	對策措施	
管線於熔管場熔接成串或鋼管於廠內預製	熔接口或焊道施工品質不佳造成管線斷裂	R2	設計階段	● 計算熔接口未來拖拉時所承受最大應力，納入設計考量 ● 訂定熔接標準程序書及現地查核機制 ● 設計時盡量減少不必要熔接及焊接數量，朝向最佳化設計	R4
			施工階段	● 於 HDPE 管段正式熔接前，先採用試驗管段進行現地試驗熔接，並交由試驗機構測試熔接成果合格後，訂出標準熔接程序，依照該程序進行管段熔接，控制熔接品質 ● 熔接或焊接完成後，對熔接斷面進	

風險工項	風險描述	初步評估風險等級	風險預防及減輕對策		對策後再評估之等級
			階段	對策措施	
				行目視檢查、超音波檢查等品管措施，確保品質 ● 隨機取樣進行拉力試驗	
管線配重	船舶配合吊車於海面進行組裝作業，可能造成撞擊情況	R2	設計階段	● 船機及吊車選用需考慮作業餘裕量 ● 制訂緊急應變計畫 ● 配重作業區海域考慮施做防浪堤等設施 ● 依照配重塊形式設計專用配重機具	R4
			施工階段	● 施工船機及吊車需預留足夠作業空間 ● 作業期間需儘量選擇風浪最小時段進行 ● 作業期間派遣專人進行工安維護檢查，無工安維護人員在場不得施工	
管線拖拉至佈管位置沈放	管線拖拉及沈放控制不佳可能造成管線挫屈廢棄甚至船機損壞	R2	設計階段	● 計算管線配重比例及拖拉所需動力 ● 計算沈放所需控制拉力及排氣孔、進水閥等尺寸及速率要求 ● 設計適用堅固的拖拉頭	R4
			施工階段	● 管線拖拉時需配置小型船隻協助方向引導 ● 盡量選擇無風浪情況進行拖拉沈放工作 ● 拖拉沈放過程中管線曲率不可過大，避免管線挫屈	
陸上管段與海上管線銜接，或多節管段以法藍銜接	銜接位置若發生滲漏，可能造成周圍回填材料流失，管線穩定性降低	R2	設計階段	● 陸上與海上管段銜接處設計伸縮式接頭，並考慮其耐震功能性 ● 接頭位置設計時須嚴密考量防水性能 ● 銜接位置周邊考量以級配料回填，降低一旦滲漏時材料流失的風險 ● 管節銜接位置設計導溝式銜接輔助	R4
			施工階段	● 盡量選擇無風浪情況進行管線銜接工作 ● 動員多組水下工作人員同時配合作業，縮短水下工作時程 ● 採用水下同步攝影技術，輔助管線銜接安裝	

註：風險等級為評估各項風險可能發生之機率及衝擊程度，包括
R1-不可忍受，R2-不理想，R3-可忍受，R4-可忽略。

6.6.2 試驗管經濟效益評估

由於深層海水具有低溫、潔淨、富含礦物質及營養鹽等特性，而美國、日本及韓國皆開始發展深層海水產業，臺灣屬於海島型國家，容易取得海洋資源，其中臺灣東部地區海岸大陸棚狹窄，離岸 2、3 公里即可取得深層海水，為適合發展深層海水產業的潛力地區，國內政府機關由民國 89 年開始推動深層海水能源開發，並於民國 100 年 10 月完成創新研發中心成功取得深層海水，但海域環境變化多端難以預測海底狀況，導致取水管受損而無法取水，佈設試驗管除可儘速恢復創研中心之營運且可以找出能抵抗海域環境欠佳的條件下之取水管工法。

本計畫經濟效益評估範圍將綜合經費益本比、觀光產業發展與帶動相關產業等項目：

一、經費益本比

以佈管路線為主軸，建議佈設試驗管工程分為四種方案；

方案一：建議佈設路線 III

輸水陸管：長度 2,000 公尺。

試驗管：長度 1,846 公尺。

方案二：建議佈設路線 II

輸水陸管：長度 1,100 公尺。

試驗管：長度 1,540 公尺。

方案三：建議佈設路線 I

輸水陸管：無。

試驗管：長度 1,770 公尺。

方案四：建議佈設路線 III+建議佈設路線 II

輸水陸管：2,000 公尺。

試驗管：長度 1,846 公尺及 1,540 公尺。

依據預估取水管工程之輸水陸管及試驗管經費，並參考經濟部水利署「經濟部東部深層海水創新研發中心取供水設施更新工程財務可行性研究」及創研中心目前營運狀況，對於未來試驗管佈設後所產生的相關成本及收益情況進行合理推估，做為經濟效益評估的相關推估參考值，目的在於比較各方案執行後的成本效益變化趨勢及回收年限以做為決策參考，實際發生金額仍應依創研中心規劃結果決定。

➢ 營運支出

試驗管施工完成後，創新研發中心以試驗管所抽取海水維持營運，其營運所需之各項支出主要以人事成本費用及水電費進行估算，參考「經濟部東部深層海水創新研發中心取供水設施更新工程財務可行性研究」報告中針對人事成本費用及水電費用(僅受試驗管影響之設施)，以目前創新研發中心營運狀況修訂所需費用，預估增加 3 位技術人員，人事成本費用每年約需 174 萬元；水電成本費用以 1,000 CMD 取水量不包括廠區內冷能利用，其使用設施之水電費用計算如表 6.6.2-1 所示，總計約為 859.3 萬。

表 6.6.2-1 創新研發中心各項設施運轉所需總電費估算

廠區運轉需耗電各項設施	主動力負載電費	插座負載電費	照明負載電費	室內及區內其他負載電費	合計(仟元/年)
研究及空調示範棟	1152	451	252	960	2815
深層海水取水井	1728	30	60	96	1914
栽培區	120	14	480	144	758
藻類及非溫室農業實驗棟	144	30	30	240	444
深層海水原水蓄水槽	1440	30	96	288	1854
藻類養殖及調溫控制池	144	30	144	192	510
停車場	30	0	24	0	54
全廠區及景觀	30	0	72	144	246
合計(仟元/年)	4788	585	1158	2064	8595

參考資料：經濟部水利署「經濟部東部深層海水創新研發中心取供水設施更新工程財務可行性研究」

➢ 營運收入

營運收入方面主要為售水收入及對創新研發中心所帶來之經濟效益，以試驗管 1,000 CMD 抽水量為基準，假設售水量為 500 CMD，

售水單價參考行政院農業委員會水產生物種原庫台東支庫之單位取水成本及花蓮民間自行取水業者，每立方公尺為 20 元，每年售水收入=500x365x20=365 萬元；此外，經與創新研發中心同仁進行分析討論，初步評估在試驗管完成後，前三年營運收入僅有售水收入，三年後利用深層海水進行研發所產生的生技產業技術或相關產品等，預估每年會增加 1,500 萬元經濟效益。

本計畫經濟效益評估假設以民國 106 年完工為評估基礎年，合計評估期間為 25 年，並採用全以政府預算投資營運方式，則折現率參考政府發行 20 年公債利率，假設為 2%；如投資金額採部分政府編列預算、部分由政府向銀行貸款或自有基金方式，則折現率以加權平均資金成本率(WACC)計算。其計算結果如表 6.6.2-2~表 6.6.2-5 所示。方案一財務淨現值(NPV)為 1,010.5 萬元>0，自償率約為 109%>100%，財務益本比為 1.09>1，財務內部報酬率(IRR)則為 2.58%>資金成本 2%；方案二財務淨現值(NPV)為 2,088.4 萬元>0，自償率為 121%>100%，財務益本比為 1.21>1，財務內部報酬率(IRR)則為 3.27%>資金成本 2%；方案三財務淨現值(NPV)為 8,011.5 萬元>0，自償率為 305%>100%，財務益本比為 3.05>1，財務內部報酬率(IRR)則為 9.84%>資金成本 2%；方案四財務淨現值(NPV)為-79.5 萬元<0，自償率為 99.3%<100%，財務益本比為 0.993<1，財務內部報酬率(IRR)則為 1.96%<資金成本 2%。

計算結果顯示方案一、方案二及方案三其財務內部報酬率皆大於資金成本 2%，為可行之方案；方案四財務內部報酬率略低於資金成本，雖然在財務上不如前三方案，但方案四採用兩處取水點，兩類型取水頭皆可測試，作為未來永久管參考依據，其試驗價值高於前三方案甚多，如其財務估算結果仍在可接受範圍內，建議應考慮採用方案四的規劃。

表 6.6.2-2 方案一佈設試驗管工程之逐年益本比計算結果

	民國(年)	成本項目(仟元)				收入項目(仟元)	現金淨現值	淨現值(折舊)
		試驗管	陸管	研發經費	水電費	經濟營收		
第 0 年	106	-39,487	-68,526				-109,013	-109,013
第 1 年	107			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,552
第 2 年	108			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,423
第 3 年	109			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,298
第 4 年	110			1,740	8,593	18,650	8,317	7,684
第 5 年	111			1,740	8,593	18,650	8,317	7,533
第 6 年	112			1,740	8,593	18,650	8,317	7,385
第 7 年	113			1,740	8,593	18,650	8,317	7,240
第 8 年	114			1,740	8,593	18,650	8,317	7,098
第 9 年	115			1,740	8,593	18,650	8,317	6,959
第 10 年	116			1,740	8,593	18,650	8,317	6,823
第 11 年	117			1,740	8,593	18,650	8,317	6,689
第 12 年	118			1,740	8,593	18,650	8,317	6,558
第 13 年	119			1,740	8,593	18,650	8,317	6,429
第 14 年	120			1,740	8,593	18,650	8,317	6,303
第 15 年	121			1,740	8,593	18,650	8,317	6,180
第 16 年	122			1,740	8,593	18,650	8,317	6,058
第 17 年	123			1,740	8,593	18,650	8,317	5,940
第 18 年	124			1,740	8,593	18,650	8,317	5,823
第 19 年	125			1,740	8,593	18,650	8,317	5,709
第 20 年	126			1,740	8,593	18,650	8,317	5,597
第 21 年	127			1,740	8,593	18,650	8,317	5,487
第 22 年	128			1,740	8,593	18,650	8,317	5,380
第 23 年	129			1,740	8,593	18,650	8,317	5,274
第 24 年	130			1,740	8,593	18,650	8,317	5,171
第 25 年	131			1,740	8,593	18,650	8,317	5,069
							小計	10,105

表 6.6.2-3 方案二佈設試驗管工程之逐年益本比計算結果

	民國(年)	成本項目(仟元)				收入項目(仟元)	現金淨現值	淨現值(折舊)
		試驗管	陸管	研發經費	水電費	經濟營收		
第 0 年	106	-37,540	-60,694				-98,234	-98,234
第 1 年	107			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,552
第 2 年	108			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,423
第 3 年	109			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,298
第 4 年	110			1,740	8,593	18,650	8,317	7,684
第 5 年	111			1,740	8,593	18,650	8,317	7,533
第 6 年	112			1,740	8,593	18,650	8,317	7,385
第 7 年	113			1,740	8,593	18,650	8,317	7,240
第 8 年	114			1,740	8,593	18,650	8,317	7,098
第 9 年	115			1,740	8,593	18,650	8,317	6,959
第 10 年	116			1,740	8,593	18,650	8,317	6,823
第 11 年	117			1,740	8,593	18,650	8,317	6,689
第 12 年	118			1,740	8,593	18,650	8,317	6,558
第 13 年	119			1,740	8,593	18,650	8,317	6,429
第 14 年	120			1,740	8,593	18,650	8,317	6,303
第 15 年	121			1,740	8,593	18,650	8,317	6,180
第 16 年	122			1,740	8,593	18,650	8,317	6,058
第 17 年	123			1,740	8,593	18,650	8,317	5,940
第 18 年	124			1,740	8,593	18,650	8,317	5,823
第 19 年	125			1,740	8,593	18,650	8,317	5,709
第 20 年	126			1,740	8,593	18,650	8,317	5,597
第 21 年	127			1,740	8,593	18,650	8,317	5,487
第 22 年	128			1,740	8,593	18,650	8,317	5,380
第 23 年	129			1,740	8,593	18,650	8,317	5,274
第 24 年	130			1,740	8,593	18,650	8,317	5,171
第 25 年	131			1,740	8,593	18,650	8,317	5,069
							小計	20,884

表 6.6.2-4 方案三佈設試驗管工程之逐年益本比計算結果

	民國(年)	成本項目(仟元)				收入項目(仟元)	現金淨現值	淨現值(折舊)
		試驗管	陸管	研發經費	水電費	經濟營收		
第 0 年	106	-39,003	0				-39,003	-39,003
第 1 年	107			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,552
第 2 年	108			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,423
第 3 年	109			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,298
第 4 年	110			1,740	8,593	18,650	8,317	7,684
第 5 年	111			1,740	8,593	18,650	8,317	7,533
第 6 年	112			1,740	8,593	18,650	8,317	7,385
第 7 年	113			1,740	8,593	18,650	8,317	7,240
第 8 年	114			1,740	8,593	18,650	8,317	7,098
第 9 年	115			1,740	8,593	18,650	8,317	6,959
第 10 年	116			1,740	8,593	18,650	8,317	6,823
第 11 年	117			1,740	8,593	18,650	8,317	6,689
第 12 年	118			1,740	8,593	18,650	8,317	6,558
第 13 年	119			1,740	8,593	18,650	8,317	6,429
第 14 年	120			1,740	8,593	18,650	8,317	6,303
第 15 年	121			1,740	8,593	18,650	8,317	6,180
第 16 年	122			1,740	8,593	18,650	8,317	6,058
第 17 年	123			1,740	8,593	18,650	8,317	5,940
第 18 年	124			1,740	8,593	18,650	8,317	5,823
第 19 年	125			1,740	8,593	18,650	8,317	5,709
第 20 年	126			1,740	8,593	18,650	8,317	5,597
第 21 年	127			1,740	8,593	18,650	8,317	5,487
第 22 年	128			1,740	8,593	18,650	8,317	5,380
第 23 年	129			1,740	8,593	18,650	8,317	5,274
第 24 年	130			1,740	8,593	18,650	8,317	5,171
第 25 年	131			1,740	8,593	18,650	8,317	5,069
							小計	80,115

表 6.6.2-5 方案四佈設試驗管工程之逐年益本比計算結果

	民國 (年)	成本項目(仟元)				收入項目 (仟元)	現金 淨現值	淨現值 (折舊)
		佈管經費	陸管	研發經費	水電費	經濟營收		
第 0 年	106	-50,387	-69,526				-119,913	-119,913
第 1 年	107			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,552
第 2 年	108			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,423
第 3 年	109			1,740	8,593	3,650	-6,683	-6,298
第 4 年	110			1,740	8,593	18,650	8,317	7,684
第 5 年	111			1,740	8,593	18,650	8,317	7,533
第 6 年	112			1,740	8,593	18,650	8,317	7,385
第 7 年	113			1,740	8,593	18,650	8,317	7,240
第 8 年	114			1,740	8,593	18,650	8,317	7,098
第 9 年	115			1,740	8,593	18,650	8,317	6,959
第 10 年	116			1,740	8,593	18,650	8,317	6,823
第 11 年	117			1,740	8,593	18,650	8,317	6,689
第 12 年	118			1,740	8,593	18,650	8,317	6,558
第 13 年	119			1,740	8,593	18,650	8,317	6,429
第 14 年	120			1,740	8,593	18,650	8,317	6,303
第 15 年	121			1,740	8,593	18,650	8,317	6,180
第 16 年	122			1,740	8,593	18,650	8,317	6,058
第 17 年	123			1,740	8,593	18,650	8,317	5,940
第 18 年	124			1,740	8,593	18,650	8,317	5,823
第 19 年	125			1,740	8,593	18,650	8,317	5,709
第 20 年	126			1,740	8,593	18,650	8,317	5,597
第 21 年	127			1,740	8,593	18,650	8,317	5,487
第 22 年	128			1,740	8,593	18,650	8,317	5,380
第 23 年	129			1,740	8,593	18,650	8,317	5,274
第 24 年	130			1,740	8,593	18,650	8,317	5,171
第 25 年	131			1,740	8,593	18,650	8,317	5,069
							小計	-795

表 6.6.2-6 各方案初步評估經濟效益比較表

方　案	一	二	三	四
財務淨現值(萬元) NPV	1010.5	2088.4	8011.5	-795
自償率	109%	121%	305%	99.3%
財務益本比	1.09	1.21	3.05	0.993
財務內部報酬率 (IRR)	2.58%	3.27%	9.84%	1.96%

二、觀光產業發展

由於目前創新研發中心已開始營運，若未來發展深層海水產業之相關產品，提升民眾對於深層海水的認識，便可吸引觀光客或是遊憩民眾，促進台東觀光產業與經濟之發展，配合台東知名溫泉應用於深層海水理療及農漁業與深層海水之結合，成為當地之特色景點與特色美食，預期將成為台東地區未來觀光產業的新興重點項目，對於台東地區而言可凝聚成新興產業聚落，進一步提升觀光遊憩的吸引力與正面效益。

三、帶動相關產業

深層海水資源其清澈乾淨性、富含無機營養鹽、低溫安定性及水分子熟成性等特質經過特殊處理後可應用於食品加工、醫藥、農業等全方位之應用，配合與相關產業進行合作可帶來相當收益，依據工研院委託中華徵信所於 2004 年「深層海水市場可行性評估調查報告」中，台灣深層海水產業市場潛力初期產值預估有 189 億元，成熟期產值可達 800 億元，可謂有相當高之產值，目前有許多企業在花蓮區域海域發展深層海水產業，也都相當順利發展，因此應善用台灣東部優越之深層海水資源，藉此帶動台東地區之經濟發展及提升產業競爭力。

6.7 招標方式與保固相關事宜

前述章節對於試驗管的採用材料、工法分析、須符合法規、管線路線、施工經費、工期、經濟效益等各項細節進行詳細評估，縱然經

過周全而縝密的討論，海事工程仍具有高不確定性、高風險、可及性低等複雜因素，再再都可能影響著工程最終的成敗。本計畫所評估對象為海水取水試驗管，固然是處於環境條件尚未完全清楚了解、以爭取時效為目的的先行臨時管線，但仍應本持完善規劃的精神，做最好的招標與規劃，以期能獲得最佳的工程效益。

在國內外實際執行海下管線工程實例中，為求管線能達成最佳使用效益、符合實際設置需求，大部分的管線工程皆採取統包(Turnkey)方式進行招標作業，招標前先完成初步調查及需求規劃，並將主辦機關需求及管線功能詳細列出，作為招標文件；招標時則要求承攬廠商必須具備海下調查、細部設計及施工等三項能力，以國內常見最有利標的方式，選擇出最具有設計及施工能力的團隊，進行後續的細部設計與施工。以統包方式委託承攬廠商包含有以下所列優點:

一、承攬廠商針對工區範圍自行進行調查，所得資料最能符合時效，也最能符合實際施工上的需求；

二、承攬廠商依照主辦機關所提需求進行細部設計，經審核通過後進行施工，機關將可以合理的工程經費，獲得最符合需求的取水管線；

三、經由統包工程的招標模式，可將國內分別最具有設計與施工的團隊進行整合，以團隊間良性競爭，得到最佳的設計與施工成果。

四、由於海事工程的工法不同，所需採用的船舶機具也有差異，採用統包的招標模式可避免針對性工法，造成不公平競爭。

有鑑於上列優點，本計畫試驗管工程未來招標時，建議可比照採用統包方式規劃進行招標，並可在評選期間確認投標團隊是否具有取水頭設計能力，相信能為機關選取最佳承攬廠商。

除了招標方式以外，海事工程由於可及性較一般陸上工程低，若功能出現問題或損壞時往往造成維修上的困難，因此在工程招標前，便應將工程完成後的保固期限與相關工作做適當的規定。針對本計畫試驗管的特性，將工程完成後保固建議內容與相關作法建議如下:

一、管線工程完成後須採用水下攝影(ROV 等)進行全線攝影以確認管線放置成果，管身上必須明顯標示里程確認位置，同時也作為未來再次巡檢或檢修時的參考里程。

二、契約中明訂工程完成驗收後，承攬商定期(如每年)需進行管線狀況檢查(如水下攝影)並提送相關報告，作為管線監測作業成果，一方面可適時發現問題。契約中須配合編列預算或明訂保固金退還金額。

三、契約中需明定工程責任歸屬，如遭遇大範圍崩坍、海床滑動等事件是否可歸咎於天然災害等，做為日後意外事件責任釐清之依據。

四、依據本試驗管特性，建議於契約中訂出承包商保固期二年，保固金為工程總經費 8%，第一年完成保固作業則退還工程總經費 5%，第二年完成保固則退還其餘保固金；若承包商未能履行保固作業，則將保固金扣抵作為管線修復費用。

以上招標方式及保固相關事宜供參考，實際條件仍應依實際需求進行調整。

第七章　結論與建議

自經濟部東部深層海水創新研發中心於民國101年5月6日發生無法取水情形，創研中心即採用各種檢查與方法試圖恢復深層海水汲取功能，經濟部水利署水利規劃試驗所以知本溪鄰近海域(由利嘉溪口南岸至太麻里溪口北岸)進行海域環境詳細調查報告，該報告提出調查區域海域環境特性複雜，加上此區域以往調查資料有限，不利探討影響此處海床穩定的相關機制，建議應持續進行長期觀測與機制評估研究。中興公司執行本可行性評估計畫期間，廣泛蒐集國內外各方專家學者資料進行彙整與研析，除了將現有管線損壞原因做出詳細分析、建議未來進一步補充調查試驗項目與細節外，更規劃出試驗管的需求、法規限制、適合工法、材質、取水頭形式、工程經費、效益分析與招標、保固等細節，針對創研中心海域取水管提出綜和可行性分析研究，做為未來恢復深層海水取水做為的參考。綜整本計畫各項分析研究結果，於下列章節提出結論與建議。

7.1 結論

本計畫針對現有取水管無法取水成因進行分析，以現有取水管佈設於海床上的位置條件，考量可能影響取水管無法取水之因素，包含近海床面海流情形、河口輸沙異重流、海床穩定性、管線配重及取水頭遭掩埋等，分析結果指出海流、河口輸砂與異重流應不致造成管線損壞，而河口附近海床堆積或形成異重流搬運至水深較深之區域沉積，經由海床營力、板塊移動等外力擾動或本身堆積至臨界狀態發生區域性或大範圍之海床滑動，造成崩塌或陷落，導致取水管遭推移滑動、翻轉或覆蓋；加上配重塊、取水頭形式未能有效避免上述情況發生，維持取水管原有功能，故取水功能中斷。

經濟部水利署水利規劃研究所104年辦理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」計畫成果，利用海洋地球物理調查方法，進行海床地形、地貌、淺層地球物理調查、震測、底質及海流調查等，探討知本溪鄰近海域環境特性，並依照調查成果建議取水管線

佈設優選區域與備選區域；中興公司經檢視該報告調查頻度與時間資料，並彙集專家學者的意見後，推估該調查尚不足以確認管線佈放的安全性，亦不足以推論出長期的變化趨勢，考量長期穩定取水工程之規劃需求，仍需進行補充調查工作。

本計畫針對永久取水管線的佈設區域進行廣泛評估，若以台東縣其他海域做為取水海域，所需調查項目須包含且不限於水規所 104 年「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」之調查項目，同樣需針對海床之穩定性進行詳細調查並加以評析；而參考台東縣海域環境調查資料顯示，本區域海床底質大致上皆屬於沉積物堆積而成，環境條件推測應大致相近；另外在不採行遷廠或重建新廠等鉅額投資的條件下，考量其他區域距離現有廠址較遠，規劃前除了需再次投入大筆調查經費外，設置陸上與海域管線工程所需經費必大幅提高，且執行上曠日廢時。考量上述各項風險並為儘速解決無法取水問題，建議應以原海域試驗管採用先進工法與技術為方向，降低或避免現有海域崩坍而造成取水管淤埋或挫屈的情況。

參照水利署於 104 年 5 月 25 日召開經濟部深層海水創新研發中心深層海水用水需求研商會議結論要求，以及本計畫針對試驗管深度需求，由政策考量、溫度需求、案例參考、水質條件、回復功能等等各面向進行分析，在低冷農業模場試驗區不運作的情況下，試驗管取水以深度 350m~400m、取水量 1,000 CMD 為目標。依照環境影響評估法及相關法令規定，本計畫深層海水取水管線及相關工程應不符合實施環境影響評估要件。

歷經前次佈管經驗後，取水頭形式的選用與日本常用的取水頭形式相類似，主要考量都聚焦於避免區域海床崩坍掩埋取水頭為主；但是若進一步考量大範圍崩坍事件，則浮式取水頭能避免取水頭遭掩埋，亦應列為選項之一。而試驗管管材分析結果，鎧裝管與 HDPE 管皆為理想的取水管材，其中鎧裝管自體重量足夠，無須另外配重，但鎧裝管包含管線製造、儲存、運輸、佈放等都需仰賴國外船機，就試驗管經濟規模上考量，除非一次佈放多處，將總工程費用提高至國外團隊

可接受的程度，否則本計畫考慮採用徑厚比(SDR)較低的 HDPE 管作為試驗管管材。

對於試驗管佈管時需考量種種因素如受天氣海象影響、佈管工期、施工困難度及經費分別進行比較，結果顯示拖拉沉放工法及佈管船工法皆屬自然沉放方式佈設海管，技術方面較為成熟與工期短，另佈管船工法減少陸上管線施作之時間，同樣可降低施工工期，與拖拉沉放工法佈管方式相似。工程經費上若以規劃路線 Line III 的海域管線、海管長度約為 1,846m 估算，顯示拖拉沉放工法進行佈管與佈管船工法佈管經費相差約 200 萬元，其中以佈管船工法較高，約新台幣 3,900 萬元，預估工期則分別為 6 個月(拖拉沉放工法)及 7.5 個月(佈管船工法)。

本計畫試驗管規劃優選路線分為四種方案，包含:

方案一:佈設一條取水管，佈管路線 III(陸管長度 2,000 公尺、海管長度 1,846 公尺)；

方案二:為佈設一條取水管，佈管路線 II(陸管長度 1,100 公尺、海管長度 1,540 公尺)；

方案三:為佈設一條取水管，佈管路線 I(海管長度 1,770 公尺)；

方案四:為佈設兩條取水管，佈管路線 III+II(陸管 2,000 公尺、海管長度 1,846 公尺+1,540 公尺)。

根據經濟效益分析計算結果顯示，方案一、方案二及方案三其財務內部報酬率皆大於資金成本 2%，為可行之方案；方案四財務內部報酬率略低於資金成本，雖然在財務上不如前三方案，但方案四採用兩處取水點，兩類型取水頭皆可測試，作為未來永久管參考依據，其試驗價值高於前三方案甚多，如其財務估算結果仍在可接受範圍內，建議應考慮採用方案四的規劃。

7.2 建議

本計畫以工程可行性角度，針對可能之工程規劃方案，提供尚需

執行的補充調查項目與調查頻率之建議，調查項目涵蓋區域除了前期調查所建議之區域 1 及區域 2 外，新增南端可能佈管區域 3。建議調查項目包含上述區域地形調查、長期定點式海流觀測、海床底質調查、底床營力及沉積物運搬現象監測等，作為未來長期穩定取水工程規劃佈設前，進一步補充調查作業之參考。以目前海域調查、工址環境相關資料，綜合既有取水管的失敗經驗進行分析研究，目前的取水管施工技術並無把握克服當地惡劣崩塌海床環境，永久取水管施工現階段不具可行性，建議在試驗管計畫、補充調查完成後再進行規劃。

在低冷農業模場試驗區暫不運作的情況下，試驗管取水以深度 350m~400m、取水量 1,000 CMD 為目標，基於分散風險的原則，建議在同一次動員施工機具的條件下，同時間佈設 2~3 條試驗管，完成後以不同位置取水頭同時進行取水，除可大幅降低創研中心再度停擺的風險外，更有機會找出實務上最適合的取水點供未來長期穩定管線的設計參考回饋。本計畫依需求評估後，提出三處試驗管規劃路線方案，如下圖 7.2-1 所示 LINE I 、LINE II 與 LINE III，綜合各項相關條件之下，評估後建議三處佈管路線優先選擇 Line III，其次為 Line II，最後為 Line I。

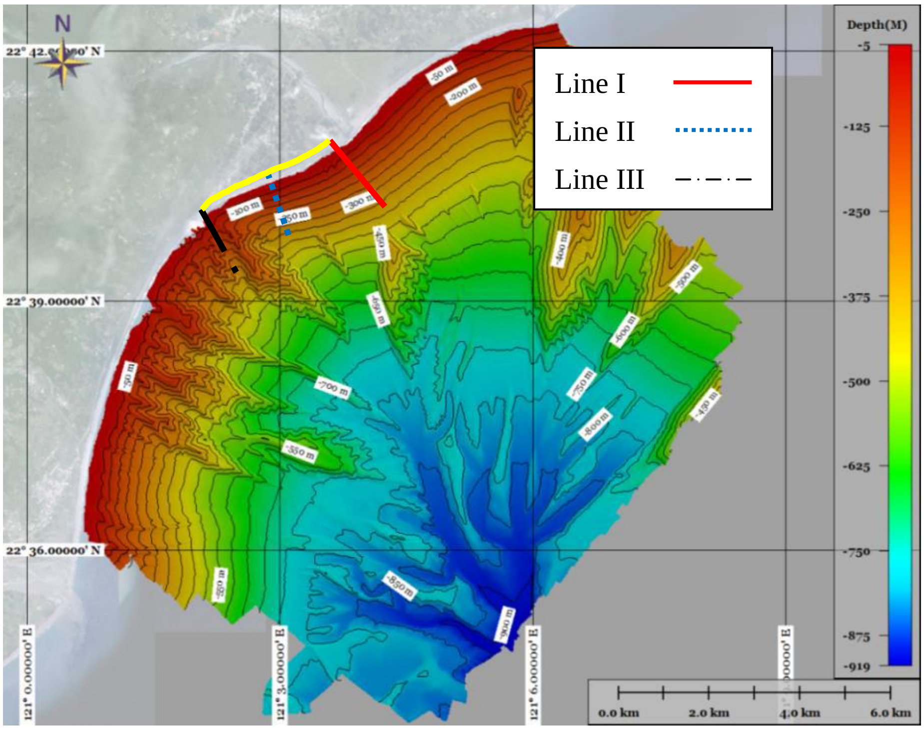


圖 7.2-1 試驗管建議佈管路線示意圖

除有關環境影響評估相關法令及評估外，本計畫由於可能進行陸上小規模開發行為及管線埋設，故仍應遵循各種保護、禁止或限制法規，建議開發單位於施工前適當時機發文詢問管理機關意見。

試驗管的取水頭形式在多方面綜合比較之後，取水頭位置雖要求盡量避免位於大範圍崩坍區域，以求風車型取水頭得以適用，但海床變化無法在現有資料中完全準確預期，既然試驗管具有永久管先期試驗的特性，若試驗管可選擇兩處(含兩處以上)位置進行，建議在大範圍崩塌可能性較高處，採用縱向浮式取水頭，其他採用風車型取水頭或類似功能取水結構；若試驗管僅設置一處，原則上已選擇海床崩塌機率較低區域，則建議採用風車型取水頭或類似功能取水結構，依照目前現有資料研判，若採取方案四佈設兩條試驗管，建議取水頭形式配置以路線 III 採用類似風車型取水頭，而路線 II 則建議採用縱向浮式取水頭，實際採用取水頭形式原則上仍須設計施工單位評估討論後作最後決定。至於施工作業方式，建議可依照承包商的經驗與船機能力考量，由拖拉沉放工法及佈管船工法選擇其一進行佈管。

試驗管的用意在於參考現有資料、且針對可能發生的外力條件下，設計出適合在本海域環境下生存的取水管，進行佈放測試，建議應導入試驗工程的概念，採用最佳建議工法並允許可能失敗情況。完成後除可取得深層海水維持部分運作外，並可驗證該區域工法可行與否，做為永久管的施作參考，在本概念下試驗管具有施作可行性。

為求管線能達成最佳使用效益、符合實際設置需求，建議管線工程採取統包(Turnkey)方式進行招標作業，招標前先完成初步調查及需求規劃，並將主辦機關需求及管線功能詳細列出，作為招標文件；招標時則要求承攬廠商必須具備海下調查、細部設計及施工等三項能力，以國內常見最有利標的方式，選擇出最具有設計及施工能力的團隊，進行後續的細部設計與施工。在工程招標前，便應將工程完成後的保固期限與相關工作做適當的規定，包含管線工程完成後須採用水下攝影(ROV 等)進行全線攝影以確認管線放置成果；保固期間承攬商定期(如每年)需進行管線狀況檢查(如水下攝影)並提送相關報告；契約中

須配合編列預算或明訂保固金退還金額；明定工程責任歸屬，如遭遇大範圍崩坍、海床滑動等事件是否可歸咎於天然災害等。

參考文獻

1. CHAPTER 1: GRAIN-SIZE ANALYSIS OF MARINE SEDIMENTS - METHODOLOGY AND DATA PROCESSING, by Poppe, L.J., Eliason, A.H., Fredericks, J.J., Rendigs, R.R., Blackwood, D. and Polloni, C.F., USGS EAST-COAST SEDIMENT ANALYSIS: PROCEDURES, DATABASE, AND GEOREFERENCED DISPLAYS, U.S. GEOLOGICAL SURVEY OPEN-FILE REPORT 00-358, 2000.
2. 台東市富岡港交通船專用碼頭區規劃及水工模型試驗工作， 台東市政府，民國 102 年。
3. 經濟部水利署台灣水文年報 (http://gweb.wra.gov.tw)。
4. 中央氣象局網站(http://www.cwb.gov.tw)。
5. 知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估，經濟部水利署水利規劃試驗所， 民國 104 年。
6. 台東海岸(太麻里段)環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局，民 101
7. 台東海岸(市區段)海岸環境營造改善計畫，經濟部水利署第八河川局，民 98
8. 船舶產業輔導計畫，經濟部工業局, 民 103
9. 薛憲文等，水域測深方法暨原理探討，航測及遙測學刊，第十六卷，第 3 期，第 203-217 頁，民國 101
10. 陳文俊郭金棟，台東海岸線變遷分析，第 27 屆海洋工程研討會論文集，民 94
11. 沈軒志，台灣東南岸台東-綠島間海流運動受水深地形影響之研究，國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所碩士論文，民 101
12. 深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書，經濟部水利署第八河川局，民國 101 年。
13. 簡連貴等，深層海水取水工程關鍵技術之探討，第十屆水下技術研討會暨國科會成果發表會，民 97
14. 喻台生建築師所—「國家水產生物種原庫台東支庫新建工程-委託專案管理技術服務」，行政院農業委員會。
15. 台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫，經濟部水利署第八河川局， 民 96
16. 易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置-集水區侵蝕及堆積之調查與評估計畫，經濟部中央地質調查所，民 96~102
17. 易淹水地區水患治理計畫-第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水規劃(莫拉克颱風後治理計畫檢討報告)，經濟部水利署，民 98

18.知識型水利產業計術開發計畫(1/2)-深層海水質基本調查，經濟部水利署，民 94
19.深層海水模廠近岸段地形水深監測及多功能展示規劃，經濟部水利署，民 100
20.羅聖宗，台灣花東海域陸坡沉積物穩定性研究，國立臺灣大學海洋研究所博士論文，民 88
21.建立海底輸水管線設計及施工能力之研究，經濟部水資源局，民 88
22.中華民國海軍水道圖(東河至知本)，海軍大氣海洋局，民國 85~ 95 年。
23.中華民國海軍水道圖(長濱至東河)，海軍大氣海洋局，民國 85~ 95 年。
24.中華民國海軍水道圖(新港泊地附近)，海軍大氣海洋局，民國 85 ~ 95 年。
25.中華民國海軍水道圖(花蓮港至台東)，海軍大氣海洋局，民國 85 ~ 95 年。
26.中華民國海軍水道圖(知本至大武)，海軍大氣海洋局，民國 85 ~ 95 年。
27.卑南溪治理規劃檢討報告，
28.加強坡面綠覆保水與區域性水土保育中長程方針規劃
29.台東海岸(富岡漁港至利嘉溪口)基本資料監測調查計畫，經濟部水利署第八河川局，2006
30.第三十一屆中日工程技術研討會-水資源分組議題，經濟部水利署，民國 105 年。
31.ENGINEERED SYNTACTIC SYSTEMS(http://www.esyntactic.com/products-solutions/structural-marine-applications-b/)
32.古河電工(https://www.furukawa.co.jp/aqx/product/seadeep_pro.htm)
33.OIL & GAS JOURNAL(http://www.ogj.com)
34.經濟部東部深層海水創新研發中心取供水設施更新工程財務可行性研究，經濟部水利署，民國 102 年。
35.民間參與公共建設財務評估評估模式規劃，行政院公共工程委員會，民國 90 年。
36. 經濟部東部深層海水創新研發中心供水可靠性提升之可行性研究，經濟部水利署，民國 101 年。

附錄一 工作執行計畫書審查意見回覆

附錄一 工作執行計畫書審查意見答覆表

【劉委員金源】

1	本案的定位目標不清楚，請補充。	1. 感謝委員的指導，據本案合約內容中規定，工作主要內容包含(A)建議現有海域環境之補充調查項目；(B)其他海域調查經濟可行性評估；(C)試驗管工程工法分析及可行性評估。綜整上述工作內容得知，本案所定位目標在於將既有管線環境進行分析，未來預計佈管的前置調查工作進行建議，推估在創新研發中心附近是否有更適合的海域可進行佈管，並研究其經濟與各方面可行性；此外針對未來試驗管工程進行可行性評估，根據經驗選擇最適宜工法及評估。
2	有關海域環境建議補充調查的部分應更具體明確，如海域調查、地形、地貌所使用的方法、儀器、解析度等，補充調查的區域為何處?需補充環境的性質是什麼等?	2. 感謝委員指教。中興公司於 105 年 1 月 22 日工作會議中，針對補充調查內容做更為具體明確的建議，以符合實際需求。
3	取水管工法分析宜向日本專家及國內有經驗專家多吸取經驗。	3. 感謝委員指導。中興公司於 104 年 12 月 2、3 日參加經濟部水利署舉辦「第三十一屆中日工程技術研討會」，參考日本清水建設堀哲郎副本部長之建議並納入考量，報告內容詳細說明。
4	國內已成立深層海水取水工程技術聯盟，請多交流探討，以利後續工程施工的參考。	4. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理。
5	有關取水管移址問題宜慎重。	5. 感謝委員指導，有關於是否須移址問題，由於移址經濟成本甚鉅，其他區域海域環境條件也需重新調查評估，目前所能掌握其他海域資料不足，相對移址風險甚高，中興公司針對

		其他海域取水並輸送至創新研發中心進行經濟可行性評估，於報告第五章詳細分析說明。
6	既有管線路徑之海床地質探測資料中，應設法得知海床的反射係數。	6. 感謝委員指導。中興公司已請 貴局協助，向水利規劃試驗所申請「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」量測資料，建議後續設計以此反射係數作為設計參考。
7	依照目前實際需求評估，取水管深度可以水深 300M 為目標，即可滿足目前需求。	7. 感謝委員指導。中興公司於 貴局「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」中說明用水需求為水溫在 12℃及水量需求為 12000CMD，並於經濟部水利署水利規劃試驗所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告中，本區域海域環境於水深-300~400m 處已達 10℃左右，滿足目前用水需求，與委員意見相符，中興公司於評估工作中納入考量。
8	本案工作成果將作為日後佈管工作的指針，不可不慎。	8. 中興公司於報告內容將會慎重評估分析，並配合委員提供之建議進行修正，使報告作為未來佈管之參考依據。
【王委員兆璋】		
1	取水管材質選定與地質結構之相關係。	1. 感謝委員指導。取水管材質是控制取水工程成敗與否的重要因素之一，其重要性不亞於取水頭結構形式。根據先前評估報告本區域很有可能屬於經常崩塌之易滑動地質，日本常用的鎧裝管固然耐受度較佳，中興公司經請教石資中心黃秉益組長意見後，考量台灣受限於經濟規模及產業發展限制等因素，鎧裝管的使用必須有相當的配合條件與規模方能納入選項。中興公司於報告中以專節討論管材使用類型的可行性。
2	最終希望管線是滯留在海床表面抑或沉埋。	2. 感謝委員指導。以先前的海域評估報告結果顯示，本區域很

		有可能是屬於易崩塌地質，雖然已大略推估出較穩定區域，也針對該區域進行佈管可行性評估，但仍然無法排除管線本體遭到掩埋的可能性，故管線評估上以遭受沉埋為主軸。
3	熔接段長度與水泥配重塊之長度比例。	3. 感謝委員指導。根據設計考量，配重塊的配置量應由管線所受潮流強度來決定，配重塊的目的在於維持管線在海床面的穩定性，設計上可依深度分段，故配重塊的配置長度比例等細節應在細部設計工作中決定。
4	工法上如何控制水下佈放位置。	4. 感謝委員指導。參考日本清水建設崛哲郎副本部長所述，管線的佈設工法主要分為(A)海底拖引工法(B)浮拖工法(C)卷駁船工法等三種。三種工法中以海底拖引工法及卷駁船工法較能夠精準控制水下佈放位置，但需要管線材質等條件配合方能採用；而 HDPE 管常用的浮拖工法則須以沉降速度與托管船方向操控互相配合，方能控制水下佈放位置。
5	取水頭的靜、動態分析。	5. 感謝委員指導。本案報告中有專節進行取水頭採用形式的討論，目前取水頭的類型分為錐形取水頭及浮式取水頭兩類較為適用，其靜態分析工作著重於潮流作用下的穩定性，而動態分析應著重於遭遇崩塌時取水頭的行為，兩者的目的都在於取水頭可維持穩定離開海床面維持取水功能，分析細節內容則需由細部設計決定。
6	各項細查如岩心採樣的長度及其依據。	6. 感謝委員指導。海域環境補充調查項目中因考量採用浮式或錐形取水頭，海床的承載能力重要性降低，故僅保留近岸地質強度分析作業，岩心採樣的長度則依據近岸管線埋設需求而定。
7	水下信標定位解析度需求。	7. 感謝委員指導。水下信標為了解長時間運搬現象，於相對危

		險區域，其預計位移量約為數公尺至數百公尺之間。定位解析度需求相對不高。
8	浮式取水頭疲乏(Fatique)破壞議題，施工方式。	8. 感謝委員指導。浮式取水頭在著底管線與浮動管段間，將有一段管節會經常擺動，本段管節確實需要特別設計，並將疲乏(Fatique)破壞納入考量，故評估報告中將包含本管節的疲乏行為可能考量以及建議加強方式、採用材質等內容。
9	這是系統工程的概念，所有的子項目必須有規格制定。	9. 感謝委員指導。根據中興公司過去設計與施工經驗，取水管的工程為求工程順利進行及包商發揮專長，機關可採用統包方式辦理施工發包，而發包前所完成的基本設計工作，必須針對項目內容訂出要求功能及可確定之需求規格，再交由施工包商進行細部設計，通過專案管理審查後執行。
10	國內現有施工技術現況。	10. 感謝委員指導。國內取水管線現有施工技術確實將影響管線施工的能力與選擇，例如:鎧裝管目前在國內並無生產及施工廠商，未來在評估可行性時就必須納入考量。國內現有施工技術仍是以浮拖工法(同拖拉沉放工法，Pull-&-Sink Method)以及鋪管船(Lay Barge)工法為主，施工技術於討論管材、取水頭、施工工法等各章節逐一討論。
11	顧問公司應將廠商提供的探測項目依專業判別其必要性及合理性，方能作為日後施作之參考。	11. 感謝委員指導。中興公司於 105 年 1 月 22 日工作會議中，針對補充調查內容，依專業判別其必要性及合理性，做更為具體明確的建議，以符合實際需求。
12	本計畫應注意取水管材質的適用性、採用工法是否有其缺點、水泥配重塊比重太差是否可考慮改為鋼製或鉛塊。	12. 感謝委員指導。本計畫將由管線材質、材料來源、配重形式、取水頭形式、施工工法等各面向逐步分析出台灣地區最適合的設計形式，並以表列方式進行優缺點分析評比，做為日後執行時的參考。配重塊的製作若有高比重需求，會採用金屬

		配重方式，惟須考慮材料耐腐蝕性及使用年限問題。
13	中興團隊應謹慎分析前次失敗原因，徹底檢討問題點。	13. 感謝委員的意見，中興公司將仔細研究所有可能失敗因素，重新整合分析可能失敗原因。
14	在管徑僅 40-50 公分的工程中，採用解析度 1 公尺的探查精度需求是否合理?	14. 管路鋪設施工定位之誤差可能達數公尺甚至數十公尺，解析度 1 公尺的探查精度需求目的為提供設計與施工方之工程參數，並在定線時儘量避免施工區有局部異物與凹陷。
15	浮式取水頭的施工不易，顧問公司不應只進行幾何設計，而應該通盤考量。	15. 感謝委員指教。中興公司在本案中所提出的浮式取水頭，概念上與日本清水建設副本部長嵋哲郎先生所提類似，報告中將針對浮式取水頭最適合設計以及施工性做通盤考量，並實際找出適用材料(如浮球、管線浮具等)供參考。
【林委員炤圭】		
1	本計畫的工作執行內容有待加強，以降低未來工程失敗的風險。	1. 感謝委員指教，中興公司將盡全力完成交付任務，務使未來工程失敗機率降至最低。
2	圖 2.2-1 與圖 2.2-2 之管線路徑圖應予合併，以明示其相關位置。圖 2.2-2 裡有所謂不明管線，其工程量體很大，不可能無跡可尋，應予檢討。	2. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理。
3	第三章部分 3.1 工址海洋環境： (a)各收集之資料應於地圖上標示其與計畫區之關係位置以便利資料之適用性。 (b)東部海岸的水流與地形變化有很大的關聯性。台東資料浮標流向以東北-西南向為主，也似與計畫區之岸線走向一致，但 Page.8 中卻指出以東南-西北方向為主，由於管線所受的水流力可能與破壞有關，應對該區域之 3-D 流場作一通盤檢討。	3. (a) 感謝委員指導。中興公司將遵照辦理。 (b) 第八河川局「台東地區深層海水潛力廠址(知本區)海域環境基本資料調查計畫(民國 96 年)」報告指出，知本區域之潮水流向為東北-西南向，漲、退潮時潮水均由東北方向西南流，惟水深-100m 以下因受地形影響，漲退潮流向由東北-西南向轉為東南-西北向。 (c) 遵照辦理；已將資料來源修正為由台東縣政府年委託僑

	(c)成功浮動波浪站之地理位置應標示。表 3.1-3 應是海洋大學執行富岡港水工模型實驗時顧問公司所提供，並非海大所推算，應予釐清。 (d)圖 3.1-4、3.1-5 及 3.1-6 應放大。 (e)海域海底地形及地質是本工程的最大影響因子，應做詳細之調查、分析及評估。目前之論述方式太過籠統，留下一大堆不確定性。 (f)從圖 3.1-9 之立體圖可以看到-700M 水深有很明顯的海脊紊流，中興團隊認為是後期底床營力向下切割所造成(Page 13)，若是如此則海谷中的鬆散地質應不致太厚。但若從另一個角度來看，所有海谷被河川長期輸砂造成沉積層的可能性相當高！這是為什麼-700M 水深的地形那麼平緩(可能接近海床土壤安息角)。若是如此，則鬆散土層的厚度應該很大，也極度不穩定。中興團隊應設法釐清。 (g)就個人所知該段海岸有泥岩成分，海床的貫入試驗似乎也顯示如此，但所欠缺的成分會不會是因為被海流給沖走?	龍工程顧問股份有限公司辦理「台東市富岡港交通船專用碼頭區規劃及水工模型試驗工作」所提供。 (d) 遵照辦理 (e) 遵照辦理，於報告中敘明將進行地形細查、地貌細查、地層剖面細查、近岸地質強度分析，並建議增加進行泥沙收支分析以及底床營力及沉積物運搬現象監測。 (f) 取水頭設計上將建議採鋼網包覆或其他措施，有助於減輕下沉應力，避免取水頭沉陷情況產生。 (g) 海床組成含泥岩與否應不致影響海管設計施工。
4	3.2 相關資料綜合應以時間軸來標示，並整理出各階段負責之單位，目前所見皆為施工單位的資料，無法確定掌握來龍去脈，更不知道是哪個環節出問題!為免後期工程再失敗，本計畫應徹底檢討。	4. 感謝委員指教。本計畫確實有必要將每一階段負責單位及內容進行時間軸整理，中興公司將遵照辦理，但目前經洽詢 貴局仍未找到現有管線的細部設計報告，僅有「深層海水低溫利用及多目標技術研發模廠新建工程成果報告書」可參考。
5	表 3.3-1 應列出配重塊的重量。目前所列方式看不出其意義，第 3.3 節及 3.4 節之論述方式太亂，應再依時程分別敘述與檢	5. 感謝委員指導。本案報告中將依照設計成果估算配重塊重量、水中重量、配重比等相關細節供參，並依委員意見重新整理施工及損壞原因分析等章節。

	討。	
6	Page 27 什麼叫做”濁流頭部高度”?Page 7提到颱風時期之最大流速為168cm/s與196cm/s，所以應不會有20m/s的流速。	6. 感謝委員指導。文中濁流頭部高度意思為濁流前端頂部離海床高，此為一假想推估值，如同委員所述應不會發生。
7	4.1節基本資料蒐集與分析，中興團隊應深入了解各階段施工與災損調查之內容並進行評估，目前所述之災損原因太模糊。	7. 感謝委員的意見，中興公司針對本區域海域環境條件，依據「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢評估」報告詳細評估及分析資料，並參考清水建設堀哲郎副本部長建議納入考量於本案報告第三章中詳細說明。
8	海域環境補充調查中目前所定項目個人認為無法全面了解當地環境 (a)有無可能進行海底震測，如何了解沉積層之厚度? (b)錨錠式ADCP設置水深多少?在本計畫中之定位為何? (c)河口流量及含沙濃度如何調查? (d)水下信標是否應為每次颱洪事件後進行調查? (e)是否應考慮以數值模擬方式補足資料之缺乏?	8. (a)於深海區域海管將置於海床上，沉積層之厚度影響不大，前次調查之資料應已足夠海管設計施工所需 (b)基於經費受限，基本上配合海管設計需求，以取得較關鍵之海流實測資料為目標，如取水頭、管線可能曲折段等處，管線設計若沉放式，調查海流深度以接近底床深度為考量; 管線設計若採用懸浮式，則應將管線預定懸浮深度及管線可能轉彎深度納入海流調查區位。錨錠式ADCP可提供長期流剖面，流場參數乃為海管設計重要參數之一。 (c)一般河川輸砂作業方式，乃於規劃調查之河川下游尋找最接近河口之橋樑處，先執行水位觀測、河川流量量測及懸浮值採樣作業，建立水位-流量率定曲線(rating curve)以及該斷面流量與含沙量關係式，最終乃藉由水位自動監測記錄，推估河川輸砂量。 (d)水下信標建議應為每次重大颱洪事件後進行調查 (e)數值模式亦有很多種類，可能需要針對不同目的來選用，對於深層海流數值模式應用分析仍屬於研究發展階段，

		未來若觀測有較完整資料，可納入長期研究發展項目，但以工程設計考量，實測資料之參考仍是較佳選擇。
9	4.3 節既有取水管線之現況分析需再加強，因為以本工程之規模及海岸地形變化，管線之佈設位置與河川颱洪事件之排砂強度有關，而非距離。	9. 感謝委員指導。現有取水管線之現況分析將於報告中深入評析，並針對颱洪與地震事件進行了解。
10	錐形取水頭可能被砂石給掩埋，浮式取水頭需考慮側向水流力。	10. 感謝委員指導，中興公司在可行性評估內容中納入考量。
11	應訂定 HDPE 管線熔接之檢測標準。管線應進行抗壓扁之載重檢測，抗彎折檢測，另軸向張力拉斷之檢核應考慮比 1:6.5 坡度更陡的情形。	11. 感謝委員指導。HDPE 管的熔接為該類管線製作的重要環節，應依照 ISO 13953 Polyethylene (PE) pipes and fittings - Determination of the tensile strength and failure mode of test pieces from a butt-fused joint 等規範做為檢測標準。此外有關 HDPE 管線的材質、強度、抗拉強度等標準，可參照 ISO 4427 Polyethylene (PE) pipes for water supply – Specifications 等相關規範進行管材品質控制。至於管線軸向拉力的要求，應在細部設計時依照坡度及可能配重、坡度、懸空段落等條件進行細部設計。
12	本工程之成敗與海岸環境特性有關，應加強計畫團隊海洋環境組的任務支援，必要時進行有關之海洋數值模擬；此外，應要求具海洋大地及海洋地質背景之工程師支援。	12. 感謝委員指導。中興公司已請具海洋大地及海洋地質背景之工程師參與工作。海洋數值模擬工作將建議設計單位進行。
13	請釐清滾動式的配重塊是否確實對管線有幫助。	13. 感謝委員指導。滾動式配重塊對於管線遭受崩塌事件時，減低管線縱向所受張力有所幫助，同時也可減少管線受崩塌土體推移的機會，報告中將專節討論。
【姚委員國祥】		

1	在佈管時，如能多掌握海床地貌盡量避開斜度過大處，或管線被懸空太長，也要注意海床上礫石大小及多寡，避免海流帶動礫石流動與管線碰撞摩擦，久了將損及管線。	1. 感謝委員指導。本案所建議補充調查完成後，對於佈管區域將有詳細的設計所需資訊，將建議設計與施工單位多加注意。
2	P.38 管線設計取水頭考量採海床上自由移動方式，在相應受力點之管件是否亦須加強材質或建議考量在後段管改為彎曲度較佳之橡膠管。	2. 感謝委員指導。取水頭採自由移動機制時，確實應該針對可能受力集中點進行加固或使用特殊材質，以降低取水管的失敗機率，中興公司針對取水頭之設計要點及相關設計準則，於報告第六章詳細說明。
3	本類型管線工程未來建議採用統包模式。	3. 感謝委員指導。本類型管線工程為能發揮承包商的最大能力並達成機關最大效益，確應採用統包模式進行施工招標。
4	未來施工前應對管線佈設的海床地貌盡量調查清楚。	4. 感謝委員指導。本案所建議補充調查完成後，對於佈管區域將有詳細的設計所需資訊。
【黃委員煌輝】		
1	取水管抽不到水的原因只有三種狀況(1)取水頭堵塞(2)取水頭與管線已斷裂，而且管內亦有堵塞物阻塞(3)管線有強烈折摺，抽水的通水面積很小。	1. 感謝委員指導。中興公司於報告第三章內容中詳細說明現有取水管無法取水成因分析，參考經濟部水利署水利規劃試驗所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告詳細分析及各委員提供寶貴意見納入考量撰寫報告。依照目前綜整結果，以委員所述第(1)及(3)項為主因。
2	上述的現象可以肯定的是取水管及取水頭由於外力作用影響而遭受破壞，而破壞原因是由於附近坡地崩移或河川沉積物推移，必須洞察確定。因此進行較為精密的地形調查與地質採樣分析至少二次(間隔六個月)應可判斷之。如果以前有資料亦可先做初步比較底床高程變動。	2. 感謝委員指導。建議進行詳細地形調查分析並與前期作業資料做比較。
3	由經驗判斷，水流運動在六、七百公尺速度不足以影響取水頭，	3. 感謝委員指導。補充調查中進行近七百公尺深度詳細地形調

	波浪亦僅在碎波帶較有威脅，因此可肯定是地形有極大錯動引起，請先鎖定此因素，詳加調查後再決定因應的方法。	查分析，與前期結果做比較再利用其成果研判地形錯動程度與因應。
【楊委員德良】		
1	建議以創研中心原址及失敗抽水作為「現場模式」，詳細分析其失敗原因，並探討如何對症下藥，提出可行性之改善設計及施工方案。必要時做三維之管線埋受海流、波與潮汐之流固互制之動繪分析，確信管線之安全無慮並可以取到原規劃之深層海水。	1. 感謝委員指導。本案依照相關資料及專業判斷進行可行性評估，將現有管線失敗原因詳細分析，並提出補充調查試驗項目工後續設計施工單位確切了解海流、地形等充足資訊，讓設計單位依照建議設計模式訂出設計細節後，必要時採三維管線流固分析，確保設計成果無虞後再施工，排除可能失敗風險。
2	如原址經上述詳細分析確認不可行，再另覓新址。再做上述分析，直到找到可行性高之新址，或改用新的材料及工法。海下施工有別陸上，海水浮力、鹽度、抗鹼性管線，如何固定管線而不受海洋環境的影響，如何在海水下安全施工，皆為十分挑戰的課題。	2. 感謝委員指導。本案依照相關資料及專業判斷進行可行性評估，確實不排除評估結果現址不可行的情況，此外，本案同時也是試驗管的可行性評估，必將盡全力研擬最可行的取水管線材料、工法、結構形式、施工方式，降低工程與失敗的風險，達成計畫需求，做為未來佈管作業的參考。
【許委員弘莒】		
1	中興工程已有相關之工程經驗，應能執行本計畫。	1. 感謝委員的肯定。
2	請仔細分析並找出往昔取水管失敗之原因，切勿僅依賴水規所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」的報告。	2. 感謝委員的意見，中興公司除參考水規所「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」報告等資料，遵循各委員建議詳細評估分析，更重要的是中興公司將本著以往 HDPE 管各項工程規劃、設計、施工的相關經驗，綜合找出現有取水管失敗的真正原因。
3	切勿為了以建立之創新研發中心而一定要在鄰近海域設立取水管，請仔細評估其它海域的可行性。	3. 感謝委員的意見，中興公司於第五章詳細說明其他海域之經濟可行性。

4	選擇之海底底質最好係岩盤，而非目前所選海域為砂質底質。	4. 感謝委員指導。根據以往施工經驗，最適宜佈管的海床應為穩定性佳的海床，以目前探查結果顯示，知本溪河口海域除海底山脊處，海谷大致為變動性大的砂與沉泥質海床，為本項工程需克服的問題之一。
【台東大學 劉炯錫教授】		
1	取水管的管徑大小及取水深度的決定與是否能成功取水應有一定的關連性，目前採用較小之管徑即可滿足現階段個別產業需求，且相對失敗之風險應較為低，另成功取水後是否能穩定供水，亦請評估單位納入考量。	1. 感謝委員指導。依照數位委員所提，取水的深度與取水量確實有可調整的空間，水源的穩定才是決定創新研發中心的成敗關鍵，本報告將依此原則，重新規劃可行且風險低的深層海水取水方式。
2	是否可在管線上分段設置監測器，如此可追蹤海下取水管線位置或中斷之位置點。	2. 感謝委員指導。參考日本清水建設崛哲郎副本部長所建議之簡易取水管路構造，在管線末端規劃定位資訊發報器，以確認取水頭位置，故推估追蹤管線或取水頭位置技術上應屬可行。
【水利署水文技術組】		
1	工作執行計畫書所提供海域環境建議補充調查項目，建議應詳細說明調查目的與必要性、調查方法、調查頻率及調查標準，並排列辦理之優先順序，另應充分說明是否完成該等調查分析作業後，相關資料即足供後續中長期穩定取水管工程進行可行性評估之用。	1. 感謝委員指導。中興公司遵照辦理，此補充工程調查資料可降低工程之風險性並供後續參考。
2	有關取水頭不論採用浮式或沉底式設計，建議可考量評估於取水頭垂直水面方向繫纜並於水面加繫本署水文海象資料浮標之可行性，以利長期觀測取水頭附近海象環境變動資料。	2. 感謝委員指導。管線末端取水頭深度至少為300公尺以下，若在垂直水面方向繫纜連接水文海象觀測浮標，推估將增加取水頭遭經過船隻或潮流拉扯的風險，連帶影響管線安全。

【水利署水利規劃試驗所 河川規劃課】		
1	本報告參考「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」建議事項，提出後續補充調查項目，惟前計畫建議的調查項目(表4.2-2)部分係參考國外調查技術，故本計畫應釐清現況國內調查技術及能量是否可執行，如無法執行則請再調整調查方式，例如國內是否可進行岩心掃描及定年，並可分析研判濁流發生的時間頻率?其它項目之使用儀器、分析方法，敬請一併檢視。	1. 感謝委員指導。第一次工作會議中所建議之調查項目均可由國內廠商進行。
2	請 貴公司有必要瞭解知本海域及其它海域之環境現況後提出調查項目： (1)底拖作業、岩心採樣、圓錐貫入試驗於環境特性複雜之海域是否可達成調查目的? (2)該海域地形坡度坡向複雜，如進行底拖拖魚是否有觸底風險?離底高度如何規劃? (3)該海域底質、地質條件是否可進行岩心採樣?圓錐貫入試驗是否可鑽取足夠長度之岩心作分析? (4)請先評估海域環境特性後，據以擇定適宜可行的調查規劃。	2. 感謝委員指導。說明如下: (1)均可增進對此區域之了解。但目前岩心採樣與圓錐貫入試驗因非工程設計之必要調查而不在建議項目中。 (2)進行底拖拖魚的確有觸底風險。拖魚離底高度要求應以台東海域地形特性下可行為合理要求依據。 (3)岩心採樣與圓錐貫入試驗均已於此次報告中刪除 。 (4)係依據現有報告描述之海域環境特性擇定規劃之補充調查項目。
3	調查目的需具體明確，方能據以決定調查方式、儀器及精度。	3. 感謝委員指導。第一次工作會議中所建議之調查項目內容遵照此原則辦理。
4	經費估計請補充單價分析及概算分析，說明經費組成、計費方式。	4. 感謝委員指導。因執行項目及數量會影響費用的組成，後續將就確定執行的項目提出。
5	調查範圍、數量、點位及頻率應配合後續模式分析及評估所需加以研擬，如流場模擬、海床邊坡穩定分析有那些模式，而海	5. 海流觀測配合地形資料足可供流場模擬，其他補充調查應已足供設計需求。但本區域的海床崩坍危險性高，因此管線設

	流、底質採樣調查則需配合數模輸入條件進行規劃。	計須能承受崩坍影響，故邊坡穩定分析將不具決定性。
6	調查項目請配合海事工程設計需求、分析工具、調查經費、環境特性及國內調查技術等加以研擬。	6. 感謝委員指導。遵照辦理。
7	報告之進度說明(第五章)，有關「建議現有海域環境補充調查項目」乙項預定於104年11月上旬完成，惟諸多事項仍待釐清，請 貴公司再投入人力及延長期程作評估，待釐清意見後再建議補充調查項目。	7. 感謝委員指導。遵照辦理。
【本局管理課 陳課長世峰】		
1	有關報告中所提浮式取水頭之概念，建議評估重點應考量洋流之影響及如何固定，並避免管線的彎折。	1. 感謝委員指導。浮式取水頭所遭遇的最大挑戰即為洋流可能造成管線受力，造成管線過度彎折而挫屈，故報告中建議的應對方式包含管線材質加強、浮力的配置等方式。
2	另有關日本所使用的錐形取水頭是否適合本區域環境使用，請補充分析。	2. 感謝委員指導。報告中將依委員意見包含錐形取水頭討論章節及比較分析。
3	有關報告中長條形滾動配重塊的構想，建議可朝與HDPE管如何緊密結合不致鬆脫，但加重的混凝土塊或配重間如何滾動，如此的設計成本是否過高，如果與鎧裝管的成本比較何種較經濟可行。	3. 感謝委員指導。本案報告中包含正確的配重塊安裝方式討論，依照歐美經驗，配重塊的安裝應該採用螺栓鎖固及橡膠墊塊配合，在溫度變化下仍然可維持配重塊與螺栓間的緊密固定，而配重塊的形狀與其滾動行為也是重點之一，必要時捨棄混凝土，改用鋼材或其他材質形式之配重(例如鍊狀配重等)。鎧裝管由於在國內並無相關產業或製造商存在，一切需仰賴進口，其成本在目前所規劃規模下應屬不可行。
4	本案或許可考慮購水的方式辦理，以供水量及供水時間實際考量研擬契約如何設計。	4. 感謝委員指導。若以機關自主性而言，自建取水系統仍是相對可靠且穩定的海水來源，但若在政策法規面許可下，以民間廠商的動員能力並提供合理的利潤等條件，相信民間廠商

		有意願配合，在自建工程條件檢討確實風險較高的情況下，購水使用的方式可作為可行的備案。
【本局工務課 姚課長敏郎】		
1	浮式取水頭的做法是否有確實案例及細部設計案。	1. 感謝委員指導。根據資料顯示，因深層海水取水的位置通常選在海床穩定的區域，目前國內外尚無浮式取水頭的案例。
2	其它海域經濟可行性評估，建議就創研中心移置否，分別討論。	2. 感謝委員指導。中興公司於期中報告第五章詳細評估其他海域經濟可行性評估，主要以不遷址為主要考量。
【本局工務課 施正工程司政杰】		
1	本計畫需蒐集大量及多方資料以進行研判，若有需要可函本局協助發函索取。	1. 感謝委員指導，中興公司遵照辦理。
2	P.25 3.4節既有深層海水取水管受損情形一節，其論述之來源為何?係參考相關報告或是貴團隊撰寫，其正確性請再檢核。	2. 感謝委員指導。針對深層海水取水管先前有斷管之描述，因拍攝角度不佳及實際情形不完全清楚，已暫時予以移除。
3	建議後續之海域調查項目一節，因建議之調查項目經費龐大，建議可針對各項目進行輕重緩急之排序，供水規所於未來參辦時可進一步擇定。	3. 感謝委員指導。遵照辦理。
4	浮式取水頭看似較為可行之取水頭施作方式，國內外是否有成功的案例?若可行，未來可思考於浮球上端續接鋼纜，並於水面設置浮標站與鋼纜連接，以便定位取水頭位置並同時觀測水文數據。	4. 感謝委員指導。根據資料顯示，因深層海水取水的位置通常選在海床穩定的區域，目前國內外尚無浮式取水頭的案例。管線末端取水頭深度至少為300公尺以下，若在垂直水面方向繫纜連接水文海象觀測浮標，推估將增加取水頭遭經過船隻或潮流拉扯的風險，連帶影響管線安全。
5	海域取水管工法分析僅對取水頭及配重塊進行論述，應針對近岸端的工法(ex:於水下50M法蘭接頭處熔接，或於南端取水上岸以管中加壓方式將水送入既設取水井)及初步佈管路線進行建	5. 感謝委員指導。本案報告中將包含近岸端相關工法說明，近岸管線應採水平導向鑽掘工法或推進工法進行佈管，所需地質鑽探項目列於補充調查項目中。

	議。	
6	試驗管應以耗材的概念去審視，以其工程所需經費及其效益評估其應堪用之年限(保固期)，不同效益及不同工程經費可能有多元的方案，擇優選方案後訂定之。	6. 感謝委員指導。試驗管的規畫與要求應與一般管線有所差異，中興公司將會參考納入期末報告。
【本局工務課 黃名震】		
1	工作執行計畫書表4.2-2中之調查頻率、啟動調查之時間點應再詳述。	1. 感謝委員指導。提供設計資料之工程參數調查項目必須於設計工作啟動前全部完成。
2	若採用日本清水水建設錐形取水頭之形式取水，請注意取水頭高度，倘不足仍有遭受海床崩移之土沙掩埋之風險。	2. 感謝委員指導。中興公司取水頭之設計細節於第六章第四節詳細說明。
3	執行計畫書4.3節（二）長條形滾動配重塊：如於海中施工時採浮拖工法施工時，注意是否會產生配重塊前後滑動，無法按原設計間距固定的狀況。	3. 感謝委員指導。本案報告中包含正確的配重塊安裝方式討論，依照歐美經驗，配重塊的安裝應該採用螺栓鎖固及橡膠墊塊配合，在溫度變化下或施工時仍然可維持配重塊與螺栓間的緊密固定。
4	本計畫除工法分析外未來是否能提供相關的施工規範及檢驗項目供爾後設計階段之參考。	4. 感謝委員指導，中興公司遵照辦理。

附錄二 工作小組會議審查意見回覆

附錄二 第一次工作會議意見答覆表

【林委員炤圭】		
1	基於本計畫將會影響到後續龐大的工程經費與工程的成敗，以及中興工程顧問公司的專業技術與經驗，請中興顧問公司能以負責的態度落實本計畫之執行。	16. 感謝委員指教。中興公司深知本計畫的重要性，一向本著專業技術與經驗，依合約規定項目與內容執行本計畫。由本次工作會議中經濟部水利署、水利規劃試驗所與第八河川局三方針對計畫執行方向做充分溝通，確定現有海域補充調查的方針與定義，將有助於本計畫的後續執行。
2	至目前為止，本人所參與的本計畫相關會議中，「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104)一直被定位為本計畫之參考依據，也因此本計畫必須要訂定出該計畫不足的部分，並擬定補充調查項目與內容。然而，一直沒看到本計畫執行單位本於專業立場對該計畫的執行內容作任何評估，而僅是引用該計畫的建議。是否未來海岸取水管工程的成敗也將歸責於該評估報告？	17. 感謝委員指導。本計畫現有海域補充調查報告(修正版)中，針對「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104)所不足部分提出補充建議，以求對現有海域有更充分的了解。對於該報告的內容方面，本公司在引用其建議前，針對報告中所得量測結果進行檢視與評估，並以知本溪北岸台東支庫管線調查經驗為參考，在確認其分析邏輯無誤之後方才引用。
3	建請中興顧問公司能針對調查報告的成果本於專業判斷作一詳細的剖析，再據以訂定該補充調查之項目與規模。雖然調查費用可能偏高，但如能確實掌握當地的海氣地象，該費用仍遠比後續(可能因為調查項目與專業判斷不足而失敗)的工程施工經費以及後續處理費用來得低。	18. 感謝委員的建議，目前已重新擬定新的調查項目及數量，但如果要將本區域所有環境影響之工程參數完全釐清，需要長期調查，本階段僅建議於前次及本次新增建議區域進行補充調查，目的是判別各建議區域之優劣，以進行鋪設路廊選擇。
4	例如，該調查報告進行了三天的流速剖面調查，可是中興顧問公司僅暗示資料可能不足，而未作任何分析，並直接引用該調查報告所推斷的海床不穩定原因為重力流。	19. 重力流是海床不穩定的原因之一，且此三天之流速剖面並未抓到此事件，故本次調查建議於颱風季進行連續 60 天長期觀測，並以水下信標做海床變位之判定。
5	前期調查報告中指出建議區域 2 有海脊保護為相對較佳的佈管	20. 依目前地形，建議區域 2 兩側海脊可阻擋一般情況甚或颱風

	區域，但仍有砂石進行堆填，是否可提出其營力從何而來?	季時自知本溪排出的砂石，該區域堆填的砂石可能是更極端事件或是上次冰期造成地形改變而堆積於此。
6	目前的補充調查項目應定位在一般調查作業，有關施工上所需的資料調查作業可考慮包含在施工標裡面(如果調查路由區域1跟區域2都不適合，就沒有其他區域可以考慮?)。	21. 考量經費及工期因素，本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，本次與前期之調查成果可提供該區域基本地質資訊，更精細或局部之調查作業，將由統包商施工前視其需要另外進行。目前選定區域 2 南側之谷地為被選區域3，該處遠離知本溪及太麻里溪，受河流沖積物影響的情況更小。
7	側掃聲納的探測作業要將儀器沉到 600M 水深進行，如何確認探測時儀器的正確位置?儀器精度要如何要求?	22. 側掃聲納儀器有內建深度計，由鋼纜將訊號及儀器所在深度即時傳回船上，並由船上操作員控制絞機鋼纜長度配合船速調整儀器深度。側掃聲納探測資料均要求與相鄰測線重疊10%進行比對。
8	各項補充調查工作的範圍應以圖說表示比較清楚。	23. 感謝委員建議，已於報告中更新。
9	近岸地質相關調查的執行項目為何?請列出。	24. 近岸地質相關調查工作(海域 30 公尺水深內鑽探)為提供施工上所需工程資料，將建議於施工標進行，故已於本次報告中移除。
10	有關 ADCP 的海流量測工作，因不同的量測標的會有不同的儀器需求，其儀器造價落差甚大，請明確訂出量測目標深度、分布等要求。	25. 感謝委員建議，已於報告中更新。
11	補充調查建議中規定四季的海流調查，而承包商一定會在天候良好下進行量測，管線損壞經常都在極端事件發生時，故建議對於調查工作目標重新確認是否可以達成。	26. 感謝委員建議，目前報告中要求進行颱風季(7 至 10 月)連續觀測 60 天。
12	有關泥沙收支調查的工作範圍並未明確定義，是否要進行模擬?	27. 考量經費及工期因素，泥沙收支調查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。

13	請提出水深測量的細部規範。	28. (1)調查範圍內以使用多音束測深設備(Multi-Beam Echo Sounder)為原則，探測海床地形起伏狀況。(除無法抗拒因素外，原則上水深探測最淺需至 10 公尺水深)。 (2)實際有效資料覆蓋率需達 100%，且船隻回轉時所測得之資料不得作為計算成果之資料，亦不納入前開有效資料覆蓋率計算。 (3)相鄰兩條多音束帶寬(Swath)面積之重疊(Overlap)至少需 10%以上。 (4)調查範圍內須進行交錯檢測線: 交錯檢核線長度至少應為主測線的 5%以上，並均勻分佈於測區；交錯檢核線之測線間距不可超過主測線間距的 20 倍；交錯檢核線與主測線之交錯角度介於 60~90 度之間；且所有測線至少與檢測線交錯 1 次。 (5)水深測量的海水聲速校正至少必須每 6 小時或氣溫變化較大時校正多音束測深儀的觀測資料之聲速。 (6)平面及高程(深度)精度需達 IHO SP-44 之一等精度規範(1a Order)。 7.調查成果之網格精度須達到 5m x 5m。
14	水下信標只能測出海床移動,如何去定義出運般現象?底床質的顆粒大小是否會有影響?	29. 希望藉由水下信標變位以確認運搬現象,並建議避免於此處佈管。
15	圖 2-1「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」建議佈管位置圖中顯示初步建議區域 1、2 海底坡度變化相同，建議佈管路徑位置是否考慮另一型態坡度變化，如建議區域 2	30. 感謝委員指導。現有海域環境補充調查範圍將納入建議區域 2 以南另一處海谷地形，進行補充調查後與建議區域 1、2 相比對，找出最適合佈管的位置。

	以南一處坡度較陡之海谷地形或利嘉溪以北坡度較陡之海谷位置。	
16	知本溪到太麻里溪間三海岸是否有拖網作業?若沒有的話,可否用浮球(GPS)拋錨沿取水管佈放在不同深度海床，以監測海床之變動,如果海床滑動則浮球會下沉或鬆動;若有拖網就不行。	31. 經台東區漁會回覆本區目前沒有拖網作業,但漁民下網深度仍可能達五六百公尺深，因此浮球設計尚需多加考慮。
【王委員兆璋(書面意見)】		
1	先期調查並沒有陳述真正要取得的參數為何。調查是為了給工程設計有依據，因此程序上應為： (1) 應該先瞭解有哪些現象要掌握，如「有如濁流發生」,「地層結構穩定與否」等等。 (2) 有哪些參數可以協助上述現象的解讀，如「孔隙率」、「地形坡度」,「剪力係數」等。 (3) 依照前面參數的種類，規劃出需要引用哪些工具（海底攝影）,以及其觀察或測量的精度（10 cm or 1 m）與施測週期 (一年四季次)。但是在報告書中，反其道而行，直接跳到(3)。	14. 感謝委員建議，已於報告中更新。
2	本計畫提及許多設備的規格，但是並沒有連結「工具規格」與「參數」之間的相關性。例如:「路由地貌細查」使用 100/400kHz，很顯然不具備工程調查概念。因為管徑的大小與受所在環境異物影響有一定比例關係（管徑三、五十公分，海床上很多東西都具有威脅性)。聲納頻率高低偵測能力又與異物大小有關。因此這一類的設備規格描述沒有一定計算，不但無法保證調查品質，甚至會因為此一規格造成其他具有更優良設備的廠商或單位無法參與（因為 100/400 kHz 是一定值，而非範圍)。或是常有機關將調查規範中列入「船隻動態定位系	15. 感謝委員，本次報告已針對各參數提出調查項目之需求，並取消規格之要求。

	統」為必須規格，這些都是將不絕對需要之特殊規格列入後，形成排擠且不利於調查服務市場競爭。換言之，取得水下資料的格式或精準度必須明訂，但是取得的工具或方法不宜限制，除非在工程科學上有所依據。	
3	本計畫的目的設定為「建議補充調查」應執行的項目。討論範圍應以工程設計所需瞭解的環境參數為限，不應驟然提出「取水頭採用 XXX 設計，故持在力應不影響取水功能」這一類不具專業論述的結論。應是有了環境基本資料後，才能依據計算或模擬得出上述結論。	16. 考量經費及工期因素，本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，本次與前期之調查成果可提供該區域基本地質資訊，更精細或局部之調查作業，將由統包商施工前視其需要另外進行。
4	因此在後續調查說明詳述中，許多描述都是審查人前面 1.到 3.所指出的。再舉一例「海床營力及沉積物搬運現象監測」中，完全沒有說出定位精確度。完全無法接受這樣的描述於此本報告書中。	17. 感謝委員建議，已於報告中更新。
【許委員弘莒(書面意見)】		
1	表 3-1 與表 3-2 之各項經費均有嚴重高估之現象，建議中興工程重新委託多家廠商進行估價。	8. 本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目進行報價。
2	表 3-1 中，並未寫明其量測頻率?其量測頻率是依照表 2-1 來決定嗎?若是，建議底拖側掃聲納能再多增加一次量測。 在地質鑽孔部分，表 2-1 與表 3-1 之鑽孔點數不同，建議以表 2-1 共 10 處為宜。	9. (1)考量經費及工期因素，底拖側掃聲納並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。 (2)目前規劃於建議區域 1、2、3 水深 200、400 及 600 公尺處各進行一處岩心取樣。
3	在海流現測的部分，此部分經費嚴重高估，建議如下： (1) 以 LADCP 進行船測即可，不需再以 ADCP 來量測，因此船拖方式所量測得之海流資料為 2~3 天之瞬時的海流資料，作為參考依據即可。主要判斷當地海流，仍以定點式 ADCP	10. (1)船攜式 ADCP 可得到大範圍表層海流資料，LADCP 僅能獲得單點分層海流資料，無法互相取代。 (2) 因為時間及經費的因素，本次報告建議固定式流速觀測於颱風季(7 至 10 月)連續觀測 60 天，預計在深海區 600±50

	為主。故建議刪除船攜式 ADCP 費用 160 萬。 (2) 定點式 ADCP 之量測時間需長天期之資料觀測，每次至少需有 6 個月以上的量測資料，在數據品質上亦須至少有 90% 以上良好數據。環保署的規定是在近岸海域的量測方式，並不適用於深水域的海流現測。	公尺深處觀測一處。
4	表 3-2，第一個調查項目未列入數值模擬之經費。建議加入約 150 萬做為數值模擬之費用。	11. 感謝委員建議，已於報告中更新。
【姚委員國祥】		
1	報告內容中，說明 4：近岸段取水管將埋設於海床下至約水深 50m 處，再穿出海床面；及 P6：海床以泥至至砂質沉積物為主。試問： (1)此近岸段(至 50m)處距離多少? (2)礫石大小及分佈情形。 如無礫石且已推測海床沉積物動能較和緩則經費不足下，建議此段管不埋海床下，改鋪於海床上，一段時間自然受沙泥覆蓋形成保護。	9. 根據資料中地形圖推估，近岸段長度約 300M。至於礫石大小與分布相關資料目前沒有相關資訊，但若將管線鋪設於海床上等待自然回淤，則未回淤前管線可能因缺乏保護而遭扭曲斷裂。
2	從-50m 至-700m 取水管末端距離約多少?此段較易受損及斷管之處，維修(包括更換)亦較困難。建議以 50m 處當維修點，必要時將-50m 以下管子從此處吊上維修或換管更新。	10. 本段長度因管線佈放位置而略有差異，大約為 4000M~5000M 左右。管線設置維修點可提高未來損壞維修之可能性，但若由-50M 開始將管子吊上維修，則可能直接造成管線的挫屈損壞，實務上對 HDPE 管並不可行。
【水利署水文技術組】		
1	設計工程參數所需之地形細查、地貌細查、地層剖面細查及近岸地質強度分析等，是屬於工程施工階段之調查作業，其中所建議預定鋪設路廊應由誰選定?如何選定?是否有需先進行調查	4. 本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，本次與前期之調查成果僅可提供該區域基本地質資訊，建議統包商施工前視其需要另外進行調查。

	分析之必要?或可僅提供統包商參考,並由其於施工前進行調查分析。	
2	底床運搬現象調查所建議之二項調查項目似應可與設計工程參數所需調查作業進行整合。另簡報中所提若調查動員進行有效整合，所需經費應可有效降低，是否可提供那些調查項目可進行整合及整合後預計所需經費之建議。	5. (1)進行水下信標工作以調查運搬現象，故需先進行。 (2)已初步整合調查項目，待確認補充調查項目後再進行整合。
3	另請提供各項調查工作所需工期之建議。	6. 感謝委員建議，已於報告中更新。
【經濟部水利署水利規劃試驗所】		
1	補充調查應先就其目的及用途予以說明，以釐清調查項目的必要性，勿流於為調查而調查。另目前收集的資料不足之處為何?	3. 感謝委員建議，已於報告中更新，並針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目。
2	所需調查的範圍及側線為何?建議可以明確指定。	4. 感謝委員建議，已於報告中更新。
3	在工法尚未預擬或設定的前提下，係如何設定需求?(如儀器、精度、數量及頻率等)，如地形細查需達 1 公尺其明意?另調查項目規範為何?應明確以利達到需求。	5. 考量經費，地形調查已改為 5 公尺網格之解析度，將可與前期兩次地形調查對比，規範詳如報告第三章。
4	調查精度設定應考量環境特性，避免無法達成如地層剖面細查魠魚離底高度不高於 30 公尺，恐不易執行。	6. 考量經費及工期因素,底拖側掃聲納及地層剖面細查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。
5	調查項目眾多在整合後續補充調查執行廠商不易達成。國內是否有能力?建議可以先予以釐清。	7. 本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目,國內廠商或研究單位均有執行能力。
6	調查項目眾多經費高且急迫性不一，建議可以分類分期，以利後續推動。	8. 考量經費及工期因素,本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目如表 3-1。
7	海流的測量方式係採浮標或錨錠其經費差異大，建議應以需求為前提予以設定，亦利後續推動。另佈放位置為何?亦請說明。	9. 目前僅對資料成果要求，未對測量方式有所限制。佈放位置已於報告中描述。
8	底床運搬現象調查要達到目標尚屬不易，如錨錠水下信標如何	10. 水下信標需固定於海床表層，並觀測表層移動，若證實有表

	執行?能否取得所需資料?另風險狀況為何?	層運搬現象，則避免於此處佈管。
【國立台東大學】		
1	本案為取水管工法分析及可行性評估，但目前工作項目規劃多屬基礎性的海床環境調查分析，少有或沒有工法評估分析探討項目。因管材、配重、取水頭設計等是取水成敗的關鍵因素，目前創研中心與種原庫既有取水管配重設計都有需要檢討改進之處，建議針對管材 HDPE 管及鎧裝管選用進行效益評估分析，亦評估分析 HDPE 的配重方式(混凝土塊或鋼索等)、適當配重(能穩定於海床)及取水頭設計。	5. 感謝委員提醒。有關工法分析評估等章節為本計畫期中與期末報告範疇，中興公司將於後續報告中逐項分析提出。管線的配重確實為取水成敗的關鍵之一，適當的配重形式將維持管線的穩定無虞，參考國內目前的產業發展及施工案例，以及請教石資中心相關經驗，鎧裝管因為須由日本進口管材、連帶船機施工等，以創研中心的工程規模來說所需成本過高，並不符合效益，故仍以 HDPE 為主要考慮管材。
2	於建議區域 1 或 2 布設取水管取水至岸上，需再經陸地加壓輸送 2、3 公里至創研中心園區，其成本效益及深層水物理化學性質變化等建議加以評估分析。	6. 感謝委員提醒。取水點在考量管線安全性條件下，可能改由其他區域(建議區域 1 或 2 等)佈放取水海管，配合陸上加壓輸水管將海水送至創研中心現有場址，其所需成本將於期中報告中一一列出。至於水體的物理與化學性質是否因陸上輸送而有變化，基於輸送方式以密閉埋入管線為輸送路線，海水中營養鹽含量等預估應不致造成影響。
3	建議評估取水管從創研中心取水井直線直接布設至區域 1 或 2 深處的可行性。取水頭位於建議區域 1 或 2 深處，深層水直接湧至創研中心取水井，不須先取至岸上，再用動力輸送 2、3 公里。	7. 根據行政院農委會水產試驗所-台東支庫深層海水取水佈管經驗，管線的走向應盡量平行坡度變化方向，若與坡度變化方向產生斜交角度，則管線可能遭崩塌滑動等而被推移，增加斷管風險，故由建議區域 1 或 2 深水區域直接拉管線至創研中心將產生斜交，應不可行。
4	近岸地質鑽孔取樣分析共 3 處，每處鑽深 30 公尺。有否位於海水裡之鑽孔點？3 處陸地地質鑽孔分析費用似不需高達 1000 萬元。	8. 近岸地質鑽孔皆為海上鑽探作業，於水深 30 公尺 (或國內可施做最大深度) 範圍內進行鑽探作業，需動用海上鑽探平台因此費用較高。而近岸地質鑽孔目的為提供施工上所需工程資料，將建議於施工標進行，故已於本次報告中移除。

5	104 年水規所委託銓日儀公司調查評估報告中，測得的海流流速都屬平常流速(海床<10cm/s)。觀測不定常外力造成的海流，需全時監測。目前定點式 ADCP 觀測規劃每季進行 15 天，間隔 10 分鐘，共進行 4 季，恐也不一定能監測到不定常外力海流。由於不定常外力極可能來自海底地震，地震瞬間海床海流最強，隨著深度漸減而漸小。建議定點式 ADCP 連續觀測 1 整年，間距縮小為 2 分鐘，可獲得完整時間序列監測資料與較具價值。目前 3 處定點式 ADCP 觀測 1 年費用 4000 萬元，佔整體費用極高。由於平常海流流速過去已有監測，目前最重要的是監測掌握不定常外力海流。由於本項觀測成本費用很高，如果能如上的提議進行全年全時觀測，進行 1 處 20 層的觀測應已足夠，最好能設在深海區(500～600 公尺深)，費用應可節省。	9. 因為時間及經費的因素，本次報告建議固定式流速觀測於颱風季(7 至 10 月)連續觀測 60 天，預計在深海區 600±50 公尺深處觀測一處。
6	建議船攜式 ADCP 可進行颱風豪雨河水輸送大量泥沙之知本溪河口離岸不同距離及不同深度傘型區域之流場流速觀測，助於研判是否為造成強海流的不定常外力，及評估不同泥沙粒徑於河口之沉積分布。	10. 船攜式 ADCP 僅搭配固定式 ADCP 進行全調查海域之時空分布。泥沙收支調查因未能取得對佈管施工決定性因素，於本次建議中已取消。
7	泥沙收支分析中，支的部分(泥沙入海量)可以評估，收的部分(海洋接收泥沙量)，因需要完整的泥沙濃度梯度分布資料，因採樣時機、方法、位置未規劃，恐難以評估。建議於颱風豪雨流量輸送大量泥沙的知本溪河口離岸不同距離及不同深度傘型區域採水樣分析泥沙含量及粒徑。另外，以濁度計分析泥沙含量恐不足，建議採取水樣以濾紙過濾秤重(乾重)方式較為精確。	11. 考量經費及工期因素，泥沙收支調查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。
8	颱風豪雨期間(颱風剛過風浪較小即進行)於河口不同距離及不	12. 颱風豪雨期間之監測於目前階段尚屬困難，故本次建議不包

	同深度傘型區域觀測流場流速變化與泥沙含量分布，有助於吾人研判河口泥砂淤積情形及對取水管、取水頭之潛勢影響。	含此項調查。
9	近岸地形變遷模擬部分，由於路由地形細查項目已進行多音束測深，而微量海床地形變遷如沖刷 15 公分或淤積 30 公分，多音束測深儀能探測出來？另抓斗採樣 10 次進行沉積物分析，看來較為沉積底質調查，如何能探測地形變遷，請說明。	13.(1)依前期計畫使用之多音束測深設備(EM 710)，其有效測深範圍為 3 至 2000 公尺、水深解析精度為 1 公分，應可得到微量之地形變化。 (2)沉積物採樣目前規畫以重力岩心採樣器進行取樣，取出之岩心再進行岩心剖面反射色攝影、岩心剖面薄片 X 光攝影、沉積物雷射粒徑分析、沉積物鉛-210 定年分析等以了解沉積構造、來源及發生事件年代等。
10	底床營力及沉積物運搬監測。海床信物運搬與外力大小及信物比重均有直接關係，六個信物比重為何？比重也是關鍵，如同 HDPE 管之配重，如六個信物比重相同，則本項監測較無大意義。建議信物整體比重規劃為 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8 共 8 種，才有助於研判外營力大小與沉積物運搬力， 8 種為 1 組，設置 2 或 3 組，放置不同深度。而 1.2 為創研中心 HDPE 取水管深海處之比重(含配重塊)，1.7 為鎧裝管的比重。另外，亦可評估布放多支小截(每支 100 公尺)HDPE 管及鎧裝管，HDPE 管以配重塊調整其比重分別為 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8，觀察其於海床之位移與淤積掩埋情形。亦可以相同方式設計布設不同型式、比重之取水頭，觀測其於海床的穩定性。	14.感謝委員意見，中興公司會針對各信物比重進行分析討論，提出較合宜方式評估未來於觀測底床營利及沉積物運搬時之依據。
11	建議主辦機關對創研中心與種原庫既存取水管線之存續或廢棄進行探討並做出結論，而進行一次最新的全線 ROV 檢測是作探討與結論最有力依據及最經濟有效的方式。建議勻出小部	15.感謝委員提醒。有關種原庫失敗取水管部分先前已經完成全管 ROV 檢視作業，結果顯示除管線有位移外，取水頭附近確認遭大量砂土掩埋，去年度(104)曾著手辦理舊管線修復

	分費用(300、500 萬？)對兩處停水管線進行全程全線從岸端至取水頭完整的 ROV 觀測。本觀測具有下列幾項重要作用：斷水原因判斷、管線修復可行性、原區域布設新管可行性、既有管線存續結論。建議組成一個專家小組，從岸端沿管線至取水頭全程完整審查檢視兩支管線 ROV 影片，包括位移、沖刷、流痕、掩埋、阻塞、斷管、遺失等檢視。可從失敗中獲取許多寶貴經驗。另外，或許只需花較小費用即可修復，或於原址布設新管之可能性都有。	工法評估，但由於主辦機關欲向承包商求償而中止評估作業；至於創研中心也在「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104)中辦理全管 ROV 巡檢作業，結果同樣顯示管線有位移，取水頭附近遭大量砂土掩埋；由此可知本海域所佈設取水管線有類似的破壞特性，中興公司曾經討論過採管體適當位置鑽孔、切割等修復工法，但由於成效無法確定且可能在下一次崩坍事件再度失效而作罷。
12	須瞭解到，海底地震不定常外力也同樣存在於建議區域，而且管線本來就容許泥沙淤積掩埋的，重要的是取水頭不能折斷與被掩埋。種種跡象顯示，創研中心與種原庫既有取水管停水的主要原因極可能是深水處配重不足所導致，當管線受外力飄移滾動時導致取水頭折斷掩埋。因此，只要取水管於海床的穩定性(配重)足夠或採用鎧裝管(最建議採用鎧裝管)，6、700 公尺深處採用浮式取水頭或錐形取水頭設計，這些問題應可解決了。從這角度評估，原址布設新管的可行性並非沒有。	16. 感謝委員指導。在國內不具有足夠的經濟規模與產業配合下，使用鎧裝管的效益確實無法滿足需求，只能夠考慮以 SDR 值較小的 HDPE 管作為管材，而 HDPE 管的配重妥適與否，確如委員所說將控制工程的成敗，若搭配本計畫歸納整理的取水頭形式(浮式取水頭或風車型取水頭)，原管線位置不見得一定不能佈設新管，但基於降低風險與最佳設計的考量，仍需在評估過程中選擇風險較低的佈管路線，以增加管線存活率。
13	地質鑽孔取樣至“海床面下”30 公尺，是否為“海平面下”之誤？	17. 海床面下 30 公尺確為海上鑽探時，深度達海船面開始起計 30 公尺以下。
14	水下信標觀測除了每次重大颱洪事件後進行，建議每次發生震源於台東之較強(例如 4 級以上)海底地震後更要進行觀測。	18. (電力部)
15	浮式取水頭與滾動式錐形取水頭各有優點。水利署委託銓日儀公司進行停水管線 ROV 觀測，發現管線位移時，發生配重塊翻倒，管線旋轉滾動情形，將可能導致直立式或浮式取水頭折損。如採用浮式取水頭一定要確保管線於海床的穩定性。建議	19. 感謝委員指導。期中報告與期末報告中將包含取水頭形式評估內容。

	進行評估採用何種取水頭。	
16	國外亦有見過從近岸端注水清洗海底輸油管線阻塞情形案例，可以達到清理阻塞的目標。這種技術能否應用到創研中心或種原庫既有取水管。	20. 感謝委員提醒。國內目前對於輸送管線的清潔方式，大多也採用清管器(PIG)進行。清理過程中將一塊類似子彈形狀的清管器由管線一端送入，加壓後隨著水流由另一端排出，可將管內累積髒污堵塞物質清除，本技術在一班輸送管線皆屬適用。
【財團法人石材暨資源產業研究發展中心】		
1	深層海水中心已停水近 4 年時間，影響台東地區 DSW 產業發展甚鉅。站在中心立場，期待可以儘早復水為優先考量，對本案進行綜合評估。	1.感謝委員指導。在永久管線佈設前，本計畫也針對試驗管工程做規劃，期望能盡早恢復取水功能，促進產業發展。
2	台大海洋所及中山大學針對知本海域內波，在本年度有相關研究調查作業規劃，建議本調查計畫可洽詢共同研究之可能性，避免資源重複減少經費支出。	2.據查台大海洋所本年度的調查範圍在綠島附近，與本計畫調查區域有一定距離。請委員提供相關資料或聯絡方式。
3	A 項海流觀測為長期觀測項目對工程參數設計、施工影響的關係並不顯著，是否納入 B 項為佳。	3.本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目。
4	依國外經驗 A 項之短期、一時性調查項目均以工程包商自行施作為主，要作建議納入工程標案中進行，將可減少經費支出。請檢討納入本海洋環境補充調查之必要性。	4.考量經費及工期因素，本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，本次與前期之調查成果可提供該區域基本地質資訊，更精細或局部之調查作業，將由統包商施工前視其需要另外進行。
5	目前海洋地質調查均以影像分析為主，建議可洽詢台大海洋所董千芬老師，量化分析的可能性併入考量。	5. 建議主辦單位可就影像分析之海洋地質調查接洽台大海洋所黃千芬老師。
【第八河川局管理課　陳課長世峰】		
1	建議本報告應從調查目的來思考調查項目，以工法所能適應的	3. 感謝委員建議，以朝配合試驗管工程工法所需參數方向進行

	極限條件來考慮所需蒐集調查資料。	評估。
【第八河川局工務課　姚課長敏郎】		
1	建議表 3-1、3-2 請將估算基準以說明方式列於表下方(如調查區域為建議 1 區域與建議 2 區域或兩者皆調查等，調查水深-700m 長度 5 公里)。	5. 本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，調查範圍及數量已更新於報告中。
2	地形細查及地貌細查均達網格 1m 之密度，兩者可否經費整合併同辦理。	6. 考量經費及工期因素，地貌細查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。而地形調查改為 5 公尺網格之解析度，將可與前期兩次地形調查對比。
【第八河川局工務課　施正工程司政杰】		
1	相關建議之調查項目於國內是否有其它單位施作過，是否可補列於後續報告之參考文獻。	3. 本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目，除水下信標國內無已知實作案例外，其餘項目國內廠商或研究單位均有執行能力。
2	本計畫調查項目之經費估算係針對建議區域 1 或 2？或是兩處？另期程及經費估算係為 1 年或 2 年？建議敘明。	4. 經費估算已於本次報告中更新列明。
3	各調查建議項目可以圖面標示相關位置，並敘明位置僅供參考，後續辦理時請主辦單位依實際需要調整。	5. 感謝委員建議，已於報告中更新。
4	調查工作之建議項目係為水規所辦理調查計畫，建議可另增列後續統包商可補充之調查項目。	6. (1)本次報告已針對建議預定鋪設路廊重新擬定調查項目。 (2)由於目前無法得知統包商之設計及工法，因此未能建議相對應之補充調查項目。
5	表 3-1 之經費預估係為單次還是整年計畫。另頻率欄位缺頻率有關之論述。	7. 本次經費皆是依本次調查項目及範圍估算，調查頻率已於報告中更新。
6	泥沙收之以濁度計量測恐有困難，依卑南溪流量觀測之經驗，因東部急流河川之濁度太高，歷次以濁度計觀測卑南溪皆呈現	8. 考量經費及工期因素，泥沙收支調查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。

	最高數值且濁度計無法得知水體懸浮載砂體粒徑分佈，建議採用其它方式進行水體採樣。	
7	泥沙收支於颱洪事件前後測量，雖颱風期間不易觀測，仍請考量以一次為原則。	9. 考量經費及工期因素,泥沙收支調查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除。
8	本局於縣管河川知本溪仍有觀測流量及含砂量，可參考採用。	10. 考量經費及工期因素,泥沙收支調查並非決定佈管區域之必要項目，已於本次報告中移除，建議後續研究調查應酌於採用。

附錄三 期中報告書審查意見回覆

附錄三 期中簡報意見答覆表

【劉委員金源】		
1	目前在該區域由銓日儀公司所進行的海域調查已有相當豐富的資料，應針對這些資料進行深入分析之後，再提出補充調查之建議。	32. 謝謝委員指教。經洽詢八河局承辦人員，目前已取得銓日儀公司當時調查的可提供成果資料，並進行詳細的檢視與研究，據此提出補充調查建議內容。
2	在原址佈放管線所遭遇的環境因素上的困難，是否可藉由工程及施工技術來克服?若完全無法克服，方考量在其他處取水。	33. 感謝委員指教。原址佈放管線的確為本公司分析後建議的路線方案之一，因原址佈放具有其他方案無法達到的特性，例如溫度最低、水質劣化風險最低等。本報告在第六章提出試驗管的施工技術精進作為後續設計參考，目的即為設法以施工技術克服環境困境，但畢竟目前海床崩塌可能範圍等條件無法經有效方式予以完全量化確認，在權衡輕重之下訂出路線的建議方案順序，作為後續設計施工參考。
3	對於前期海域調查分析所提議之兩條建議路線，應進行深入分析。	34. 感謝委員的建議。本報告於 4.2 節中，針對前期海域調查分析所提之建議路線，進行調查成果資料重新確認及檢核，並進行詳細分析，並將研究結果配合試驗管的需求，進行試驗管路線分析與建議；雖經過前述研究分析作業，但不可否認目前對於兩條建議路線的相關資訊確有不足，故應在進一步補充調查試驗時補足，作為後續永久管佈設路線之重要參考。
【王委員兆璋】		
1	主要工作的優先順序並不恰當，因為必須先知道(推測)前期失敗原因，才能依據該原因分析所需的調查項目與規格。 問題判斷(參數)->調查(規格)->工法、選址->預算估計	18. 謝謝委員指教。因現有可取得之資料無法確切推測得知前期失敗原因，故本次計畫以數項較可能造成失敗之原因來進行補充調查(選址)以及工法建議，試驗管規劃則由於具有先期

		試驗性質，故無法完全依據委員所提邏輯進行規劃。
2	工法與調查均非常耗經費。本計畫對承辦人來說，是需要貴公司分析資源分配的原則，沒有適當的環境參數無法找到安全場址。沒有優良場址便無法決定所謂適合的工法。粗略的工法不能建構穩定管線。	19. 謝謝委員指教。本公司已依據現有可取得之資料，並衡量工程需求與經費的最有效利用，進行補充調查以及工法的建議。
3	以配重而言，前述幾次的可以讓管線入水前漂浮於水面，因為表示排水量與自重相當接近。	20. 感謝委員提醒。之前數次管線施工採用空管漂浮於水面，是為能配合拖拉沉放工法將管線下沉至原訂佈放位置，排水量與管線經配重的水中自重接近，而管線的穩定與否則取決於配重與海底環境營力的相對性。
4	地震引發土石流的陳述請就教地震學者，報告中所說的地震太深太小，應不足引發。	21. 經請教本公司地震研究相關人員，認為測得地震的大小無法決定是否引發海底崩坍或土石流，發生位置及當地發生的震度方為引發與否的取決項目。
5	有陸管分析但卻沒有海底管線的分析，海底管線為何沒有考慮鋼絲強化。	22. 感謝委員的建議，針對海底管線工法與管材等相關分析，依合約要求以試驗管工法內容於期末報告中補充。感謝委員提醒考量鋼絲強化之管材，中興公司蒐集相關資料並進一步分析後補充討論。
6	Multi beam 及 Side scan 應規範的是解析度而非只有重疊率。	23. 期中報告已規範 5mx5m 之解析度以與前次調查資料比對。
7	未見前次審查意見要求說明各個環境參數調查規畫之需求。	24. 謝謝委員指教。調查規畫之需求已於本次(期末)報告中描述。
8	應以各種環境因素(坡度與底質等)彙整成多張地理資訊地圖，交互比對才能選址(請參考中央氣象局之海纜)。	25. 感謝委員提醒。本公司向八河局所取得的調查成果中，不包含各項調查地理資訊圖說，而由數值資料繪圖需經由特定軟體方能處理，故在技術上目前無法達成。
9	不能只想施工，不考慮維修。	26. 感謝委員意見，由於海底環境變化不易預測，常有不預期之

		外力影響試驗管，且海底越深的地方越無法進行維修，其技術層面及經費皆須去克服，故取水管材選用 HDPE 材質，可容許較大變形及位移以面對海底環境變化，只要取水管受力不超過設計值，不會影響其使用性，而在近岸端取水管部分是可以進行維修，但在深海的管線若進行維修，目前唯一可行方式是派遣水下作業機具進行，牽涉到動員成本與重新佈管成本的比較，將管線拉升至海平面以上維修原則上不具可行性。
【楊委員德良】		
1	期中報告沒有用彩色列印，係由舊有資料引用，並不完全一致使用單位，如 CMD CM/hr、m 吋；資料來源沒有(如 P.78 錯誤!找不到參照來源。)等不足之處，請期末報告能比照簡報方式，用彩色印刷期末報告。	12. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理，於本次(期末)報告內容中修正錯誤並統一單位。
2	建議在原址附近進行試驗管場址之可行性，以 1000CMD，200~400 公尺水深，管徑在 150mm 為原則，謹慎選用施工材料，施工方法，探討管線所受外力如，波浪、潮汐、浮力、地震力、異重流等，用作精密之結構動力分析，避開不穩定之海床(如有泥沙問題之河口附近等)，特別注意在水深 400m 如何施工，用鎧裝管，高密度聚乙烯管或其他 Fiber reinforced 管。	13. 感謝委員意見，在原址附近進行試驗管佈放確實為相當重要的考量，本公司於報告第六章針對試驗管建議工法、管材等等規劃，在路線上的選擇則必須務實考量試驗管可能使用工程經費與效益，故以三種方案排出先後建議順序，在工程經費允許下，希望未來能進行原址附近的試驗管。
3	多收集類似本計畫之國內引水成功之範例，以資借鏡。	14. 感謝委員意見，中興公司積極向石資中心吸取佈管成功經驗，作為試驗管規劃參考。
【姚委員國祥】		
1	P63(三)管線埋深：“於 EL.-5~40m 之管線埋深至少須達 3 公尺以上”，請考量是否須達 3 公尺?施工費時、費用亦增多且	11. 感謝委員指教。EL.-5m~EL.-40m 之所以建議埋深，是因為考量可能採用水平導向鑽掘工法進行佈管，鑽掘的深度需要

	-5m~-40m 處管線未曾有受損之情形(建議埋深 1~2 公尺即可)。另-40m 後應是漸出海床，可加說明。	距地表一定深度，但實際深度應依據現地情況決定。另外 EL.-40m 的位置應穿出海床，但維持與海床平行接觸，以便後續管線銜接與著地佈放。
2	(四)取水頭：P64“並提出相關計算與設計經業主審核通過後據以實施”，建議將改為“並提出相關計算與設計送業主據以實施”，“經業主審核通過”之字眼刪除。	12. 感謝委員意見，其內容僅為所收集資料中原設計準則之內容，若未來為試驗管初步設計準則內容可參考委員之建議進行修改。
3	P64 (一)管材： 1.第 4 行“提出溫升計算分析供業主審核”建議改為提出溫升計算分析” 供業主審核之字眼建議刪除。	13. 感謝委員意見，其內容僅為所收集資料中原設計準則之內容，若未來為試驗管初步設計準則內容可參考委員之建議進行修改。
4	P64 取水管材(二)製造要求： 1.於管之外側以不易消失之方法每隔1m標示………，建議不須每隔1m標示，只要每節管子依順序做標示，其餘(1)~(7)項資料放於電腦方便隨時查閱即可。	14. 感謝委員意見，其內容僅為所收集資料中原設計準則之內容，若未來為試驗管初步設計準則內容可參考委員之建議進行修改。
5	取水管材(三)接合方式： 1.管線原則採電焊套接合方式或其他經核可之方法；由那個單位核可將造成困擾，故建議改為：或其他管線連結以不洩漏或不造成斷裂方式即可。	15. 感謝委員意見，其內容僅為所收集資料中原設計準則之內容，若未來為試驗管初步設計準則內容可參考委員之建議進行修改。
6	管線配重水泥塊底面不要平滑，可製成類似凸出支柱(就像鎖螺絲)讓水泥支柱釘入海床面。	16. 感謝委員指導。配重塊的底部確如委員所述，如果設計上要增加管線穩定度，可做突出支柱崁入海床面，以增加海船與管線間的摩擦力。本計畫所採用的試驗管因考量承受崩塌推移的風險，配重塊可能採用金屬塊且允許管線移動來適應環境，故配重塊的設計可參考本報告原則，在細部設計中詳細考量。
【林委員炤圭】		

1	第四章 4.1 節第一段文章中，這一個推論雖然是「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」(104 年)計畫所為，但如果有疑義的話，千萬不要照單全收。雖然流速測定值那麼小，但其不屬於異常天候時期，據以下定與水流無關，而與不定期發生的重力流有關!是否洽當。為何不是異常氣候時的大風浪所致，目前有諸多觀測資料顯示東海岸有數百秒的長週期波動，該水深地形對這些長週期波來說是有可能產生作用力的。因此是否可能由於長浪的淺化效應對陡坡海床造成擾動而致地滑?如果是的話，那怎麼放都不安全!因為最後的工程責任是要由貴公司承擔，建議三思。	7. 類似引發濁流的機制，仍不明朗。參考「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」計畫成果，流速觀測只有三天，也非異常天候下觀測結果，固本次建議至少於颱風季節連續觀測 2 個月，即冀望能累積海域觀測資料。
2	圖 4.1-1 中，這個水深地形從等深線的分布可以發現從利嘉溪到知本溪到初步建議區域 2 之間的海岸都屬於類似(可能相同!)的營力所造成，因為等深線近乎平行，顯示每一個水深的坡度都類似，這種情形在海床上只有一種可能：是波潮流及河川輸砂所共同營造出來的。所以，我說兩個建議區域都不安全，營力相同!但往南或往北都有不同狀況。	8. 謝謝委員指教。原建議區域(1 與 2)均可能仍受河川輸沙影響而對佈管造成影響或危害，須於補充調查後詳加比對評估。往南與往北區域均距創研中心較遠而影響其(對創研中心供水)經濟價值，故本計畫僅新增較南端建議區域 3 進行比較與評估。
3	第四章 4.2 節第一段文章中，因為滑坡的發生應屬於偶發事件，所以需要思考在什麼時機點可能發生滑坡(應該與大的外力擾動有關)?地震?颱風的長浪?異常水流?建議多考量波浪的作用力，不要只著重在流的方面；地震?有可能，但是震度要多少?再者，破壞的調查中發現管線可能在某一水深位置發生扭轉現象，當然一定與管線在斜坡上的管動有關，而大部分的滑坡多是以向下滑的方式在作用，比較可能是將管線拉斷，而這種情形似乎可能性不大，因為如果是拉斷，那應該還是抽得到海	9. A. 當異重流裹挾管線而拉斷的情形亦可能伴隨掩埋。 B. 由於地震不易掌握其發生，目前暫先設定颱風季節引發深水流場變化為優先觀察重點；至於波浪，建議先收集鄰近波浪站資料以進行分析，或是將現有浮標觀測改設立於此海域，亦是累積本區海域環境資訊良方。

	水。滑坡造成管線扭轉可能性應該不大。那麼最大可能就是受到強大的側向力，此時颱風期間的強大水流或長週期大坡動引起的水粒子水平運動就可能是因素了。原因是：大部分的颱風都是由東南方向過來，過去有許多證據顯示：在台東海岸可能因為水深坡陡，長週期波浪以大角度(也就是幾乎平行於海岸線)通過海岸附近，由於來不及淺化、折射及碎波，因此形成邊緣波(edge waves)的現象，此時水平推力應該很大。以大武漁港為例，該港已經多次在颱風時期被大量的砂石料堵住出口，其原因值得探討。相較之下，邊緣波造成強大的水平推力的機會較大。	
4	第四章 4.2 節"前期報告中認為選定之二建議區域較附近其他區域適合設置取水管，原因如下：1.底質剖面分類分別屬於 TYPE1-1 與 TYPE1-2，此二類別相對較少濁流與碎屑流之跡象。2.遠離河川輸砂之直接影響"這些原因值得再研究!依據為何?	10. a. 建議區域 1 屬河口及附近大陸斜坡堆積環境，可能是不具層理、混亂、劣淘選的粗至大顆粒沉積物為主型態，表層可能為均質的粉砂層堆積物覆蓋。與知本溪河口原佈管區域為相同底質剖面分類，但由多頻道反射震測剖面資料，此區域訊號較知本溪河口連續且未有丘狀起伏的地形，因此環境較知本溪河口穩定。 b. 建議區域 2 屬大陸斜坡上海脊間谷地，由底質剖面分類可判斷具有中等連續層理，推測海床表層可能為粉砂或泥質的沉積物，下層的層理漸不明顯，可能為礫石或粗砂的沉積層。其多頻道反射震測剖面資料同樣有略與海床水平之連續層理，顯示其環境更為穩定。
5	第四章 4.2 節圖 4.2-1 中，此區域的地勢類似!建議區域 3 的廊道較窄，可能有較好的保護，另外建議區域 3 旁及利嘉溪以北	11. 謝謝委員指教。原建議區域(1 與 2)均可能仍受河川輸沙影響而對佈管造成影響或危害，須於補充調查後詳加比對評

	兩條黃色的路徑也有可能。	估。往南與往北區域均距創研中心較遠而影響其(對創研中心供水)經濟價值，故本計畫僅新增較南端建議區域 3 進行比較與評估。
6	第四章表 4.2-1 中，圓錐貫入試驗(CPT)數量/頻率，只有建議區域 3 嗎?其他區域已經做過了?	12. 是。其他區域(建議區域 1、2)已經於前次調查執行過。
7	第四章表 4.2-1 中，海流觀測之使用儀器/精度，據我所知：目前沒有可以承受數十個大氣壓力的 ADCP，儀器會燒掉。所以，底碇式我覺得不用考慮。(10 公尺水深多一個大氣壓力!)，另外，調查目的如果想作為流場數值模擬的參考資料的話，至少有一點要在計算邊界上?	13. 謝謝委員指教。此次調查並沒有限制必須採用底碇式，只要求位置與深度之資料需求。長期海流觀測位置則希望能接近取水頭處，因其為最關鍵之處。至於不在流場數值模擬的計算邊界上的問題應可於數值模型設計中克服。
8	第四章表 4.2-1 中，底床營力及沉積物運搬現象監測數量/頻率，如果該處屬於容易滑坡的底床，水下信標的存活率有多少?	14. 因為本次調查不可能得知底床滑坡的規模與頻率，如若發現水下信標大量位移或遭掩埋/消失，均可得知此區域為高危險底床滑坡，即不適佈管區域。
【黃委員煌輝】		
1	本計畫最初可行性研究，初步規劃時就不夠審慎：海洋工程，尤其管線佈放應以海洋環境條件為最優先的考慮，不可以陸上建置為主，而以海洋工程配合之。因為如果海洋環境條件不良或甚至無法完成工程佈線時，那應陸上建置的一切工程豈不完全白費。	1. 感謝委員意見，目前於期末報告中，中興公司建議以不遷廠之原則提供較適合之海域區域佈設試驗管，或以其他海域取水以水車方式或陸上輸水管進行評估，若於其他海域考量建置新廠，其經費過高非目前改善無法取水之方式。
2	根據本人仔細研讀分析本計畫的相關報告，目前已很清楚顯示，兩次佈線取水失敗的最大原因乃是本區域的海底地質環境的不穩定為最重要的原因!其他如颱風、水流等因素幾乎沒有什麼相關。海岸工程中波浪以可精確算出，水深 50 公尺處的颱風波力根本對海洋結構沒有影響，而且深海處的水流流速都小	2. 謝謝委員指教。因此區域不排除水下存在異常長波或底床崩坍，此次調查的長期流場觀測希望能觀測到因而造成/伴隨之異常流速。

	於 30 公分以下，因此不必探討波浪水流的因素。	
3	海底地質環境不穩定，再加上本海岸海脊林立，高差大，坡度陡，因此只要底床崩移(調查資料多有顯示)，管線必然折損或扯斷，無法取水。	3. 感謝委員意見。台東地區因為高差大、坡度陡，造就了短管線可取得深層海水的條件，若有機會重新選擇廠址，必將海域環境同樣納入考量。
4	站在海洋工程的環境條件，工程成本效益，工程施作風險機率的觀點評估：本計畫的管線不應在此海域施工，應另起爐灶，重新尋找穩定的底床海域重新評估，檢討設計施工，否則主辦單位未來還會再遭受另一次的責難。工程失效不可恥，只要用心再造，克服困難就會成功。	4. 感謝委員指導。由於目前廠區建設已完成，而工程實務上若進行詳細調查後，仍可能有機會找出適合佈管的位置，配合適當的精進工法與材料辦理取水。但本計畫亦不排除經詳細調查後，不建議進行永久管線佈放取水的可能。
5	水規所的調查資料已呈現完整的地質不穩定性，本人強烈建議不必再多花經費重新調查，結果還是本海域的底床地質環境不穩定而已。	5. 感謝委員指導。
【水利署水文技術組】		
1	表 4.2-1 所建議後續海域環境調查項目，建議應參酌 105 年 1 月 22 日召開第一次工作會議各單位意見，評估所需辦理經費，並排列辦理之優先順序與期程。	1. 謝謝委員指教。本次報告表 4.2-1 已更新提供所需辦理經費及施作期程建議。但因各調查項目均須執行以完整提供選址需要，並無辦理之優先順序。
2	第五章其他海域調查經濟可行性評估，建議應納入本署水利規劃試驗所於 2015 年辦理「知本溪出海口鄰近海域環境調查與變化趨勢之評估」計畫所建議卑南溪以北海域，並可考慮評估以水車載運方式之經濟可行性。	2. 感謝委員的建議，中興公司已於本次報告(期末)中，新增以水車載運方式進行經濟可行性評估。
3	第六章試驗管工法分析及可行性評估部分，目前僅見需求評估及工法分析，並未見技術可行性及經濟可行性評估，故建議應就現有可行佈管路徑與工法，研擬相關方案，分別評估其技術及經濟可行性，並就建議最佳方案，進行初步規劃，以供後續	3. 感謝委員的建議。該範疇依合約規定屬於期末報告範圍，中興公司將於本次報告(期末報告)中補充說明。

	進行決策。	
【經濟部水利署 水利規劃試驗所(河川規劃課)】		
1	「第三章現有取水管評析」在設計規範的收集部分，建議可以增加地震、邊坡穩定等方面的資料，以利後續分析參酌。同時應列出與本案有關的規定。	11. 感謝委員的意見。由於海底管線在國內不屬於常見構造物，目前並沒有相關設計規範做為依循，建議未來試驗管專案管理計畫中，應請專案管理廠商提出國外相關參考規範，作為未來設計的參考。
2	建議區域 3 因離目前創研中心距離遠，且其上岸地形崎嶇，佈管定位不易，另水深 700 公尺以下會受太麻里溪輸砂影響，故建議可以在進一步分析納入後續補充調查之必要性。	12. 根據現有資料研判，建議區域 3 因離附近河口沖刷/淤積影響較小，且預計將來佈管深度應小於 700 公尺，故仍列為佈管候選區域之一。至於其距離目前創研中心距離較遠，以及其他不利因素，建議於調查結束後進行整體評估。
3	補充調查項目應有利後續工程規劃時參酌，故調查目的應再詳加說明後續工程可以獲得的參數。如表 4.2-1 在地形調查應著重工程層級需求，以探討管材懸空可能的長度；海床底質為取得邊坡穩定分析所需參數；而底床營力及沉積物運搬現象監測應以調查地形變化或濁流移動速率等。	13. 本次補充調查項目應業主需求以佈管選址為主。部分調查項目結果可為後續工程使用，但後續工程須依其需要進行調查。
4	補充調查項目建議請再予以明確，以利各項項目皆存必需，且有執行的方式及規範。	14. 謝謝委員指教。本次報告各建議項目皆為必需，且已提供執行的方式及規範。
5	地形調查採 IHO SP-44 1a order 的精度是否能達到工程規劃設計所需，建議再予以檢核。	15. 本次補充調查項目應業主需求以佈管選址為主，地形調查目的為比對前次調查資料以得出其間地形變化，其精度亦應與前次調查相同為佳。
6	海床岩心採樣的深度，目前為 1 公尺是否足夠分析，同時在無法採到的連續工樣時可採抓斗式採樣，因兩者經費差異大，且抓斗式採樣後續工程上的使用是否有所幫助。	16. 屈繼文(2011)於蘭陽溪河口、花蓮溪河口、秀姑巒溪河口、南沖繩海槽、宜蘭陸棚、和平海盆、和平高區、新城海脊、花蓮峽谷及南縱海槽等地採集岩心，其中秀姑巒溪河口沉積速率最高，每年約 0.936 公分，本計畫區域東南側南縱海槽

		沉積速率大約在每年 0.246 公分。由於本計畫區離岸較近，推論沉積速率較高(但不大於每年 1 公分)，若可採集到 1 公尺之岩心，至少可得到近數十年至百年之資料。
7	CPT 試驗可以反應工程參數為何?是否有助邊坡穩定分析。	17. 邊坡穩定分析所需參數為單位重、凝聚力及內摩擦角，上述參數皆可由 CPT 獲得之資料換算，因此有助邊坡穩定分析。
8	海流 1 點 ADCP 觀測是否足以反應該區域海流特性?	18. 為經費最有效利用，長期流場觀測由原有之數點刪減為一點，但將其設置於最關鍵之取水頭位置，並搭配水下信標與整體流場模擬。應足以反應該區域海流特性。
9	目前補充調查係以反應海域特性，且在施工方式未設定的前題下，綜合分析不易探討取水管施工條件，請修訂表 4.2-1 綜合分析。	19. 謝謝委員指教。本次報告已更新。
10	底床營力及沉積物監測目前國內技術是否可以執行?其可信度為何?經費為何?應進一步探討。	20. 謝謝委員指教。底床營力及沉積物監測由信標水下位置變化來執行，此水下信標於觀測期間之位移量，甚或遭崩塌掩埋而失去信號，均有助於判斷水下異重流或推移質對監測位置處的影響。由此而言，目前國內技術應不成問題。本次報告已更新。
11	其他海域調查經濟可行性評估設定應涵蓋整體台東海岸(除利嘉溪至太麻里溪外)。	21. 感謝委員意見，中興公司報告中增加三仙台區域及金樽漁港區域進行評估。
12	管材選用比較應再增加抗壓、抗拉、懸空限制，抗阻等。	22. 感謝委員建議。表 6.4.2.3-1 中增列管線抗壓、懸空限制、抗阻力等特性比較；抗拉能力與表中強度比較項目相同。
13	法規部分請納入「中華民國專屬經濟海域及大陸礁層法」相關規定。	23. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理。
14	試驗管工程工法及可行性評估後續應增加管線可能懸空長度分析、拉應力分析、管線穩定分析、抗震、沿線邊坡穩定狀況	24. 感謝委員指教。管線懸空長度分析、拉應力分析、管線穩定分析、抗震、沿線邊坡穩定狀況等量化分析，因與實際採用

	等量化數據，以利可行性探討。同時國內動員及技術能力亦應一併納入。	管線尺寸、類型、管厚條件等相關，屬於細部設計要求，建議應請統包廠商在設計時一併提出。至於國內動員與技術能力報告中已列入評估。
15	試驗管規劃位置報告書請增加位置圖。另可行性評估應考量工程生命週期。另管線風險地圖亦請予以整合。	25. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理。
16	P100 最後一段應修正：應漂沙為流造成，如向離岸或沿岸流等。	26. 感謝委員意見，中興公司遵照辦理。
【國立台東大學 楊研發長義清】		
1	深海環境變數眾多，條件複雜，除計畫中有呈現的地形，海象資料，海域流速等(但資料量似乎不夠多)，還可以考量更多的不同資料(海域流速的 3D 模擬、海床地質、地貌變動等)或可與台東大學合作長期蒐集資料並分析(成立資料研究中心)	21. 感謝委員的建議。
【國立台東大學 許副教授振宏】		
1	期中報告第 67 與 79 頁關於取水管配重設計及第 66 與 67 頁取水頭設計照片，均顯示設計方面的問題，惟本案並未進行深入探討，殊為可惜。最大問題在於配重後取水管(尤其是-200~-700m 深海處)及取水頭於海床之移動穩定性均明顯不足。建議以既有管線配重及取水頭之工程設計規格尺寸詳實計算水理力學，分別檢核取水管線與取水頭於海水中之重量及移動穩定性，可參考 104 年 12 月 3 日第 31 屆中日工程技術研討會中堀哲郎副本部長的分析報告。建議另闢專章節檢討既有取水管及取水頭於海床的穩定性，及導致管線飄移、折管及停水之可能性。以往報告多將無法取水原因歸因於海底環境因素，惟種種跡象顯示管線設計面向的問題，我負責任的說，設計問題很可能是導致無法取水之主要原因，而海床環境因素只佔小	1. 感謝委員指教。取水管的最大問題在於配重後之穩定性，經研究本項確實是控制工程成敗的重要因素之一，但目前面對的問題在於破壞機制來源為大範圍崩塌，且崩塌規模與範圍無充足證據可界定，造成配重就算可達成常時穩定性，仍無法模擬崩塌事件下的反應與穩定性，故現階段並無水理力學計算的基礎。目前所規劃的管線為試驗管，為尚未完成詳細補充調查作業之前，做為日後永久管線設置的先期計畫，具有試驗與滿足臨時需求的特性。

	部份原因。而在尚未釐清檢討設計面向問題及未來改善之道前，即偏向優選區域或其他區域規畫，恐難說服大眾。	
2	第 79 頁「單位長配重」一欄數據透露很重要訊息，深海處配重塊水中重 0.032 t/m，惟尚須抵抗∮500mm HDPE 管浮力，恐所剩無幾，恐難抵擋微弱海流外力。相較之下，內徑 270mm 的鎧裝管於水中尚有 0.045 t/m 的重量。既有取水頭的設計也有相同的問題，建請一併核算檢討。	2. 感謝委員指導。該頁單位長配重所指的是管線配重扣除水中所受浮力後的剩餘配重量，已將水中浮力納入考量，雖無法確認當時配重量足夠，但在趨勢上與以往設計經驗相符合。另一方面，中興公司在計畫一開始即提出既有管線當時設計報告資料，截至目前為止仍無法取得，故無法檢討核算。
3	簡報說明各段配重比均合理，顯示出各深度管線配重設計沒有問題，這種說法並不正確，因配重比僅為管線於海面沉降施工之控制參數依據。	3. 感謝委員指教。簡報中陳述配重比的趨勢合理，並未論及配重比是否符合要求及正確性，由於管線當時設計報告資料，截至目前為止仍無法取得，故無法檢討核算。
4	水規所委託銓日儀公司進行之海域環境調查發現海底不定常外力是造成無法取水之主要原因。本案經中興顧問公司分析已排除直接來自知本溪洪峰流量導致的可能。而根據一些跡象學理，我判斷不定常外力很可能來自海底地震。而海底地震引發之不定常外力亦存在於優選區域，如舊管線設計問題沒找出及檢討，未來於優選區域布設之新管，仍可能出現相同問題而停水。建議本案能收集文獻探討海底不定常外力可能來源，助於未來管線設計。	4. 感謝委員指教。不定常外力確實可能為管線損壞的重要原因(例如海底地震等造成崩坍事件)，即使在優選區域同樣可能面臨不定常外力的威脅，故選址在優選區域佈設試驗管，目的為盡量減低不定常外力的影響，配合與既有管線不同的最佳工程技術，提高管線的存活機率。
5	由於台東外海存在不定常外力，需考量縱向或橫向浮式取水頭受外力作用可能擺盪折損問題。相較下，風車型取水頭則是整座穩定於海床。	5. 感謝委員指導。縱向或橫向浮式取水頭確實可能面臨擺盪問題，但技術上可以水中阻力計算確認是否可抵抗擺盪效應。風車型取水頭雖穩定坐落於海床，但面對大範圍崩塌事件時仍有淤埋危機。
6	第 142 頁風車型取水頭之討論缺少一項關鍵重點，評估整座取水頭於海水中重量至關重要，確保於海床之穩定性，建請不要	6. 感謝委員指教。由於本計畫重點為可行性評估，建議未來若採用風車型取水頭，應交由設計單位進行細部設計評估，同

	忽略，建請參考日本六角形取水頭設計。	時也可避免設計與可行性評估參數不一致所造成矛盾結果。
7	定點式 ADCP 海流觀測應以能捕捉到海底不定常外力為目標，惟目前規劃似仍以觀測颱風洪流導致之海流變化為主，且中興公司已評估出洪峰流量不是導致海底強勢海流之直接原因。建議能以觀測海底地震引致之海流變化為目標，請參考 105 年 1 月 22 日工作會議中台東大學建議意見。	7. 感謝委員建議，中興公司針對本次定點式海流調查已建議以每 1 分鐘觀測連續 60 天以期收集異常狀態下所造成之海流。
8	錨碇水下信標以觀測位置變化，惟信標於海水中重量至關重要，信標太重則很強外力仍不為所動，太輕則遇微弱外力就會飄移，將失去觀測意義，故水下信標重量建請加以界定。	8. 感謝委員提醒。水下信標的重量建議於執行前與廠商討論可行範圍後再行律定，故建議由承攬調查廠商呈送計畫書經水龜所核可後施行。
9	建議向水規所借調銓日儀公司進行之全線 ROV 影像觀測、側掃聲納、淺層地球物理探測等資料深入探討，可能會有其他重要發現，並找到無法取水真正原因。	9. 感謝委員提醒。目前八河局所提供檢測資料，並未包含 ROV 全程影像。
10	銓日儀公司報告指出，S2 管線已分為近 20 截，其中半數由於無法辨識掩埋或流失，全歸類為遭掩埋。惟本案指出 35%管線遭掩埋，65%有水中攝影檢視，與實際情況不符。不僅 35%無法確認遭掩埋或斷管流失，亦無 65%管線有水中攝影檢視資料之記載，建請釐清。建議本案能取得全線 ROV 影像資料深入檢視，輔以側掃聲納、淺層地球物理探測資料，應可確認管線及取水頭是斷管流失或遭掩埋。文獻顯示淺層地球物理應可探測到遭掩埋管，流失則無法探測到。遭掩埋或斷管流失，代表不同意義，如為斷管流失則又有熔接問題。	10. 感謝委員指教，由於報告內容中提出之 35%管線遭掩埋及 65%水中攝影檢視，其數據計算是以表 3.3-1 中，(探測掩埋段長度+取水頭)/(探測總長度) *100% = 1705km/5077km*100% 約為 35%，此數據僅表示表格中之結果，非代表實際管線數據。
11	國內外有否可進行管內檢查的機器人，可以從岸端出水口進入管內沿線檢查哪個位置阻塞或折管，助於舊管線利用或未來新管線設計。	11. 感謝委員提醒。管內攝影機具因為有操作長度的上限，無法在既有取水管內完全施行。

【第八河川局工務課　黃名震工程員】		
1	附錄審查意見答覆表請納入第一次工作會議審查意見答覆情形（請標示修正於報告書中第幾頁），並於期末報告審查會議簡報首頁說明上次會議審查意見答覆之情形。	11. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
2	P17.年平均輸沙量單位(？萬 m^3/年)標示方式請統一。	12. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理，已統一修正為 萬 m^3/年 標示。
3	P26.圖 2.4.1-4…海底地形具三個隆起之水下海脊與 P27.知本海域水深等高線圖中隆起的山脊描述方式請統一。	13. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
4	請注意報告書中所有圖表之清晰度，如圖 2.4.1-6 部分字型已呈現有馬賽克的狀態。	14. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
5	圖 2.4.1-9 台東下水台地南側地形圖，名稱誤值請修正。	15. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理，已修正為台東水下台地南側地形圖。
6	P40.將該計劃範圍於淺海區（水深-100m 以淺）進行之…，錯字請修正。	16. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
7	P43.圖 2.4.2-4 中數據字體過小不易閱讀，請放大。	17. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
8	P44.何為受到地形影響，谷地內有能量匯聚的效應？請以白話說明。	18. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理，已修正為「…受到地形變化及重力影響，海床上的沉積物會朝向地形低處(下坡)運移…」。
9	2.6 節氣候，統計資料僅統計至 2014 年請更新至 2015 年。	19. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
10	P53.~P56.所附各漁港海圖字體模糊不清且並未於內文說明中出現，請於內文中補充說明。	20. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理，已補充說明於內文中。
11	P13.距海床約5m處平均流速為1.1cm/s與P75.1.近海床面海流第5行…若近海床面流速過大導致取水管局部不規則移動，文章	21. 感謝委員的建議，報告內容中，若要影響取水管線移動，需要較大之流速，根據調查資料顯示，台東海岸近海床面流速

	內容是否相互矛盾？請再確認。	明顯較緩不致影響取水管之移動，故近海床面海流非主要影響取水管無法取水之成因之一。
12	P78.表 3.4-2 表頭排版請移至 P.79 表格上方。	22. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
13	P108.所規劃之初步輸水陸管路線圖中管線通過位置之路名及圖例請標示於圖上。	23. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
14	P110.表5.2.1-2及P111.文中採取推進工法施工，工作井立坑時仍有牴觸危及既有管線之可能，仍須辦理管遷，每節推進管材之長度將影響推進機組的推進能量及工作井尺寸，且管段推進過程使用焊接及法蘭接頭銜接是否為下水道工程普遍於業界之施工方式？內文寫法上請確認；無輸水陸管採鋼管推進工法施工之預估經費表，請斟酌是否增補。	24. 感謝委員的建議，
15	P140.空白處仍相當多，圖6.3.1-1照片位置請放大，另報告書中排版紊亂問題請多加注意改善。	25. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。
16	P154.表 6.3.2.2-1 中有日文之部分請翻譯成中文。	26. 感謝委員意見，遵照辦理。
17	P159.表6.3.2.3-1鎧裝管的◎較HDPE管少且ㄨ數量也比HDPE管多，但為何兩種管的評價會一樣是◎？	27. 感謝委員指教，依照國外深層海水取水管案例皆採用以鎧裝管，其施工程序相對單純且抵抗能力、不須額外配重等優點皆比 HDPE 來的好，若不考量經費成本必定優先選用鎧裝管設計，故在報告中鎧裝管及 HDPE 管評價相同。
18	報告書進行可行性評估時，建議以提出多個建議方案（A、B、C、D等）進行綜合比較分析評估，且以實際數據量化方式（如：採益本比）進行呈現，以利作為後續決策之參考。	28. 感謝委員的建議，中興公司遵照辦理。

附錄四 期末報告書審查意見回覆

附錄四 期末簡報意見答覆表

【經濟部水利署 水文技術組】

1	簡報 P.32 有關深層海水之定義，目前我國深層海水學會已於 103 或 104 年提出建議，依該學會之定義加以修正說明。	1. 感謝委員指教，深層海水定義以依據臺灣深層海水資源利用協會修正為「指海洋斜溫層內，且深度二百公尺以下之海水，具低溫、潔淨及富含營養鹽之特性」(成果報告 P.136)
2	簡報 P.36 有關深層海水開發依照「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」，其他開發行為中已有相關規範，建議加以修正。	2. 感謝委員指導。依照委員意見修正。
3	簡報 P.46 有關取水頭形式符號所代表意思缺少單圈符號之說明，另 P.56 則無相關符號意義之說明，建議加以補充。	3. 感謝委員指教，報告中表格符號已加以修正更新於後續成果報告中。
4	有關鎧裝管與 HDPE 管之比較說明建議可補充相關工程所需經費之分析比較以供後續政策評估之參考。	4. 感謝委員指教。經中興公司與日商清水建設聯繫，由於日本方對於本計畫工作項目無法在現階段提供正式報價，故目前無法在報告中提出確切工程經費供後續政策評估比較。
5	有關各方案益本比之評估比較部分，建議應參考行政院國發會所訂益本比，回收年限及淨現值(NPV)等方法以表列方式進行評估說明，並說明各項方案之可行性評估結果(是否可行)，另建議於分析前應針對各成本及收入項目之假設詳加說明。	5. 感謝委員指教，各方案益本比之評估依據行政院國發會所訂定之計算方式已修正於成果報告中。(成果報告 P.178)
6	有關各項佈管路線建議方案，建議應補充其相關位置圖，並建議補充優選方案之初步規劃內容及相關圖表。	6. 感謝委員指教。由於本計畫目前為可行性評估階段，對於試驗管建議方案也僅止於概念式的路線規劃，故建議應由未來專案管理廠商或試驗管承包商針對現地實際情況進行設計與定線調整。
7	針對浮式取水頭之設計，建議應考量取水管材料對於 bending 之疲勞試驗結果(1.Bending、2.經費分析表、3.Line I、II、III 相關位置)。	7. 感謝委員指導。浮式取水頭的設計中，取水管與取水頭間的連接段在使用中將隨著海流做小幅移動，設計時應將取水頭

		所受浮力做精細計算，讓管材移動幅度盡量減小維持在彈性極限的 1/3 以內，讓疲勞效應減至最低，實際設計與採用管材、常時海流強度有關聯。
【經濟部技術處】		
1	為維持並持續強化東部深層海水各項研發及往後產業化之推動，建請貴署應依前簽奉部次長核可之簽呈執行時程完成各項佈管工程之事宜。	1. 感謝委員指教。
2	建議本計畫之結論及建議應具體表示以利委辦單位執行後續作業。	2. 感謝委員指教。依委員意見修正。(成果報告 P.188)
【王委員兆璋】		
1	P.88 海床位移調查，調查週期與規範錯誤。應為一整年，若干次，定位精度(注意是精度)須達工程設計之所需(如 2~3cm)。而非僅給一個數據。	1. 台東沿海地區的每月海床位移，應大於公分級，故本區海管佈設構想均以可撓管為主。若以原設計 5km 、HDPE 管為計，只要管體品質符合要求，其容許變位可達數十公尺，以經費有效利用考量下，位移誤差在 10 公尺以下之精度應符合需要。同理，經費有效利用考量下，觀測時間以最危險時間段(夏季颱風期)為必需。若經費許可，觀測時間可相應拉長以取得更可靠資料。
2	P.89 水深調查"應用 MB"，不是"使用 MB 為原則"。因為路由上的海底地形資料與管線穩定性有很大關連僅能使用 MB。 請問 5×5m2 的解析度為什麼是夠用來判斷施工可行性。MB 調查之時間需求如何算得?請說明。	2. 謝謝委員建議，水深調查"應用 MB"已修正。$5\times5m^2$ 的解析度是用以與前期調查作比較，故其解析度應一致。MB 調查之時間需求為與前期調查作比較：前期調查範圍約為 100 平方公里，調查兩次海上作業分別使用 14 天與 12 天船期，故以本次調查區域(約 18 平方公里)，在海況許可下，海上作業時間建議 10 天應可完成。
3	岩心試驗要取得的工程參數為何?規範為何?	3. 岩心試驗目的為分析岩心內部之沉積構造，以識別崩坍或侵蝕事件之發生。並未進行力學試驗，除可了解當處土質粒徑

		分布外，目的不在取得其他工程參數。(成果報告 P.89)
4	P.95 10 公尺的水平測量有意義嗎?	4. 若以原設計 5km 、HDPE 管為計，只要管體品質符合要求，其容許變位可達數十公尺，以經費有效利用考量下，位移誤差在 10 公尺以下之精度應符合需要。
5	陸上輸送管的“溫升”必須評估。	5. 謝謝委員指教，陸上輸水路管評估時有考量輸送時會提升深層海水水溫，故在鋼管外部安裝保冷材料進行保溫，初步評估經費中有包含此項。(成果報告 P.121 表 5.2.2-3)
6	本報告所建議之三條路徑的評估基礎無法考慮到系統穩定性，營運風險(沒有客觀條件)。	6. 本報告工作範疇為試驗管可行性評估而非細部設計，未來系統的穩定性就可行性評估時期而言，僅能就目前所蒐集的海域資訊做最佳方案選擇，至於系統穩定性、營運風險等，應為未來專案管理廠商及管線承包商在設計施工時進行探討，做最佳化設計。
【林委員炤圭】		
1	取水管的破壞原因依完工後取水的記錄及事後之調查，應可歸因於颱洪事件所致。	1. 謝謝委員建議，既有取水管無法取水成因已包含委員所提颱洪事件所造成海床崩坍。
2	由於執行過之相關調查的時間與空間涵蓋面明顯不足，建議在致災原因的探討上能再加強各種可能性的檢討。例如濁流的發生原因固然是河川輸砂之沉積坡面超過安息角而不穩定，但驅動滑坡的外力則可能是由於颱風所引致的某種外力。	2. 感謝委員指教。報告中 3.4 節討論管線失效成因內容，有關於海床穩定性的論述即包含海床堆積原因(颱洪事件)、滑動、外力等因素，造成海床崩塌陷落。(成果報告 P.80)
3	目前取水管不能取水原因似乎是聚焦於掩埋及挫曲彎折，排除扭轉因素，意謂著管線可能是因為滑坡或水平推力而產生側向位移。但滑坡似乎會以垂直等深線的法線方向為主，若有側向滑移，則原因為何?且地形水深應有明顯變化。目前水平推力部分因實測資料不足(沒有颱洪時期資料)而無法推論，建議未來加強。又挫曲彎折要	3. 感謝委員指導。海床滑坡雖然是以垂直等深線方向為主，但仍有可能因滑動區域的發生連帶造成側向滑移。補充調查試驗項目即針對所需研究資料進行補充建議。根據 HDPE 管管材特性，在管線遭彎折位置只要局部曲率半徑小於 30 倍直徑，即視為挫屈發生，管線在該處通過水量即受影響，造成

	超過多少角度，才抽不到水?有沒有調查資料可佐證?掩埋則除非將管徑壓扁，否則也應可抽水。	抽水馬力提升，嚴重時造成管體內真空而壓扁失效。
4	水流資料分析建議再參考科技部海洋學門資料庫中海研號之多年海流調查資料，該資料顯示台東外海全年之主要流向為由南向北。	4. 謝謝委員建議。台東資料浮標資料為長時間連續觀測，但位於知本溪以北約 10 公里，科技部海洋學門資料庫中資料為海研號每次經過時之船攜式海流調查資料，均可供參考。
5	建議取水管配重塊能增加抗滑及抗轉動的機制。	5. 感謝委員指教。取水管配重確能增加抗滑及抗轉動的機制，但相對失去崩塌事件的因應能力(如移動避免遭掩埋等)。
6	就第 7 頁所提 2005 年泰利颱風最大波高超過富岡港之 50 年設計波高，未來有無需要修訂設計波浪條件。	6. 謝謝委員建議。將來若有需要，應重新檢討設計波浪條件。
7	針對後續補充調查工作後，有無應完成之分析項目及設計圖表。	7. 感謝委員提醒。應完成之工作包括將本次補充調查與前期調查的資料(包含地形、地貌、地質、及流場等資料)綜合整理分析。以本次調查之最新地形與海流觀測資料進行流場分析，進一步比較各建議區域調查結果，標定對海管較危險區域，及可能發生原因(如內波、海底潛流、異重流、或土石崩落等) 。以此評估之結果提供於將來深層取水管計劃選擇較合適佈設取水管之區位以及設計與施作之參考。
8	有關水下信標部分考量其經費較高，容易因偏移而遺失，而所布置的幾條可能路徑都會進行多音束掃描。因此有無可能以類似用多音束或側掃聲納調查人工魚礁的方式來調查。	8. 水下信標因主動提供位置，較易被單點定位。若以多音束或側掃聲納來調查定位，每次需掃過一塊區域尋找，所需經費相對較高。
9	花蓮港在颱風時期會因港內可能發生長週期振盪而要求船舶離港避難。	9. 謝謝委員建議。較小型工作船可於颱風時期在花蓮港避難，較大型工作船可於颱風預報發布後回基隆或高雄港避難。報告中已修正由施工船隊自行評估選擇。
10	陸管可以考慮沿河川局事業範圍配置。	10. 謝謝委員指教。建議由未來細部設計單位決定。

11	參考：從最後管線的位置(圖 3.3-1 看不清楚)似乎是垂直於等深線的法線?也就是說，在不穩定的邊坡上佈放管線時，如果管線走向不與等深線垂直時，而潛藏了滑移至垂直等深線的趨勢(側向力最少)，未來管線規劃施工可能要注意。	11. 謝謝委員建議，未來佈管應根據垂直等深線進行規劃，而取水管之佈放應盡量符合設計規劃，減少取水管之位移。
【姚委員國祥】		
1	因本案擬以統包方式發包，為釐清責任歸屬，建議：有關所有須經業主審核通過或核可之規定刪除。	1. 謝謝委員指教，本計畫所評估之試驗管工程，未來將聘請專案管理廠商進行審核，相關條件由機關與專案管理服務廠商訂定。
2	管材方面：建議可參放國際石油組織協會(OCIMF)有關橡膠管(HOSE)部分之規範，其內容有詳細規範個不同用途之橡膠管其製造、性能測試…等皆有不同之規定，歐美日各國橡膠管製造廠商，如：B.S、YOKOHAMA、固特異、Pulop…等都是依此規範製作，測試產品。	2. 謝謝委員指教。
3	接近取水頭地方之尾端 P.2 節管材應注意加強其彎曲度耐磨度。	3. 謝謝委員指教，取水頭之體積大於管線，其接縫處易受到外力影響而受損，未來設計應針對取水頭與管線間接合處加以補強考量。
4	如以後工程招標說明書中，對所有項檢驗項目，另由第三者作公正驗收。	4. 謝謝委員指教，工程招標時招標文件中必須提供工程試驗項目以第三公正單位進行試驗，為工程品質把關。
【黃委員煌輝】		
1	期末報告進步很多，內容較期中報告完整，而且對於工程計畫失敗原因之檢討為深入，已漸釐清取水中斷的原因值得肯定，另亦提出未來改善計畫，可供主管機關參考。	1. 感謝委員指教。
2	從管線佈放後的位置與斷水後位置之比對，很明顯發現有多數的管線偏離位置偏離位置多達數十公尺(其中以 KP2.9 至 KP3.345，見	2. 感謝委員指教。依照目前證據顯示管線確因受側向外力而推移，甚至遭受掩埋，力量來源則可能有多種營力共同作用。

	表 3.31，此段偏離最遠達 110m)，由此現象即可判斷管線一定受到底質崩落推移才能可能出現此等情形(波流力量不可能有如此大的推移力)因此管線必有折摺或斷裂導致無法抽水，甚至取水口也有可能被底質掩埋阻塞，原因很確定。	
3	因此如再考慮於此海域附近從事試驗抽水管工程前一定要先調查確定尋找較穩定的底床，否則還是會失敗重演(因為想以工程技術克服底床推移，其難度太高!)	3. 感謝委員指導。本可行性評估所提出建議路線為目前所得資料之最佳選擇，但施工前仍應讓廠商進行必要調查，找尋細部最適合路線。
4	若有足夠調查資料佐證，附近海域有較穩定之底床，則中興工程顧問公司所提之試驗管抽水方案才能考慮施作。	4. 感謝委員指教。
5	工欲善其事，必先利其器，施作前之調查(尤其底床穩定)最重要。	5. 感謝委員指教。
【經濟部水利署水利規劃試驗所 河川規劃課】		
1	表 4-2.1 建議區域後續工程參數調查項目的必要性及可行性仍請中興顧問公司予以確認，以利補充調查投資有助未來取水管的規劃設計參考。	1. 感謝委員指教。此補充調查目的為排除對海管較危險區域，在此目的下，各調查項目均已考慮有其必要性及國內廠商之執行能力。
2	建議補充調查項目在其儀器、精度、頻率及方法等，仍有一些疑慮事項(詳附件)，請中興顧問公司協助予以釐清。	2. 感謝委員指教。詳回覆如 8~17 項。
3	5.3 節 其他海域調查需求應就利嘉溪口以北或太麻里溪以南海域先就現有資料(如海圖、地質圖等)先分析重點區域，再依該海域特性，予以建議該調查的事項，較利後續推動。	3. 感謝委員指教，於成果報告中新增台東海岸之海圖並進行初步評估。(成果報告 第五章 P.98)
4	其他海域調查經濟可行性評估的過程應完整，目前僅說明太平溪，請以整體評估羅列可能地點後再逐一分析做綜合探討。	4. 感謝委員指教，於成果報告中新增台東海岸之海圖，並依據海圖資料中提出三仙台區域、金樽漁港區域、富岡漁港區域、太平溪及太麻里溪以南之區域進行初步評估。(成果報告 第五章 P.98)

5	表 6.4.2.3-1 取水管材特性比較表，應增加量化數據，探討較易比對彼此間差異，做後續決策參考。	5. 感謝委員指教。取水管特性與管線尺寸、級數等條件有關，本表僅為比較鎧裝管與 HDPE 管的特性，量化數據建議於進一步設計時參考。
6	試驗管在規劃、設計及施工需注意的事項及指標應予以綜整以利掌握後續需關注的重點，提高試驗管成功的機率。	6. 感謝委員指教。
7	期中簡報意見處理情形部分，有回應與報告內容不相符，如附錄三 P.9 述乃將增加三仙台區域及金樽漁港區域進行評估，為報告中卻未進行，請予以修正。	7. 感謝委員指教，於成果報告中新增台東海岸之海圖，並依據海圖資料中提出三仙台區域、金樽漁港區域、富岡漁港區域、太平溪及太麻里溪以南之區域進行初步評估。(成果報告 第五章 P.98)
針對現有海域環境補充調查項目疑慮事項		
8	採用IHO SP-44 1a order精度規範？ 說明：IHO SP-44 1a order規範一般用於海圖測繪，容許誤差隨水深而變化，在水深700公尺時，約有9.11公尺誤差，此種精度將無法定量探討地形變遷，後續亦無法用於工程規劃設計定線所需(一般管材直徑小於50公分)	8. 補充調查目的為排除對海管較危險區域，地形調查則為與前次調查結果比較，以觀察地形侵淤變化。若有區域發生超過 10 公尺之變化，則顯見此區域對海管較危險(但不致命)，將來設計施工單位須將此列入考慮。反之若提高測量精度，經費將數倍提高，但對設計僅增加少許可靠度。工程規劃設計定線所需地形調查將由設計施工單位進行，不包含在本次補充調查中。
9	船拖式測深儀的儀器規定?國內廠商數? 說明：擁有船拖式測深儀的廠商，不僅國內，連國外廠商都很少，是否有廠商可以執行或有獨家問題，皆需釐清。	9. 謝謝委員指教。船拖式測深儀不為必需要求，報告中已修正。
10	5 公尺×5 公尺地形格網解析度? 說明：5 公尺×5 公尺數值地形網格為成果圖規定，而非解析度。	10. 目前廠商使用之多音束測深儀解析度均可達公分級，實際解析度視儀器型號不同而有所差異。
11	重力式岩心採樣?	11. (成果報告 P.89)

	說明： 1.知本溪河口海域表層為泥土及卵礫石，依前次調查經驗，不易採取完整岩心。 2.岩心試驗如剖面反射攝影、X 光攝影、雷射粒徑分析及鉛 210 年定年分析用途及其試驗規範。	1. 因分析岩心內部沉積構造需使用未擾動土樣，因此仍建議以重力式岩心採樣，採樣前會依底質狀況選取適當採樣位置，並使用自重更重之採樣器進行採樣。 2. 謝謝委員指教，報告中已增列。
12	圓錐貫入試驗(CPT)? 說明： 1.依前次調查經驗，CPT貫入易受卵礫石影響。 2.試驗值得運用，尚有許多不定性待克服，僅能當作參考。	12. (成果報告 P.93) 1. CPT 貫入若碰到阻礙(礫石、貝殼等)即無法貫入，本計畫 CPT 施作前會依底質狀況選取適當位置進行試驗，若貫入深度未達 3 公尺則於該點鄰近位置重新施作，每點最多施作 3 次。 2. CPT 試驗為目前取得工程參數之最佳辦法，試驗成果具有參考價值。
13	定點式 ADCP、錨定式或浮標式如何擇定? 說明：錨定式及浮標式在價格及用途存有差異，後續如何擇選?	13. 本計畫報告並未限制使用之儀器或形式，僅要求資料點深度分布。但為取得深海近海床流速，單一浮標式 ADCP 似難達到要求。
14	船攜式及下放式 ADCP 觀測時間點及必要性? 說明 1：此種海流觀測受限船隻安全，僅能在氣候條件佳時作業，其資料僅能代表當下海流狀況。 說明 2：如何與定點式 ADCP 搭配分析。	14. 連續觀測之定點式 ADCP 因經費之有效運用僅進行一站，船攜式 ADCP 及 LADCP 為補足整體海域流速資料，實有其必要。建議選擇氣候條件佳時，在進行定點式 ADCP 佈放後實施。(成果報告 P.93)
15	國內是否有廠商可以底床營力及沉積物搬運現象監測執行 說明： 1.較偏科研調查，雖有助了解底床變化情形，但不易於一年觀測時間內，歸納出移動機制。若無調查結果如何結案? 2.錨定水下信標規格為何?	15. (成果報告 P.95) 1. 不易於一年觀測時間內，歸納出移動機制。目的僅希望藉水下信標定位之變化標定觀測位置位移量是否較大，或者信標已遭掩埋/遺失，表示此處海床表面不穩定，並以此提供未來佈管設計參考。

	3.是否有廠商可以執行，需釐清。	2. 水下信標上端裝置信號發送器，定時或被動傳送信號至海面以供觀測船定位，並以重量或其他形式錨定，須能抵抗 0.5 公尺/秒水流流速對水下信標產生之外力，其整體比重需接近海床組成比重，以防止因自重下沉而被掩埋。 3. 國外的確有較專業、功能較強大的水下信標設計，但考量經費有效利用，以上述設計簡化取代，國內廠商應無執行困難。
16	3 維海流數值模式及國內能力為何? 說明：3 維海流數值模擬國內是否有相關模式或能力。	16. 謝謝委員指教，報告中已取消此項目。
17	目的設定 說明： 1.應以現地調查成果，說明海域環境狀況為主。 2.而評估較適佈管區位部分，應涉及後續工法採用，不易於調查階段探討。	17. 謝謝委員指教。補充調查目的為排除或標定對海管較危險區域，以供將來設計單位參考。此調查階段不須探討後續工法採用。
【台東縣政府】		
1	簡報 P.57 與報告書表 6.5-1 及表 6.5-2 中，施工費用(3)及(5)不同，應再確認。	1. 謝謝委員指教，施工費用(3)依相同取水頭費用修正，另施工費用(5)因工法不同，故所需費用估算亦不同。(成果報告 P.174)
2	簡報 P.31 第五點，未來若能將施工經驗及各單位所作之監測資料或調查報告，分享公開出來，對於未來招商由業者自行取水將有莫大助益。	2. 謝謝委員指教。
【台東大學】		
1	本報告結論建議優先順序為路線Ⅲ (水規所調查報告建議優選區域	1. 謝謝委員指教，評估各方案時應採取多方面考量，從經費方

	-建議區域2),其次為路線Ⅱ(水規所調查報告建議備援區域-建議區域Ⅰ),最後為路線Ⅰ(創研中心舊管偏南)。但從報告書及簡報第61頁等提列之效益評估綜觀,路線Ⅰ的初始建設費(3500萬元)僅為路線Ⅲ (10600萬元)及路線Ⅱ (9410萬元)之約1/3,若再將每年陸管之操作維護費計入、環境補充調查費計入及水溫上升等不利因素考量在內,則路線Ⅰ之效益更將遠遠超越路線Ⅲ及Ⅱ,實在看不出有選擇路線Ⅲ及路線Ⅱ的理由。即使路線Ⅰ採以成本較高的鎧裝管佈設,其效益還是明顯高於路線Ⅲ及路線Ⅱ。	面來看確實以路線Ⅰ佈設取水管為最低,但收集此路線之海域環境條件來說,所受到海床滑坡或河口輸砂外在影響因素,評估其失敗的風險為最高,而相較於路線Ⅰ之其他路線皆有天然屏障,而經計算益本比效益,屬可投資方案,故可考量其他路線佈設取水管。(成果報告P.178)
2	有關採路線Ⅰ風險問題,吸取創研中心舊取水管無法取水原因檢討經驗,針對取水管配重及取水頭型式等問題審慎評估改善,則採路線Ⅰ佈設新管,取水成功機率應是極高。	2. 謝謝委員指教,此區域海域環境條件較屬不宜,造成取水管受損之成因為海底滑坡,即使配重塊設計得宜,仍有可能受到海床不穩定情況造成推移使取水管受損。
3	本評估報告有關鎧裝管管材及佈設施工成本分析多為需仰賴國外製造、運輸、佈設及費用高等文字性敘述,少有具體數字的評估,僅HDPE管佈設有具體費用評估。建議以路線Ⅰ為例,分別評估採用HDPE管與鎧裝管的成本費用,可供決策參考依據。	3. 謝謝委員指教,有關於鎧裝管施工費用的確切數字,本計畫曾向日本清水建設提出報價需求,但清水建設以目前變數仍多為由,無法提供正確報價案例,僅提供粗略估算結果約為HDPE管施工費用的10倍之譜。
4	本人實際檢核舊管設計於海床的穩定性發現,由於-200~-700m之配重明顯不足(間距6.5m過大),使得取水管於海床之穩定性不足,當海流速度 > 0.6 m/s時,取水管即會開始隨海流飄移。從ROV於海床觀測到粗砂及石礫的影像資料顯示,海床流速時有 > 1.5 m/s之情形,且淺層地球物理探測亦顯示管路有偏南及偏北位移之情形,均驗證了管路配重不足的問題。管線飄移會產生撞擊、折管、斷裂、流失或遭掩埋等情形,很可能是無法取水之主因。而海床不定常發生的強勢海流很可能是海底地震直接所導致,有部分也可能是海底地震導致淤積泥沙崩塌之間接導致,兩者都對配重不足的取	4. 謝謝委員指教,經收集相關海域環境資料,其取水管受損之最大成因應為海底滑坡,屬於基礎不穩定情況,於不穩定之基礎進行工程,若配重塊經詳細設計後放置取水管,仍會因基礎滑動而整個取水管被帶著走,因此目前應採取能在海床不穩定的條件下較適合之工法進行設計,故建議以試驗管方案,了解在不同之工法下何種可應付此海域環境條件,找出較為合適之工法。(成果報告P.178)

	水管與取水頭有極大損傷力。	
【石資中心】		
1	本計畫依照日韓取水設施之規模，設定 350~400m 之取水深度作為基本評估條件，似乎過於草率。宜就研發需求、施工條件、環境條件等層面補充佐證選定此深度範圍的依據。	1. 感謝委員指導。報告中考慮取水深度時，除參考他國既有取水設施規模外，並考慮取水溫度需求、既有管線受外力移動趨勢、範圍、施工試驗性達成等條件，所建議的取水深度，其深度建議不低於創新研發中心 104 年 5 月 25 日深層海水用水需求研商會議之結論，應屬合理。未來若就水質條件上有需求，仍可對此項進行調整。
2	以現有調查資料進行工程可行性之評估實屬不易。由等深線觀察 Line III 路徑處應較其他路徑坡度大，對工程不知有否影響。	2. 感謝委員指導。由於規劃管線材料皆為柔性管材，且抗拉伸能力強，故 Line III 路徑之坡度預期不會對不管工程造成困難。
3	依管材的不同對應的工法及經費理應不同。不應單就管線成本即將鎧裝管屏除於評估對象之外，應綜合評估作為主管機關決策依據。	3. 感謝委員指導。管材選用確實會影響工法與工程經費，在可行性評估作業中，經濟可行性也是評估的重要項目，鎧裝管依照日本施工經驗為相當適用的管材，但施工費用可能達到 HDPE 管的十倍以上，而 HDPE 管也並非完全不可用，因此報告中所建議為 HDPE 管，若未來鎧裝管的施工費用因特殊因素降低，則仍為管材選項之一。
4	P.159 鎧裝管設計流速與取水量與現況有所差距。實際上日本沖繩縣久米島之取水量為 6500CMD(內徑 280mm)。	4. 謝謝委員指教。報告中有關抽取水量數字予以刪除。(成果報告 P.152)
【第八河川局　陳局長重隆】		
1	本計畫並無作現場之補充調查，故在 CH1、2 之描述應酌修，避免誤解文意，例如修成「本計畫研究區域……鄰近區域(見圖 1.2-2)所收集之與佈管工程相關資料作進一步研析；另外……可行性評估。」	1. 感謝委員指教。修正於成果報告中。(成果報告 P.2)

2	對於其他海域調查之可行性評估，僅直接提出太平溪鄰近出海口等，對之前去現勘的東海岸山脈台東縣境(及卑南溪口以北)作簡單分析(僅在 CH5.1 帶過)雖以海域佈管需建置二廠且需重新進一步海域調查能穩定(10 年以上)之取水，在經濟對策上亦應多做分析供決策參政。	2. 感謝委員指教，於成果報告中新增台東海岸之海圖，並依據海圖資料中提出三仙台區域、金樽漁港區域、富岡漁港區域、太平溪及太麻里溪以南之區域進行初步評估。(成果報告 P.98)
【第八河川局　許副局長金龍】		
1	表 6.4.1.2-1 各類型取水頭的綜合評估建議取向應就偏向風車型取水頭，也提到在日本有多處實績。請問為日本那些地方?另外又所提縱向浮式取水頭可有避免地形崩坍或滑動時遭淤埋的危險，但目前並無實績，殊不知貴公司之建議以何為據?	1. 感謝委員指導。參考「第三十一屆中日技術研討會水資源分組議題-軟弱或易崩塌海底地質之深層海水取水頭設計與施工規劃」報告內容，日本包含高知縣深層水研究所、沖繩縣深層水研究所、熊石町深層水利用設施等，皆採用風車型取水頭，且目前正抽取深層海水中；而縱向浮式取水頭的概念，亦為該會議中崛哲郎本部長所提出簡易取水管路構造。
2	對所提取水管材料評估所提二種管材一是鎧裝管，二是高密度聚乙烯管(HDPE 管)，在 P.166 也做特性比較，各列優劣，但在簡報說明時又說鎧裝管因本身管材重量不需配重塊，而 HDPE 管就需襯以配重塊佈設，但鎧裝管要看日本相關廠商是否有意願來此佈設，本部分貴公司有無嘗向日本相關廠商是否有意願?又如採用鎧裝管應使用何種佈管工法才能使此種比較重之鎧裝管順利佈設。	2. 感謝委員指導。中興公司於會後向日本清水建設洽詢相關細節，日本方面有相當高的意願來台協助，但施工經費上要求也相當高。如採用鎧裝管進行佈管，則必須採用卷駁船方能執行。
3	P.182 圖 7.2-1 試驗管建議佈管路線示意圖中所列三處佈管路線，同時評估建議優先選擇 Line III ，其次為 Line II，但其圖示模糊不清，完全無法正確看出示意路線。	3. 謝謝副局長指教，於成果報告中已加以修正，使圖示更為清楚明瞭。(成果報告 P.191)
【第八河川局管理課】		
1	本案應以各工法所能適應的極限環境條件來建議後續施工前應補充蒐集調查之項目。	1. 感謝委員指導。各工法所能適應極限條件與管線設計及施工經費有關，建議仍應以環境條件確認後，再由設計單位統整

		可用方案進行決定。
2	報告中所提浮式取水頭，建議可從目前洋流調查的數據作分析評估,是否以目前的 HDPE 管 SDR 值何值可保障管線不致挫曲?或需要鎧裝管才能安全穩定。	2. 謝謝指教，依據目前所調查之海域環境的海流情況皆不大，亦無極端事件下之數據，若依據目前海流數據資料應不易受到影響造成管材挫曲。在設計上應另採極端事件海流資料進行浮力設計，是否 HDPE 管可達成或必須以鎧裝管方能滿足需求，則需由量測結果決定。
3	HDPE 管與鎧裝管之比較應著重抗挫曲力的比較，因管線的佈設都順坡向，管線受拉伸的應力不大，但如管線遭挫曲必影響取水。	3. 謝謝指教，由於取水管設計可依照設計需求提升管材之強度，若在相同之管徑下鎧裝管之強度必定比 HDPE 管來得高，為達相同強度之鎧裝管，建議可提升 HDPE 管之厚度。
4	本報告建議以統包的方式招標，但保固之時間 2 年及保固金比例 8%，似乎偏低，因為只要取水異常修復的成本，幾乎等於重佈，且風險很高隨時有失敗可能,如不提高保固金及保固時間恐統包商為節省成本降低風險之考量，另保固責任的釐清未提建議判斷條件。	4. 本報告所提的保固時間與金額比例若再提高，考量本工程的施工經費並不高，可能會大幅降低廠商投標意願，屆時反而找不到廠商，故應訂立合理標準且配合精準的招標廠商資格，吸引具信譽的工程廠商參與投標，方能收到保固的效果。至於保固責任的判斷條件應由基本設計或專案管理廠商進行規劃。
【第八河川局工務課　姚課長敏郎】		
1	大崩坍使用浮式取水頭，小崩坍使用風車行取水頭，但大崩坍及小崩坍亦無從預測，如何作為未來試驗管選擇工法依據。	1. 感謝委員指導。由於本計畫試驗管確實具有試驗性質，且取水深度已避開流痕痕跡明顯區域，故若僅施作一處，則建議採用風車型取水頭，若施作兩處以上則建議考慮縱向浮式取水頭進行試驗。
2	目前環境惡劣，本局所涉及農委會所佈之管均失敗，本區域是否惡劣至不宜佈管(即不可行)，有否因工法改善使本區域變成為可行區域，如浮式取水頭若能抵抗邊坡滑動掩埋一定年限下。即為可行，	2. 謝謝委員指教。由於國外案例多為於穩定之海床進行佈設取水管，目前無找到相關在不穩定海床下佈設取水管之案例。

	可否再收集國際間有否成功案例，環境類似作為依據。	
【第八河川局工務課　施正工程司政杰】		
1	目錄前應有摘要，最後面要有參考文獻。封面格式請依出版品規定辦理。	1. 感謝委員指教。於成果報告中配合修正。
2	P.53 建議以花蓮港作為本計畫施工船避險港，請補充說明建議花蓮港之原因。	2. 感謝委員指教，較小型工作船可於颱風時期在花蓮港避難，較大型工作船可於颱風預報發布後回基隆或高雄港避難。報告中已修正由施工船隊自行評估選擇。
3	此報告應以機關(本局)之口吻撰寫，許多地方出現“貴局”等字眼，多處規劃的劃為錯別字。	3. 感謝指教，於成果報告中修正。
4	P.132 環評需求及相關法規 2 節，應初步針對所選方案可能需申請許可之項目進行建議，如陸管施作之申請，非僅將所有可能涉及的法規列出。	4. 感謝委員指導。以本計畫試驗管海管工程而言，所選擇方案對於環境影響評估是否須執行並無影響；陸管方案的不同是否受相關法規禁止或限制，也要看最後定線位置及區域範圍，為求謹慎起見，法規的符合與否都應該在細部設計確認區域條件後，行文管理機關方能做最後確認。
5	P.177訂出保固期為2年，該2年如何擇定?請補充。	5. 感謝委員指教。保固期為期兩年的依據，是以兩次完整汛期及不同季節影響為考慮基準。
6	呈上，試驗管建議保固2年，但優選方案一前9年為虧損，亦即該試驗管需撐9年才不會虧本，而保固僅2年，是否意味此區之海域進行試驗管工程，於經濟上而言為不可行?	6. 感謝委員指教。有關經濟效益評估內容依照水利署對於創研中心經濟效益評估方式進行修正。
【第八河川局工務課　黃名震工程員】		
1	P.33 圖 2.4.1-10 「下水台地南側海谷」，請修正。	1. 謝謝指教，已於成果報告中修正為「水下台地南側海底山谷」
2	P.48 圖2.4.2-9及圖2.4.2-10 圖中文字解析度過低已模糊看不清楚，請改善。	2. 謝謝指正已於成果報告中改善。

3	P.104 文字倒數第 2 行主導計畫區「應飄沙為流造成」;另流速小於 2 節,單位請修正為一般公制並注意報告書中所有單位大小寫建議統一致。	3. 謝謝指導。改為「飄沙應為流造成」，流速單位修改為一般公制。
4	P.111 路線總長預估為 13.2km 與圖 5.2.1-2 上所標示的數據總和 12.9km 不同，請確認。	4. 謝謝指教，已於成果報告中統一修正為 13.2km。
5	P.131 內文第 3 行「取水管損壞責任歸屬尚未完全釐清，目前正進行司法程序」,因目前訴訟一審判決結果已出來，故本段文字內容請酌予修正。	5. 謝謝指教，已於成果報告中進行修正。
6	P.144 初步佈管路線規劃:底層分類 TYPE1-1 及 TYPE1-2 指的是？請補充說明;另佈管的優先選擇僅依據文字內容定性之方式描述無法得知各優缺點所佔之權重，建議以量化方式進行比較。	6. 感謝委員指教。底層分類 TYPE1-1 及 TYPE1-2 指的是水規所海域環境調查報告中淺層震測資料分類中，TYPE 1-1 及 TYPE 1-2 兩種地層類型。佈管的的優先選擇在本報告中以文字方式列出優缺點，個別項目間並無一定權重關係，任何優缺點造成失敗，對於管線取水而言同樣都是失去功能的結果。
7	P.151 連結之固定方式，是否可舉例補充說明。	7. 感謝委員建議。風車型取水頭與管線間的連結方式，需考慮結構上的應力集中與活動性，若採用固定接頭則取水頭與後端管線無法相對旋轉，側向推移時將造成管線扭矩，增加挫屈機率;建議在未來設計時應將取水頭結構與管線間做同軸套結固定，如此可大幅降低管線受扭矩機會。
8	P.152 文中最後一行「配重塊須採用星形設計，使其入插海床…」;另與 P.164 配重塊設計概念示意圖採用近似圓形的概念看起來似乎不同，請說明。	8. 感謝委員指導。配重塊採用星形設計的目的在於增加與海床間滑動抵抗能力，若管線設計確定採降低阻力設計，則應採用近似圓形配重，以降低阻力而隨著外力滑動。
9	P.169 表 6.4.3-1 佈管工法綜合比較表，施工方式不同對於管線放置至預定位置的準確度是否有影響？	9. 感謝委員指導。施工方式的不同，例如拖拉沉放工法及佈管船工法兩者，對於管線佈放精度而言，水深在 50 公尺以上

		者幾乎沒有影響。
10	P.153 倒數第 7 行：橫向浮式取水頭相對縱向浮式取水頭而言較不易挫曲，管線安全性較高，建議納入表 6.4.1.2-1 綜合評估表中說明，且橫向及縱向浮式取水頭兩者於表中的綜合評價都相同，但最後第七章結論及建議則建議採用縱向取水頭及風車型取水的主因為何？	10. 謝謝委員指導。已依照委員意見放入比較表。最後建議採用縱向浮式取水頭的原因，在於日本專家的建議與創研中心目前已經有一處類似實績。

海域取水管工法分析及可行性評估計畫

出版機關： 經濟部水利署第八河川局

地址： 台東市寶桑路 24 號

電話： (089) 322-023

傳真： (089) 323-515

網址： http://www.wra08.gov.tw/mp.asp?mp=08

編著者： 中興工程顧問股份有限公司

出版年月： 105 年 05 月

版次： 初版

定價： 新台幣 800 元

EBN： 10105R0001

電子出版： 本書製有光碟片

聯絡資訊： 經濟部水利署第八河川局

電　　話： (089) 322-023

廉潔、效能、便民

經濟部水利署第八河川局

地址：台東市寶桑路 24 號
網址：http://www.wra.gov.tw/
總機：(089) 322023
傳真：(089) 322883

EBN：10105R0001
定價：新台幣 800 元