

金門沿海淤泥沉積對牡蠣養殖生產區之 影響初步評析

計畫執行單位：國立台灣海洋大學

計畫主持人：黃偉柏

中華民國 103 年 11 月

目 錄

目 錄	1
表目錄	3
圖目錄	4
照片目錄	5
摘 要	I
結論與建議	III
壹、前言	1
一、委託計畫之緣由	1
二、工作項目及內容	2
三、預期效益	3
貳、基本資料蒐集分析	5
一、氣象	5
二、地文	7
三、水文	8
四、海象	11
五、金門沿海牡蠣養殖概況	19
參、牡蠣養殖生產區淤泥影響評析	25
一、淤泥對牡蠣生產區造成之影響	25
二、牡蠣生產區受淤泥影響之範圍及程度	30
肆、淤泥沉積原因初探	35
一、養殖區疏於管理	35
二、人為開發影響	36
三、鄰近河川與沿岸輸砂影響	38
四、綜合評估	48
伍、牡蠣生產區淤泥處置對策與建議	49
一、淤泥處置對策初步研析	49

(一)工程對策研析.....	49
(二)非工程對策研析	55
(三)綜合評析與建議	57
二、後續規劃、研究及因應改善工作研擬.....	57
(一)後續工作項目及內容	58
(二)經費需求及分年	60
(三)其他建議及配合事項	61
參考文獻	63
附錄一 歷次審查會議紀錄及回覆說明	65
一、期中報告審查會議紀錄及回覆說明.....	65
二、期末報告審查會議紀錄及回覆說明.....	68

表目錄

表 1、金門地區各月氣象統計紀錄.....	6
表 2、金門海岸地形分佈表	7
表 3、古寧頭附近海域漂砂採樣 D ₅₀ 成果表.....	10
表 4、晉江及九龍江水文特性概要	12
表 5、九龍江之月平均流量	12
表 6、金門水頭每月潮位統計表(2004-2013 年).....	14
表 7、金門料羅灣每月潮位統計表 (2013 年).....	14
表 8、金門浮標每月波高統計表(2000-2013 年).....	17
表 9、古寧頭實測波浪聯合機率統計表	17
表 10、古寧頭實測波浪聯合機率統計表.....	18
表 11、金門牡蠣養殖方式及特性概況表.....	21
表 12、金門沿海牡蠣養殖分佈	23
表 13、金門牡蠣養殖產業概況統計.....	23
表 14、金門后江灣外海域懸浮固體監測成果.....	27
表 15、懸浮質濃度對海域生物影響相關資料.....	28
表 16、金門沿海各測站稚鰲族群分佈情形.....	50
表 17、織袋工法應用於海岸淤泥處理評估.....	53
表 18、分年計畫及經費需求.....	60

圖目錄

圖 1、計畫區範圍圖	4
圖 2、后江灣資料浮標風玫瑰圖	6
圖 3、金門沿海地區地形分佈圖	7
圖 4、古寧頭附近海域漂砂採樣 D_{50} 分布圖	9
圖 5、本計畫區與沿海鄰近水系之地理位置示意圖	12
圖 6、金門潮流流速及流向	15
圖 7、后江灣浮標測站水流玫瑰圖	15
圖 8、后江灣浮標測站波浪玫瑰圖	18
圖 9、金門沿岸不同牡蠣養殖方式之分佈區域圖	21
圖 10、金門縣牡蠣養殖區之分布與範圍	22
圖 11、環保署金門海域海域水質監測站分佈	27
圖 12、金門海域歷年懸浮固體監測成果	27
圖 13、地形監測斷面分佈圖	31
圖 14、古寧頭海域地形斷面比較圖(1/2)	31
圖 14、古寧頭海域地形斷面比較圖(2/2)	32
圖 15、泉州灣底質特性分佈圖	40
圖 16、泉州灣底質泥沙淨輸運路徑	41
圖 17、長江口陸源物質移動情形	41
圖 18、九龍江河口灣底質特性分佈圖	42
圖 19、大潮期間表層流場模擬圖	46
圖 20、小潮期間表層流場模擬圖	47
圖 21、一個潮週期的表層水質點運動軌跡	47

照片目錄

照片 1、古寧頭一帶石條式牡蠣養殖區現況.....	2
照片 2、石蚶生產區灘地之聯通便道.....	29
照片 3、古寧頭石條式養殖生產區現況.....	30
照片 4、養殖區外海海域進行抽砂作業船隻.....	37
照片 5、古寧頭北側海岸岸壁風化崩落情形.....	52
照片 6、地工沙袋施做流程	53

摘要

牡蠣(石蚶)養殖為金門沿海區域重要產業，近年來屢發生牡蠣減產情事。蚶農曾反映生產區內有逐漸淤積趨勢(如古寧頭北山海岸一帶)，部分石條已遭淤泥埋沒。本計畫主要目的為根據過去相關監測資料，進行淤積機制初步分析，以做為未來淤泥清淤之現場試驗及方法研定依據。

一、基本資料蒐集及分析

根據金門水頭及料羅灣兩處潮位監測成果顯示，金門海岸平均潮差 3.73~3.89m，屬中潮差(meso-tidal)能量。漲潮時期流向由台灣海峽沿金門兩側流入，退潮時則反向流出。而就波浪而言，因金門北側受大陸遮蔽，主要波浪能量由台灣海峽向大陸方向傳遞，根據金門浮標監測結果，夏季為南浪，其餘季節則以東浪為主。就底質特性而言，石蚶養殖密度最高的古寧頭附近海域之中值粒徑介於 $6.5\sim 593\mu\text{m}$ ，粒徑屬粉沙、細沙及中沙，底質粒徑小，易受水動力作用揚起。

二、牡蠣養殖生產區淤泥影響評析

淤泥對牡蠣生產區之影響主要有兩部分，其一牡蠣生長環境條件劣化，另一則為養殖作業環境條件改變。

對照目前過去懸浮質調查結果來看，近年來后江灣一帶海域之懸浮質濃度變化，尚不至於對牡蠣生產區造成影響。至於淤泥淤積部分，石蚶養殖作業極耗人力，淤泥沈積會使得人員進出及作業過程更加困難。然由於目前可供研判之基礎資料有限，故仍有賴後續更進一步的監測調查，方能進一步確認淤泥之影響衝擊。

三、淤泥沉積原因初探

目前養殖區淤泥沈積原因經分析主要肇因為養殖區疏於管理、人為影響及鄰近河川輸砂影響等三大因素。

四、牡蠣生產區淤泥處置對策與建議

- (一) 工程對策研析：建議直接以現地挖除裝置於地工織袋，就近於海岸灘地或崖腳附近堆置，形成柔性海岸保護工，可同時解決土方

棄置問題，並達到崖腳保護之效。然由於整體工程經費與石蚵產值相較之下，以工程經濟觀點而言，清淤工程並不符合經濟效益。

- (二) 非工程對策研析：落實傳統石條式養殖生產管理，為解決淤泥沉積最經濟可行的方法。惟因石條養殖方式管理不易，加上產量與品質不易掌控，建議可朝產業轉型之可行性進行研究。

五、後續規劃、研究及因應改善工作研擬

考量本案係以沿海淤泥沉積對牡蠣養殖生產區之影響為探討重點，雖現階段已將其可能影響因子做初步研析，惟由於缺乏充足的基礎資料可供研判，尚無法瞭解並釐清各因子對養殖區之影響程度，致使無法確切研提相應處置及改善對策。

本計畫建議未來相關調查工作應包括：養殖區現場試驗及監測調查、懸浮質濃度監測與底質調查、鄰近海域波、潮流調查分析以及地形變遷情勢研析。在完成相關背景資料調查後，再進行現場試驗，最後研定未來因應策略及方案。

結論與建議

一、結論

- (一) 關於目前石蚶養殖用地淤泥沈積部分，初步研判應當為九龍江帶來的細粒物質，且由於其乃經歷長時間的輸砂傳遞之結果，故屬於淤積之遠因，且過程漫長。而鄰近海域開發為主要的外部影響因子，而養殖區的疏於管理，則為主要的內部影響因子。
- (二) 工程方法雖可快速達到清除淤積之目的，但就現實環境而言，目前尚有諸多課題亟待克服。然與石蚶產值相較之下，就工程經濟觀點而言，清淤工程並不符合經濟效益。
- (三) 就淤泥淤積之短期因應對策，應落實傳統石條式養殖之生產管理，透過倒石、車石、豎石等手段，利用海洋營力作用將養殖棲地淤泥帶出，將有助於灘岸淨化。
- (四) 就長期對策而言，宜對海岸進行持續之相關調查工作，在釐清相關機制後，再進行現場試驗，最後研定未來因應策略及方案。

二、建議

本計畫於現階段雖已將可能影響淤泥沈積的因子做初步評析，惟由於缺乏充足的基礎資料可供研判，尚無法瞭解並釐清各因子對養殖區之影響程度，致使無法確切研提相應處置及改善對策。建議未來若要於現地規劃相關養殖示範區或是進行現場試驗前，宜先針對現地進行懸浮質濃度與底質調查、鄰近海域波、潮流調查分析、地形測量及生態調查工作，以避免相關施做對現地敏感區位之潮間帶產生衝擊。

壹、前言

一、委託計畫之緣由

金門牡蠣(石蚶)養殖起源甚早，蚶田主要多分佈於北岸至浯江口沿岸，尤以古寧頭南山、北山一帶歷史最為悠久，分佈亦最廣。由內陸沖蝕而來的泥沙於灣澳內沉積，因富含有機質，加上灣澳內水域相對穩靜，潮間帶廣闊，以及規律之潮水進退，沿岸整體環境相當適合石蚶養殖，並已成為金門重要之經濟產業活動。而今，有鑑於石蚶養殖生產方式獨特，金門縣政府更設立「金門縣石蚶產業文化館」，以行銷當地特殊的石蚶產業特色，並保留此深具歷史文化價值之產業。

然而，近年來沿海牡蠣養殖產業屢發生牡蠣減產情事，金門縣水產試驗所(以下簡稱本所)為此亦於民國 101 年至 102 年期間辦理「金門石條式牡蠣養殖生產區環境與牡蠣健康監測」；依據古寧與后沙養殖區初步研析結果顯示，養殖區的底質環境尚屬良好，而牡蠣發生病變可能與生殖、密度太高與季節有關，但其他區域之影響因素仍待進一步研究。此外，由於沿岸灣澳內泥灘地環境，易受河口沖積與海象條件變化，近年亦有蚶農反映生產區內有逐漸淤積趨勢(如古寧頭北山海岸一帶)，部分石條已遭淤泥埋沒，亦可能衝擊沿岸石蚶養殖產業。

因此，為使本地特殊石蚶養殖產業及文化得以永續發展，實有必要針對沿海牡蠣養殖生產區外在環境變化可能造成的影響，進行深入探討，並研提相關對策因應。爰此，本所擬配合石蚶產業文化永續發展之政策目標，針對可能對石蚶產業發展造成不利衝擊之因素，進行相關監測調查與深入研究。惟由於影響沿岸環境變化的因素眾多，囿於有限之人力與經費，本計畫現階段擬先就牡蠣養殖生產區淤泥沉積議題進行初步評析，以確立後續研提石蚶養殖生產區淤泥影響研究、因應及改善之可行性方案。



照片 1、古寧頭一帶石條式牡蠣養殖區現況

二、工作項目及內容

本計畫工作範圍涵蓋金門沿岸牡蠣養殖生產區，主要以西岸及北岸后江灣一帶(湖下至后沙)石蚵養殖生產區為先，沿岸長度約 14 公里，計畫範圍如圖 1 所示。

本計畫擬先透過資料蒐集及現場勘查方式，以瞭解目前沿岸牡蠣養殖生產區受淤泥影響之情形，並初步研判淤泥可能之來源。同時，透過蒐集並彙整本所及相關單位過去曾辦理之監測調查與研究資料，以初步研析造成沿岸淤泥沉積可能之影響機制。最後，依據本階段初步研析成果，研提後續進一步研究分析之工作要項及內容，以做為本所未來業務執行之參考依據。

(一)基本資料蒐集分析

蒐集與分析計畫區鄰近之海象(波浪、潮位、海流)、氣象、水文、地文，以及牡蠣養殖生產區相關資料等。

(二)牡蠣養殖生產區淤泥影響評析

調查蒐集計畫區內牡蠣養殖生產區之淤泥沉積概況，包括受淤泥影響之生產區分佈範圍、影響程度，俾利掌握現有海岸環境現況、淤泥影響情勢及研究改善對象。

(三)淤泥沉積原因初探

綜合前述相關資料蒐集與研析結果，初步針對石蚵生產區淤泥沉積問題，研析其可能之影響因素，並提供後續可進一步研究之方向。

(四)後續規劃、研究及因應改善工作研擬

依據前述分析成果，針對淤泥沉積議題，具體研擬後續因應改善之執行工作要項與內容(含分年計畫、各年度工作項目、內容及經費需求等)，俾利本所未來編定相關執行計畫之參考。

三、預期效益

在完成本計畫後，可完成計畫區背景資料特性分析，藉此瞭解計畫區養殖用地淤泥淤積情形。最後考量計畫區海氣象特性以及牡蠣養殖方法，研定未來淤泥清淤之現場試驗及方法。

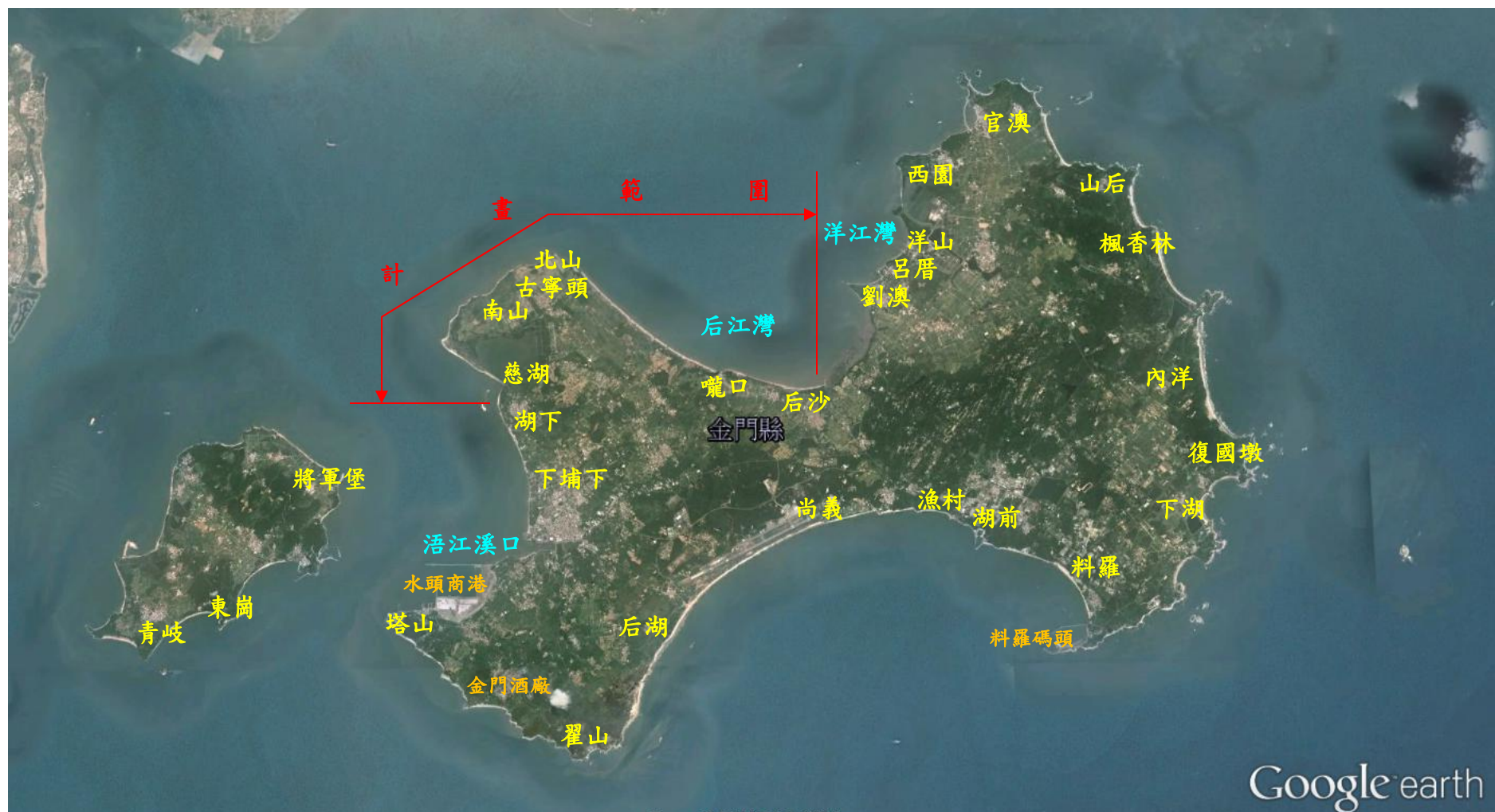


圖 1、計畫區範圍圖

貳、基本資料蒐集分析

本計畫就與牡蠣養殖環境水動力相關性較高之相關背景資料進行彙整分析，以做為後續淤泥淤積原因分析及養殖環境改善方案規劃之參考。

一、氣象

參考中央氣象局、金門縣政府及金門水產試驗所等單位之監測資料，將金門氣象資料彙整如表 1 所示，茲說明如下：

(一)氣溫

金門與廈門、同安遙遙相對，緯度相同，均屬於亞熱帶海洋性氣候，夏季七、八月溫度最高約 28.1℃，十一月至翌年四月間，月均溫皆低於 20℃，尤以一月份最低平均約 12.6℃，統計全年平均氣溫約 20.8℃。

(二)蒸發及降雨量

金門降雨在時間上分配不均，且其潛在蒸發量高，使得金門呈現出半乾旱的現象。以平均狀況來看，三月、四月常有連日陰雨，但雨量不多，五、六月則類似大陸內地梅雨季節，經常降雨不止；至於七月、八月則為夏季雷雨或颱風雨，雨量雖豐但因無法有效蓄存，甚至帶來災害。而每年九月至翌年二月間，則為旱季。統計平均全年蒸發量約 1155.7mm，而平均全年降雨量約 1150mm，兩者數值相當，故島上地表水資源條件相當嚴苛。

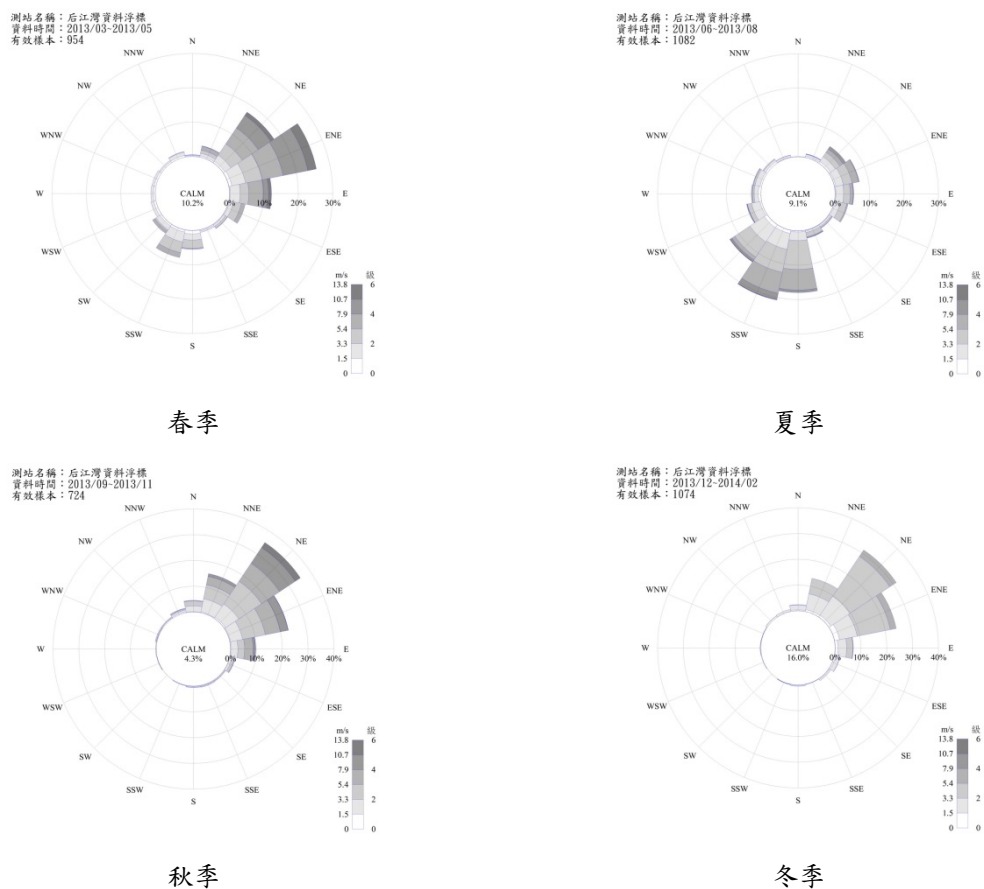
(三)風

金門全年平均風速約 2.9 米/秒，且冬季風速高於夏季。另參考金門縣政府「金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫」於后江灣外海水深 5 公尺佈設資料浮標所測得之四季風玫瑰圖(如圖 2)可知，除夏季以南南西、南風為主外，其餘季節以東北、東南東為主。

表 1、金門地區各月氣象統計紀錄

日期	氣溫(℃)	蒸發量(mm)	日照時數(hr)	降水量(mm)	平均風速(m/s)	相對濕度(%)	平均測站氣壓(hPa)
1 月	12.6	69.0	136.8	21.2	3.4	71.6	1018.8
2 月	13.3	64.2	120.5	42.2	3.1	75.1	1016.7
3 月	14.9	76.4	133.8	80.0	3.0	73.4	1015.2
4 月	19.0	83.7	145.1	102.0	2.5	75.5	1011.5
5 月	22.9	91.8	155.0	152.8	2.2	76.7	1006.9
6 月	26.3	95.0	176.6	169.9	2.4	79.1	1003.4
7 月	28.1	126.8	274.8	114.7	2.3	77.0	1002.7
8 月	28.1	120.1	243.8	195.8	2.2	75.8	1002.7
9 月	27.0	128.5	210.3	93.0	2.7	70.9	1005.9
10 月	23.6	122.2	210.0	73.8	3.7	65.5	1011.6
11 月	19.9	92.1	165.4	69.3	3.5	73.7	1015.0
12 月	15.1	82.2	167.8	28.5	3.5	68.9	1018.0
總和	-	1155.7	2139.8	1150.0	-	-	-
平均	20.9	96.3	178.3	95.8	2.9	73.5	1010.7
統計年期	91~100	91~100	91~100	91~100	91~100	91~100	94~100

資料來源：金門縣水產試驗所，金門地區海洋氣象暨海洋水文統計資料彙編【民國 91 年~100 年】，民國 101 年 10 月。



金門縣政府，金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫，103 年。

圖 2、后江灣資料浮標風玫瑰圖

二、地文

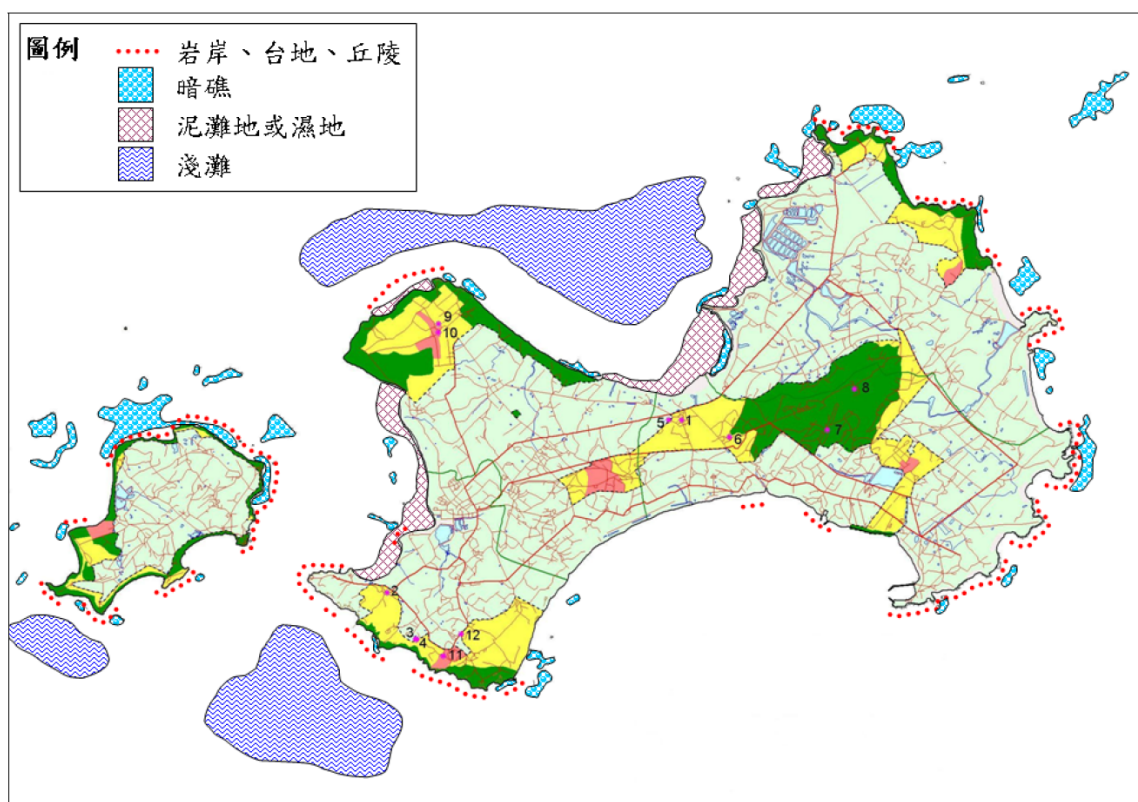
(一)地形與地質

金門縣轄有十二座島嶼，總面積大約 150 平方公里，其中面積較大的金門島與烈嶼（小金門）面積合計約 149 平方公里。島嶼地形特色為面積狹小、地勢低緩、河流短促、海岸曲折。計畫區沿岸除西北側古寧頭有部分為岩岸或礁岩外，其餘西及北海岸線多為沙灘及泥灘地分佈。本計畫區海岸特性及分布，如表 2 及圖 3 所示。

表 2、金門海岸地形分佈表

地區劃分	內 容
金門北海岸地區	岩岸：雞鳴山至九女山、三獅山至五龍山、馬山。 沙岸：古寧頭至后沙
金門西海岸地區	岩岸：水頭碼頭、浯江溪口南方一帶、烏沙角至古寧頭 沙岸：水頭聚落至后豐港北方一帶、浯江溪口以北至烏沙角

註：本表沙岸之定義為「沿海地形為灘地與沙丘」；岩岸之定義為「沿海地形為岩石、台地或丘陵」。



資料來源：「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(1/3)」，民國 94 年。

圖 3、金門沿海地區地形分佈圖

(二)海岸輸砂

本計畫蒐集金門縣政府辦理之「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫在古寧頭附近海域漂沙調查資料(圖 4 及表 3)，本地區根據實測古寧頭西側海流流向漲潮為由南向北，由古寧頭附近海域之中值粒徑絕大多數均大於 $10\mu\text{m}$ ，只有少數小於 $10\mu\text{m}$ ，底質屬細沙、極細沙及粉沙，較易因水動力作用而揚起。

三、水文

(一)本島水系

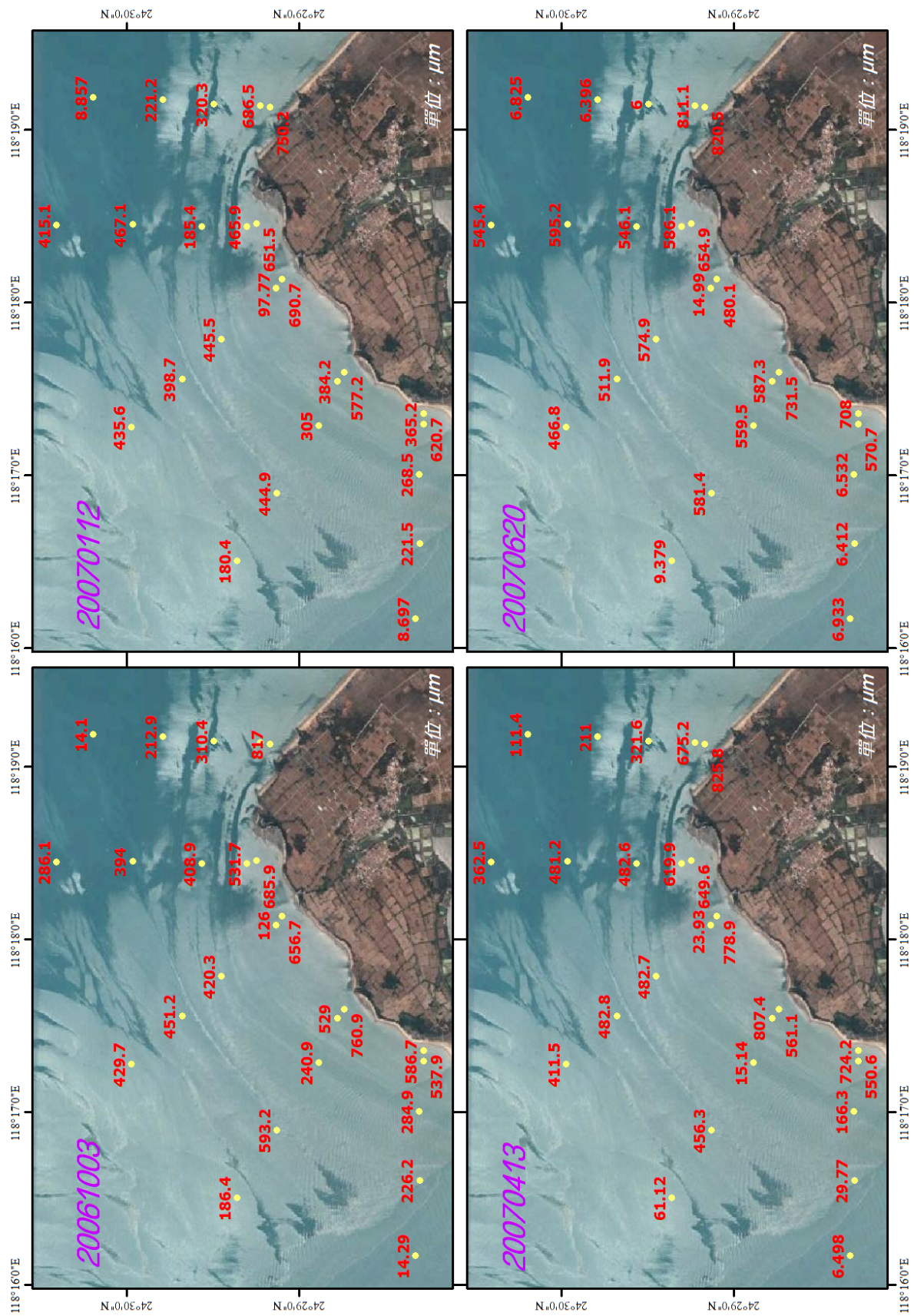
金門島的水系大致呈輻射狀分布，目前最大的河川為金沙溪，其次為前埔溪及山外溪。以往所記錄最大的浯江溪，已呈現乾涸狀態，下游地區並已水泥化成為加蓋水溝。大部份溪流平時都呈現涓涓細流的狀態，或是隱沒在豐水期河道之下草叢中成為帶狀的濕地。由於攔河堰的阻隔，河水的流速並不快，形成水深流緩的河道，而大部份河道及池塘均在布袋蓮的覆蓋之下不見水面。另在金門島中南部靠近機場的地區，由於集水區範圍小，河道平時都呈現乾涸狀態，僅有在大雨之後充當排水溝之用。因溪流量不足，金門地區主要水源以人工湖庫及地下水為主。

(二)沿海鄰近水系

與金門相比鄰的九龍江和晉江是閩南地區最大的兩條河流，其河口與本計畫區之地理位置示意，如圖 5 所示。兩水系之水文特性概要彙整如表下：

1、晉江

晉江發源於戴雲山脈的東坡，全長(從正源起到入海口止)為 182 公里。晉江流域包含東溪、西溪兩支流及兩溪匯流以下幹流，總流域面積約 5,629 平方公里。晉江下游河段底床質多為細砂和中砂，河床淤積現象強烈，河口段水流平緩，受潮汐影響顯著。



資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)，96 年。本計畫套繪。

圖 4、古寧頭附近海域漂砂採樣 D_{50} 分布圖

表 3、古寧頭附近海域漂砂採樣 D₅₀ 成果表

點位	座標 TWD97(UTM)		採樣日期				備註
	N	E	第一次 2006/10/03	第二次 2007/01/12	第三次 2007/04/13	第四次 2007/06/20	
L1-1	630663.9	2707019	537.9	620.7	550.6	708.0	粗沙
L2-1	631058.7	2707873	760.9	577.2	561.1	731.5	粗沙
L3-1	631957.1	2708544	656.7	690.7	778.9	480.1	中沙～粗沙
L4-1	632498.9	2708822	685.9	651.5	649.6	654.9	粗沙
L5-1	633638	2708691	817.0	750.2	825.8	820.5	粗沙
L1-2	630561.3	2707019	586.7	365.2	724.2	570.7	中沙～粗沙
L2-2	630965.9	2707945	529.0	384.2	807.4	587.3	中沙～粗沙
L3-2	631874.6	2708605	126.0	97.8	23.9	15.0	粉沙～細沙
L4-2	632467.5	2708925	531.7	465.9	619.9	586.1	中沙～粗沙
L5-2	633657.9	2708794	732.2	686.5	675.2	811.1	粗沙
L1-3	630068.8	2707059	284.9	268.5	166.3	6.5	粉沙～中沙
L2-3	630534	2708139	240.9	305.0	15.1	559.5	粉沙～粗沙
L3-3	631368.6	2709190	420.3	445.5	482.7	574.9	中沙～粗沙
L4-3	632464.6	2709409	408.9	185.4	482.6	546.1	細沙～粗沙
L5-3	633665.2	2709288	310.4	320.3	321.6	6.0	粉沙～中沙
L1-4	629392.1	2707047	226.2	221.5	29.8	6.4	粉沙～細沙
L2-4	629864.8	2708580	593.2	444.9	456.3	581.4	中沙～粗沙
L3-4	630974.3	2709605	451.2	398.7	482.8	511.9	中沙～粗沙
L4-4	632480.6	2710149	394.0	467.1	481.2	595.2	中沙～粗沙
L5-4	633702.9	2709833	212.9	221.2	211.0	6.4	粉沙～細沙
L1-5	628653.4	2707086	14.3	8.7	6.5	6.9	粉沙
L2-5	629205.9	2709000	186.4	180.4	61.1	9.4	粉沙～細沙
L3-5	630501.4	2710145	429.7	435.6	411.5	466.8	中沙
L4-5	632465.4	2710961	286.1	415.1	362.5	545.4	中沙～粗沙
L5-5	633718.9	2710584	14.1	8.9	111.4	6.8	粉沙～極細沙

註：1、資料來源：金門縣政府辦理，金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)，民國 96 年 9 月。本計畫整理。

2、依據 D.L. Inman(1965)分類，黏土(<4)、粉沙(4~62.5 μ m)、極細沙(62.5~125 μ m)、細沙(125~250 μ m)、中沙(250~500 μ m)、粗沙(500~900 μ m)、礫石(>900 μ m)。

依據石礮站統計，平均年逕流量約 163CMS(2000~2005 年統計，平均年逕流量約 48.8 億立方公尺)，年平均最大月流量出現在 6 月(占全年的 20%)，最小月流量出現在 1 月(占全年的 2.4%)；而 4~9 月汛期，逕流量占全年的 77%，非汛期僅占 23%。

晉江是福建四大河流中含沙量最多者，年平均含沙量約 0.39kg/m³(石礮站)，約為閩江的 2.8 倍，九龍江的 1.9 倍，但年輸沙量卻少於閩江及九龍江，年平均年輸沙量約 221.6 萬噸。1980 年以前因集水區開墾造成水土流失，致使泥沙量增加，而後由於政府立法加強了水土保持工作，近年來泥沙來源有逐漸減少趨勢。

2、九龍江

九龍江位於中國福建省南部，是中國福建省僅次於閩江的第二大河流，全長約公里。九龍江流域包含北溪、西溪兩大支流，其中北溪流域面積為 9,803 平方公里，西溪流域面積為 3,964 平方公里，總流域面積約 13,767 平方公里。

九龍江依據統計，平均年逕流量約 150 億立方公尺，年平均輸砂量約 223 萬噸。每年 4 至 8 月為豐水期，10 至翌年 2 月則為枯水期，由月平均流量分佈顯示(表 5)，九龍江枯水期和豐水期的差異十分明顯。由於河流淡水與海洋鹽水的強烈混合作用，加之潮汐、洋流和海浪的作用，泥沙在廈門及附近海域發生遷移、擴散、沈積等現象，有可能對金門島海岸之侵蝕和淤積造成影響。

四、海象

(一)潮汐

金門有兩長期潮位監測站，一設置於水頭，另一設置於料羅灣，兩測站之長期潮位統計資料彙整如表 6 和表 7 所示。就測站位置之分佈可推測，全島平均潮差介於 3.73~3.89m 之間。根據潮汐能量分類，屬中潮差(meso-tidal)能量。



圖 5、本計畫區與沿海鄰近水系之地理位置示意圖

表 4、晉江及九龍江水文特性概要

水系名稱	長度 (km)	流域面積 (km ²)	年平均逕流量 (億 ³)	平均含沙量 (kg/m ³)	平均年輸砂量 (萬噸)
晉江	182	5,629	55.02	0.39	221.6
九龍江	258	14,700	150	0.054 (河口灣內)	223

資料來源：金門縣政府辦理，金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3) (3/3)，民國 96、97 年。本計畫整理。

表 5、九龍江之月平均流量

時段	時段平均流量(m ³ /s)	
	浦南(北溪)	鄭店(西溪)
1~2 月	121	56
3~4 月	208.6	89.6
5~6 月	327.2	153.4
7~8 月	193.3	117.5
9~10 月	136.3	88.2
11~12 月	61.9	37.9

資料來源：金門縣政府，金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年 6 月。

(二)海流

就海流來說，可分為三種，分別為大洋洋流、季風洋流及潮流。金門地區由於鄰近九龍江口，因此其鄰近水域受潮流影響較大。整體而言，海流至大金門東側北碇航道一帶分流兩側，一至金門東北港道，一至北碇航道以南，因此其潮流於金烈水道以南漲潮為西向，以北漲潮為西北向，退潮為東南向；翟山一帶為西向；料羅灣內漲潮為西北向，退潮為東南向。相關海潮流狀況，如圖 6 所示（流速 $1 \text{ kn} = 0.514 \text{ m/sec}$ ）。

另外，根據中山大學在金門水頭商港附近實測之潮汐數據統計資料分析(民國 89~94 年，以水頭碼頭之最低低潮位為基準)，最高潮位為 6.43 m，最低潮位為 -0.09 m，平均高潮位為 4.89 m，平均低潮位為 1.37 m，歷年之平均潮位為 3.13 m，最大潮差為 6.31 m，平均潮差為 3.50m，最小潮差為 1.54 m。漲潮時其流向主要為 NE 及 NNE 方向（以 NE 為主），最大流速為 1.52m/sec，平均流速在 0.24~0.75 m/sec；而在退潮時其流向主要為 SW 及 SSW 方向（以 SW 為主），最大流速為 1.69m/sec，平均流速在 0.24~0.83m/sec 內。

金門縣政府於「金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫」於后江灣外海佈設資料浮標，測得 2013~2014 年一年春、夏、秋及冬季流玫瑰圖彙整如圖 7，整體的結果顯示潮汐流動以與岸線平行的 NE-SW 向往復流動。

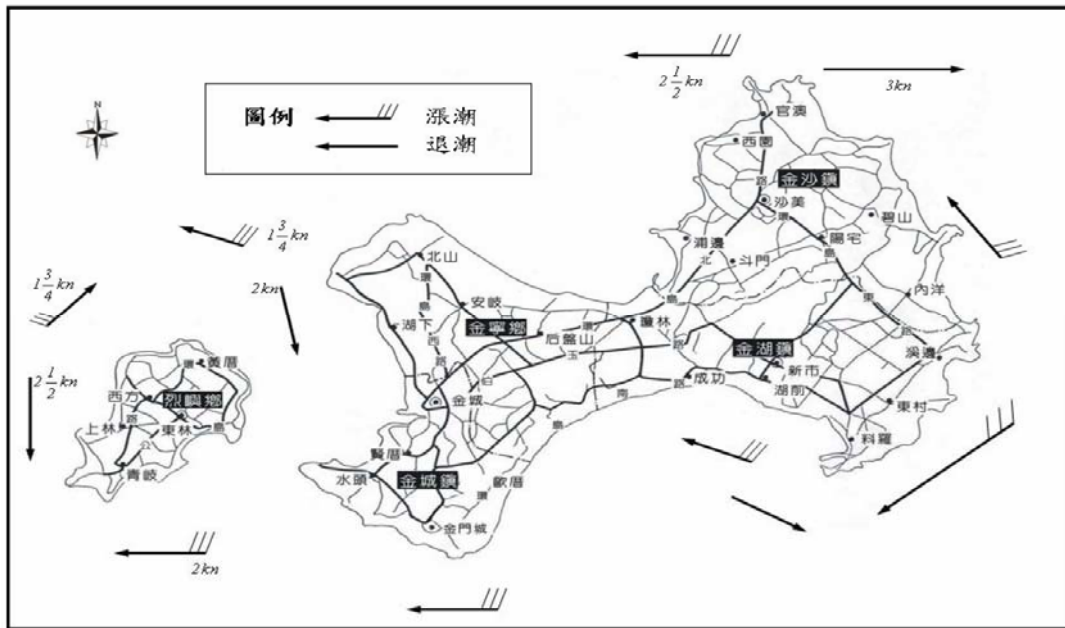
由前述各測站潮流流向觀測結果來看，漲潮由外洋向金門西側流進，退潮反方向流出，遇南北灣澳，則隨沿岸線方向流動。

表 6、金門水頭每月潮位統計表(2004-2013 年)

月份	最高高潮位 暴潮位(m)	最高 天文潮 (m)	大潮平均 高潮位(m)	平均 高潮位 (m)	平均 潮位 (m)	平均 低潮位 (m)	大潮平均 低潮位(m)	最低 天文潮 (m)	最低 低潮位 (m)
1	2.919	2.83	2.331	1.967	-0.024	-1.871	-2.674	-3.16	-3.36
2	2.901	2.96	2.337	1.913	-0.085	-1.911	-2.619	-3.17	-3.294
3	3.055	3.05	2.424	1.918	-0.104	-1.939	-2.552	-3.04	-3.191
4	2.991	2.96	2.394	1.871	-0.151	-1.96	-2.589	-3.14	-3.156
5	2.903	2.69	2.329	1.942	-0.077	-1.893	-2.65	-3.09	-3.209
6	2.876	2.60	2.233	1.929	-0.071	-1.901	-2.68	-3.11	-3.345
7	3.403	2.84	2.289	1.948	-0.097	-1.933	-2.692	-3.12	-3.377
8	3.139	3.14	2.431	2.074	-0.001	-1.904	-2.533	-3.07	-3.329
9	3.508	3.34	2.684	2.242	0.137	-1.818	-2.373	-2.92	-2.904
10	3.268	3.26	2.735	2.256	0.208	-1.734	-2.331	-3.05	-3.046
11	3.161	3.05	2.603	2.131	0.13	-1.748	-2.516	-3.07	-3.239
12	3.065	2.7	2.426	2.055	0.054	-1.81	-2.631	-2.99	-3.41
全年	3.508	3.34	2.432	2.021	-0.007	-1.868	-2.568	-3.17	-3.41

表 7、金門料羅灣每月潮位統計表 (2013 年)

月份	最高高潮位 暴潮位(m)	最高 天文潮 (m)	大潮平均 高潮位(m)	平均 高潮位 (m)	平均 潮位 (m)	平均 低潮位 (m)	大潮平均 低潮位(m)	最低 天文潮 (m)	最低 低潮位 (m)
1	2.732	2.59	2.236	1.913	0.03	-1.752	-2.558	-3.03	-3.312
2	2.81	2.79	2.242	1.873	-0.019	-1.827	-2.479	-3.04	-3.245
3	2.839	2.86	2.291	1.844	-0.065	-1.895	-2.457	-2.98	-3.112
4	2.942	2.77	2.272	1.8	-0.092	-1.884	-2.483	-3.1	-3.112
5	2.79	2.5	2.228	1.87	-0.034	-1.836	-2.55	-3.08	-3.158
6	2.913	2.25	2.104	1.84	-0.054	-1.855	-2.595	-2.97	-3.278
7	3.217	2.31	2.183	1.852	-0.062	-1.866	-2.545	-2.86	-3.339
8	3.183	2.95	2.331	1.967	0.001	-1.851	-2.536	-2.92	-3.461
9	3.396	3.17	2.505	2.074	0.116	-1.732	-2.29	-2.81	-2.976
10	3.115	3.10	2.532	2.095	0.193	-1.654	-2.231	-2.91	-3.009
11	2.999	2.80	2.486	2.073	0.156	-1.668	-2.315	-2.96	-3.132
12	2.881	2.46	2.335	2.006	0.114	-1.7	-2.468	-2.91	-3.275
全年	3.396	3.17	2.317	1.943	0.029	-1.789	-2.447	-3.1	-3.461



資料來源：「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究 (1/3)」，民國 94 年。

圖 6、金門潮流流速及流向

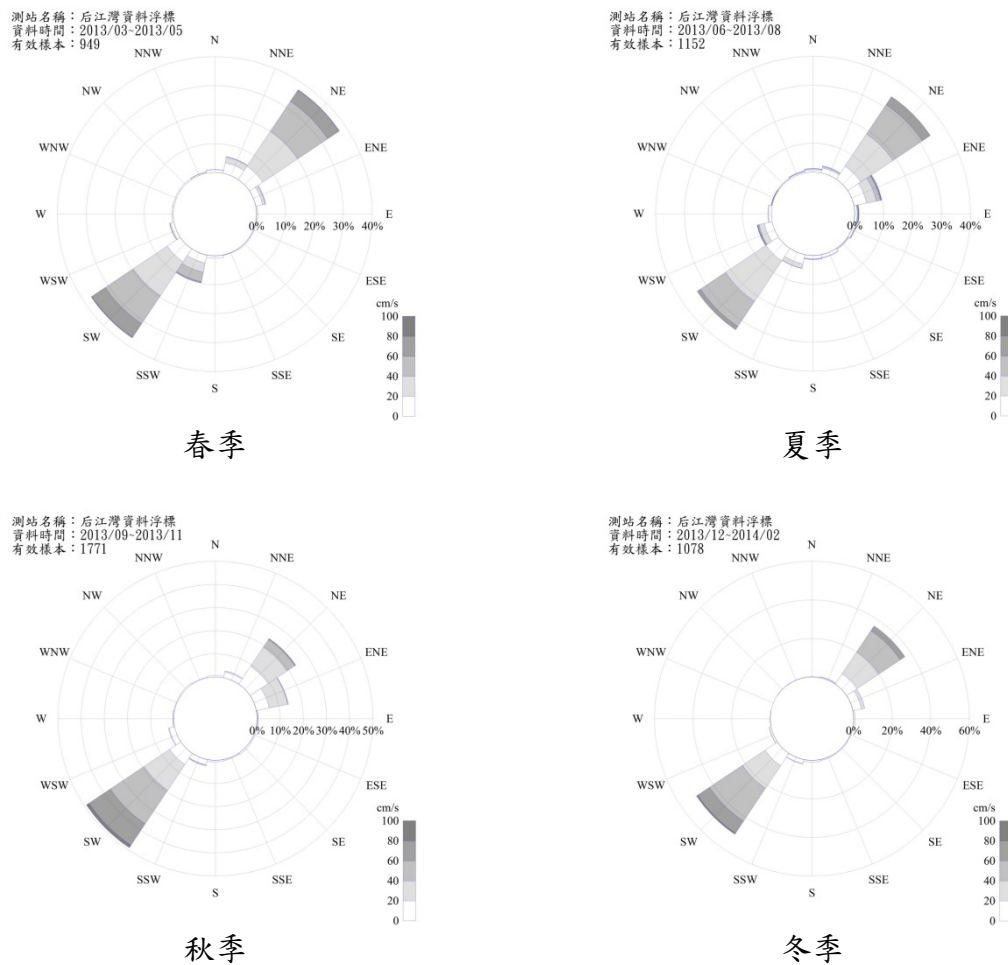


圖 7、后江灣浮標測站水流玫瑰圖

(三)波浪

本計畫區實測波浪資料甚少，以下就長期測站金門浮標以及鄰近計畫區之相關短期監測資料彙整。金門波浪長期測站金門浮標設置於料羅港南方海域約 4 公里，該處水深 25 公尺。測站相關監測資料整理如表 8。

另外，水頭港區興建工程自民國 89 年 6 月起實施環境監測迄今，該站以美國製 InterOcean S4ADW 方向性潮波流儀實測波浪，根據其 89 年 6 月至 92 年 7 月實測結果，H1/3 波高均集中在 10~40cm，T1/3 週期多集中在 5~7 秒之間，本區大浪方向主要來自於 N、NE 及 SE 向，但由於受地形遮蔽，風浪均較小，難有大浪形成，僅南邊岬角受湧浪影響，風浪較大。

另本計畫亦蒐集金門縣政府辦理之「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫在古寧頭附近海域實測波浪聯合機率統計表資料，如表 9 和表 10 所示。

至於大小金門間及鄰近大陸區域由於受地形遮蔽影響，夏季南向波浪受金門港道外側之金門淺灘地形淺化影響，可進入金門港道且抵達海岸地區之波高均偏低，而冬季波浪以 NNE 向居多，但受大小金門島嶼及廈門島間地形遮擋，風域有限，波高亦不大。

金門縣政府於「金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫」於后江灣外海佈設資料浮標，測得 2013~2014 年間春、夏、秋及冬季波浪玫瑰圖，彙整圖 8 所示。因后江灣北有廈門遮蔽，波高相對較小，監測期間最大示性波高皆小於 2 m，主要波向來自 NNE 及 NE。

表 8、金門浮標每月波高統計表(2000-2013 年)

月份	觀測次數	最大示性波高				平均示性	平均週期	示性波高分佈百分比			
		波高(m)	尖峰週期(秒)	波向(度)	發生時間	波高(m)	(秒)	小於0.6m	0.6~1.5m(小浪)	1.5~2.5m(中浪)	大於2.5m(大浪)
1	7837	3.48	10.4	67	20110109	1.25	5.2	12	57.5	28.9	1.3
2	7054	3.73	6.9	0	20010224	1.13	5.2	23.1	51.4	23.3	1.84
3	7309	3.73	8.7	67	20110316	1.05	5.1	26.9	52.2	19.3	1.53
4	7474	3.18	8.7	123	20070402	0.86	4.9	38.4	51.5	9.76	0.23
5	7702	6.34	-	101	20060518	0.76	4.7	43.8	50.6	5.15	0.38
6	7197	5.33	-	123	20090621	0.85	4.7	28	66.8	4.5	0.41
7	7403	3.74	9.5	180	20080729	0.87	4.8	29.2	62.9	7.16	0.83
8	7913	4.84	9.5	0	20050813	0.89	5.1	30.8	58.9	8.92	1.3
9	7205	9.12	11.6	112	20100920	1.00	5.1	23.1	62.9	12.4	1.66
10	7355	6.12	11.6	168	20101023	1.27	5.1	9.15	62.6	25.9	2.23
11	7877	4.36	10.4	90	20091102	1.30	5.3	9.85	56.4	32.2	1.5
12	8442	3.4	9.5	90	20111209	1.30	5.3	8.92	59	30.7	1.64

表 9、古寧頭實測波浪聯合機率統計表

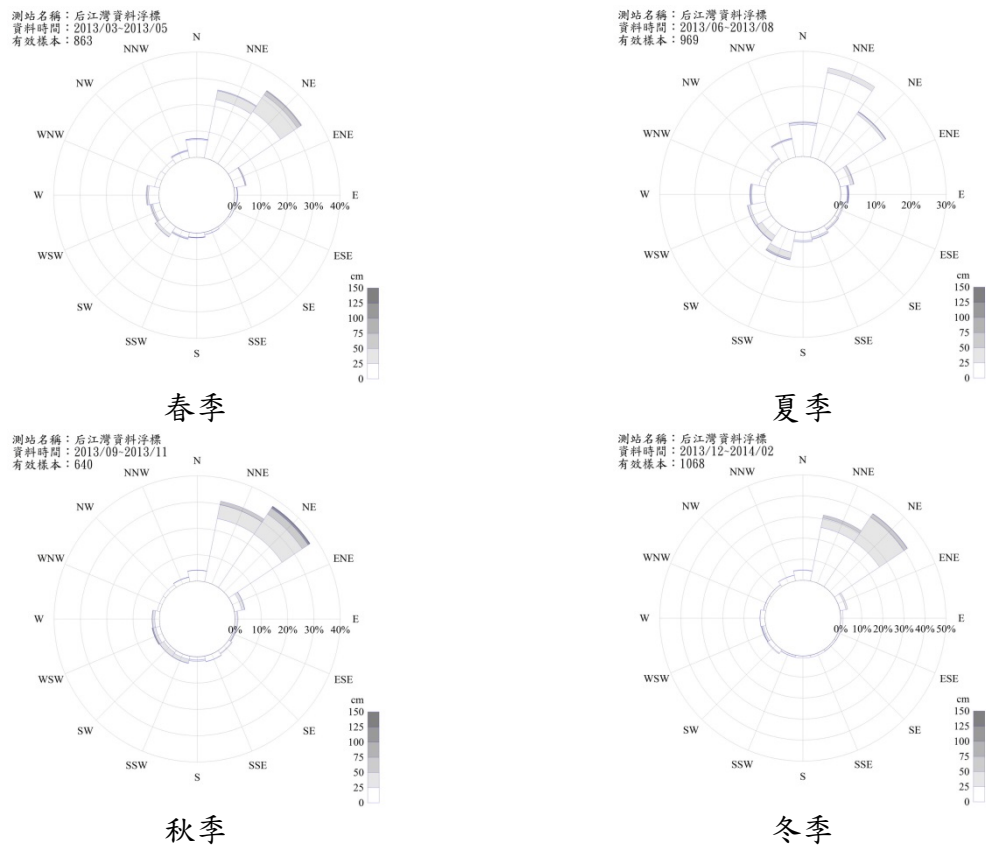
DIR	Wave Height $H_{1/3}$ (cm) (監測時間：2006/10/13-2007/01/11)					
	0-25cm	25-50cm	50-75cm	75-100cm	>100cm	SUM (%)
N	2.46	1.16	0.46	0.28	0.05	4.40
NNE	2.64	1.11	0.56	0.09	0.14	4.54
NE	1.95	1.11	0.19	0.09	0.09	3.43
ENE	2.69	0.93	0.19	0.09	0.00	3.89
E	3.38	1.39	0.32	0.09	0.09	5.28
ESE	3.99	2.18	0.79	0.05	0.14	7.14
SE	4.22	2.27	0.74	0.14	0.05	7.41
SSE	4.22	1.85	0.79	0.09	0.09	7.04
S	5.98	1.71	0.46	0.28	0.09	8.53
SSW	5.47	1.95	0.70	0.23	0.05	8.39
SW	4.45	2.04	0.79	0.19	0.09	7.55
WSW	3.48	2.22	0.60	0.00	0.00	6.30
W	3.29	2.41	0.65	0.05	0.19	6.58
WNW	4.08	2.78	0.88	0.23	0.23	8.20
NW	3.20	2.09	0.56	0.09	0.14	6.07
NNW	2.78	1.67	0.51	0.14	0.14	5.24
SUM (%)	58.25	28.87	9.18	2.13	1.58	100.00

資料來源：金門縣整府，金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)，96 年。

表 10、古寧頭實測波浪聯合機率統計表

DIR	Wave Height $H_{1/3}$ (cm) (監測時間：2007/01/12-2007/04/13)					
	0-25cm	25-50cm	50-75cm	75-100cm	>100cm	SUM (%)
N	2.75	0.69	0.09	0.05	0.05	3.63
NNE	2.71	0.37	0.05	0.05	0.00	3.17
NE	2.52	0.50	0.14	0.09	0.00	3.26
ENE	2.89	0.50	0.09	0.00	0.00	3.49
E	4.41	0.96	0.14	0.05	0.00	5.55
ESE	6.84	1.29	0.28	0.05	0.05	8.49
SE	6.38	1.15	0.18	0.14	0.05	7.89
SSE	5.51	1.15	0.23	0.14	0.00	7.02
S	4.96	1.06	0.41	0.09	0.09	6.61
SSW	6.38	1.70	0.50	0.18	0.09	8.86
SW	6.43	1.15	0.32	0.14	0.09	8.12
WSW	4.86	1.19	0.55	0.00	0.14	6.75
W	6.01	1.47	0.41	0.09	0.14	8.12
WNW	5.37	1.19	0.37	0.05	0.00	6.98
NW	5.19	1.06	0.41	0.14	0.09	6.88
NNW	3.90	0.92	0.28	0.05	0.05	5.19
SUM (%)	77.10	16.34	4.45	1.29	0.83	100.00

資料來源：金門縣整府，金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)，96 年。



資料來源：金門縣政府，金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫，102 年。

圖 8、后江灣浮標測站波浪玫瑰圖

五、金門沿海牡蠣養殖概況

(一)發展沿革

金門地區的潮間帶寬廣，潮差大和泥沙底質，是極適合牡蠣生長的环境，而牡蠣也是金門地區最重要的水產養殖種類。金門先民對牡蠣養殖的利用可上溯至六千多年前，根據考古學家陳仲玉教授調查研究，發現金門東半島的金龜山及浦邊二處貝塚遺址，有大量牡蠣殼，顯見六千多年前，牡蠣在金門先民生活中的重要性。

金門的牡蠣養殖起源甚早，早期養殖方式以石條式養殖為主。石條式養殖相傳起源於明朝萬曆癸末年(西元 1583 年)間，由進士李獻可自同安、惠安引進於現今古寧頭一帶，前後至今已有 430 年的歷史。而石條式養殖的高峰期約在民國 20 年左右，當時蚵石總數高達二百餘萬塊，後因養殖用地被軍方徵用及人口外移，在疏於管理及人口外移被泥沙埋沒等情況下，蚵石流失甚多。

(二)金門牡蠣養殖方式演進

牡蠣的養殖方式，隨著養殖技術精進而改變。有鑑於傳統石條式養殖費時費力，金門縣水產試驗所於民國 65 年由農復會輔助自台引進插筴式養殖方式，初期以竹子為附苗材質，後因竹子不耐久用約二年即需更新，蚵民意願不高，遂改以塑膠蚵支取代。

民國 74 年，金門縣水產試驗又引進深水棚架式養殖法，因所需資本稍鉅且地區潮差大、流速強，棚架固定不易，遇有颱風侵襲時養殖設施易遭破壞，嚴重減弱蚵民投資意願，過去僅在復國墩、峰上及小金門外側一帶仍見幾棚，目前已無採此種方式養殖。

民國 77 年，金門縣水產實驗所開始推廣平掛式牡蠣養殖法，於適當間格使用竹材製成棚架，間距約 2~3 公尺，自台灣地區引進「秋苗」進行掛養。由於此方式可節省人力和養殖時間，並提昇養殖密度，而且牡蠣成長快速，漁民於是大量採用，至今已成為金門最重要的養殖方式，目前平掛式養殖面積僅次於石蚵養殖範圍。

金門牡蠣的養殖方式，從早期效率較低的石條式養殖方式，逐漸演進改良至現今的平掛式養殖，而目前沿岸仍可見到各種不同養殖方式，其特性及分布概況如表 11 及圖 9 所示。

(三)養殖區分佈及範圍

牡蠣養殖區一般多選擇於海況條件相對穩靜，且潮間帶開闊寬廣之近岸泥灘地，以避免受到風浪侵襲而影響牡蠣生長與生產。依據金門水產試驗所「金門牡蠣養殖產業調查與發展之研究」(民國 103 年)計畫根據金門縣政府委託之航測空照圖分析，金門沿岸牡蠣養殖分佈面積約為 227.42 公頃。其中，又以洋江灣、雞鳴山至后沙、古寧頭及湖下一帶分佈範圍較大。目前金門沿海牡蠣養殖分佈及範圍，如圖 10 及表 12 所示；而於本計畫範圍內，則以採石條式及平掛式兩種養殖方式為主。

(四)養殖產業概況

金門淺海養殖漁獲主要為牡蠣，依據中華民國台閩地區漁業統計年報及金門統計年報資料(如表 13)，金門淺海養殖平均年產量約 158 公噸，產值約 2,225.9 萬元，而牡蠣養殖部分，平均年產量即約 140 公噸，約佔淺海養殖總產量的 88.9%；另與金門其他漁獲量比較，牡蠣漁獲量約佔總漁獲量的 29.6%。由此顯示，牡蠣養殖產業為金門重要的漁業經濟來源之一。

而牡蠣產銷部分，當地量產較多時，多銷售至金城、水頭等地之餐廳，或供給石蚵文化節使用；量少時，則多至當地市場自售或交由攤販零售，少部分則自用。牡蠣銷售價格隨產量影響波動，依據金門水產試驗所「金門牡蠣養殖產業調查與發展之研究」計畫調查，今年(民國 103 年)因牡蠣產量減少，大金門地區每公斤銷售價格約介於 300 至 360 元不等，而小金門產量雖較不受影響，但銷售價格亦介於 240 至 280 元間不等，皆普遍高於澎湖及台灣本島(台南及嘉義)等主要產區甚多(民國 103 年每台斤銷售價格約 120～180 元之間)。

表 11、金門牡蠣養殖方式及特性概況表

名稱	主要分布區域	特徵 目前養殖數量	養殖方式
石條式	北岸和西海岸：金城南門、湖下、古寧頭、嘮口、后沙、瓊林、劉澳、呂厝、洋山、西園、官澳，及烈嶼的上林、黃埔、雙口、西口等地區	金門地區最傳統的養殖方式	將花崗岩裁成約高 1 米、寬 30 公分、厚 10 公分的石條，並於蚵田立石採苗，採到之蠣苗就地繼續養成，若蠣苗過密，需適當進行人工稀疏，以利成長。
插筴式	津門、南門、湖下、嘮口、瓊林、浦邊、呂厝、西園，及烈嶼的湖下、上林、西口等地區	增加單位面積的養殖產量 102 年度補助 95 人，共 77,100 支	竹子或塑膠支採苗養殖，適用於風平浪靜、流速緩慢、軟泥或泥沙底質的潮間帶
垂下式	金湖鎮的復國墩、峰上、料羅、新湖漁港、金城鎮的水頭，烈嶼鄉東崗等海域	於較深海域放養 目前已無養殖	以竹支搭設棚架，可用保麗龍或其他浮具為浮材，並錨碇固定於海面。適用於退潮時水深 4m 以上的穩靜內灣
平掛式	金城鎮水頭、南門、金寧鄉的湖埔、安岐、嘮口、金湖鎮的瓊林、金沙鎮的劉澳、呂厝、洋山、西園，及烈嶼的上林等	減少養殖空間及人力耗損 103 年 48 戶 14,100 串	每公頃一百個養蚵架，每架面積 30*3 公尺，蚵串橫掛於棚架之間。適用於海灘坡度較小、干潮露空時間短，底質為泥或此沙泥、風平浪靜的場地
延繩式	小金門西側海域	於較深海域放養	

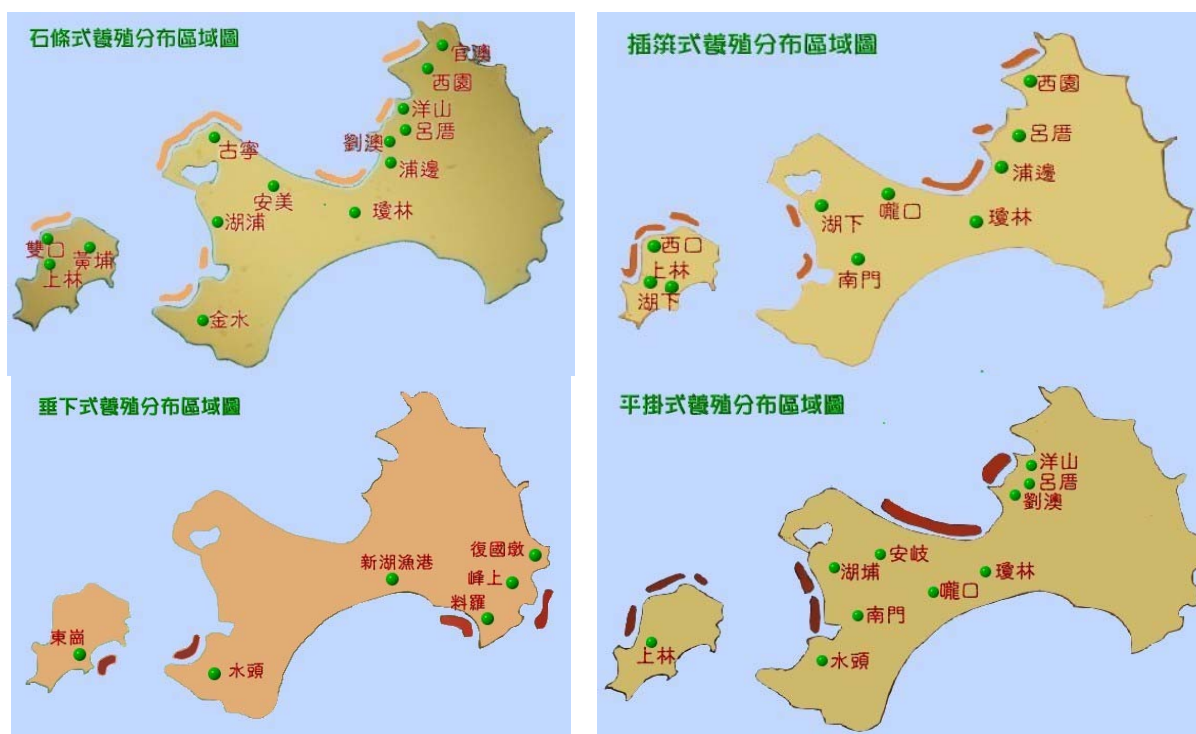
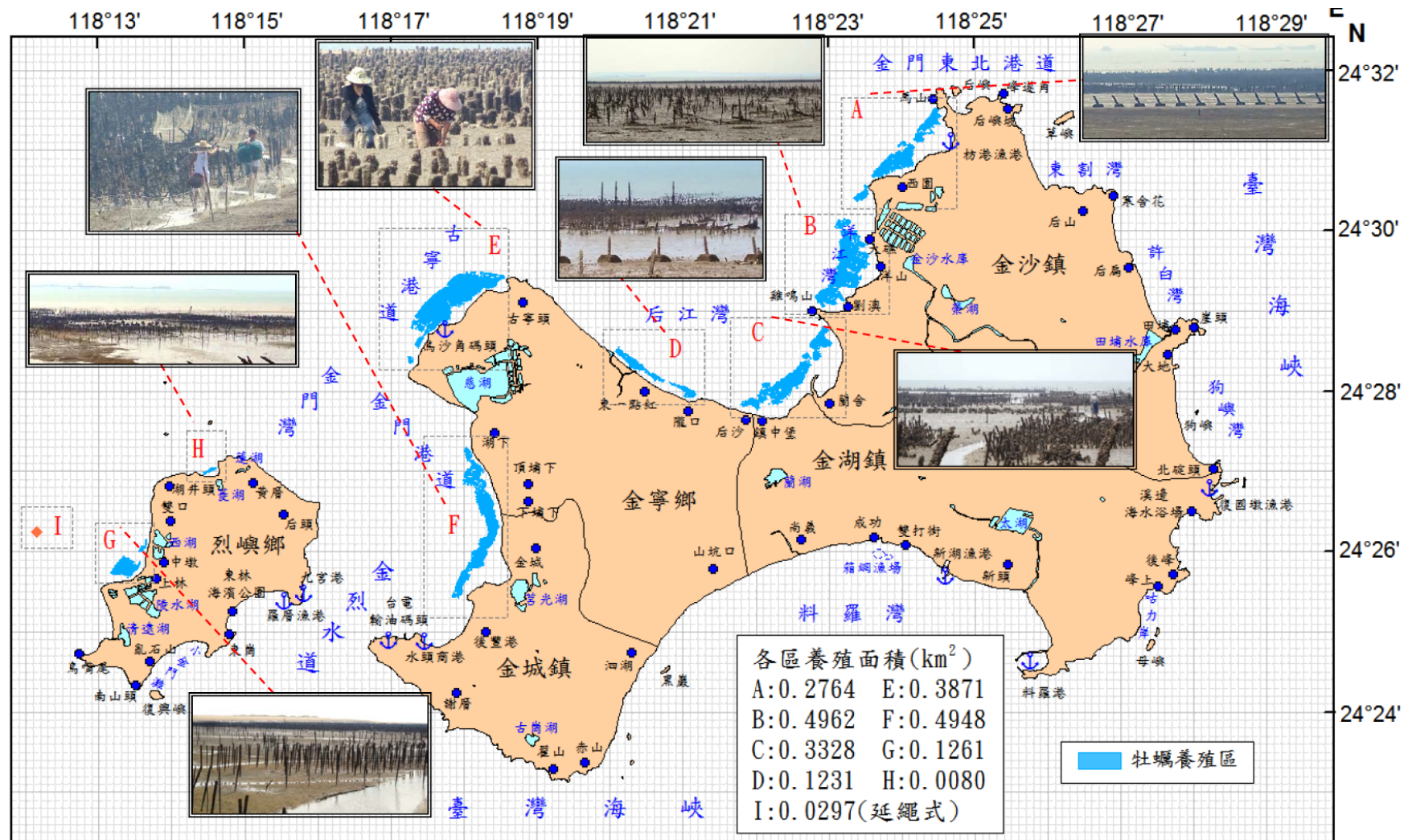


圖 9、金門沿岸不同牡蠣養殖方式之分佈區域圖



資料來源：金門水產試驗所，金門牡蠣養殖產業調查與發展之研究，民國 103 年。

圖 10、金門縣牡蠣養殖區之分布與範圍

表 12、金門沿海牡蠣養殖分佈

分區	分佈範圍	養殖面積 (公頃)	養殖類型	備註
A	馬山至西園	27.64	石條式、插簍式	
B	洋江灣沿岸(大礁至雞鳴山)	49.62	石條式、插簍式、平掛式	
C	雞鳴山至后沙	33.28	石條式、插簍式、平掛式	
D	隴口至湖尾溪口	12.31	平掛式	
E	古寧頭至烏沙角	38.71	石條式	
F	湖下至水頭商港北側	49.48	石條式、插簍式、平掛式	
G	雙口至上林	12.61	插簍式、平掛式	烈嶼
H	紅山北側沿岸	0.80	石條式、插簍式、平掛式	烈嶼
I	上林西北側海域	2.97	延繩式	
合計		227.42	-	-

資料來源：金門水產試驗所，金門牡蠣養殖產業調查與發展之研究，民國 103 年。本計畫整理。

表 13、金門牡蠣養殖產業概況統計

年別	淺海養殖 ^{註1}		漁獲(公斤) ^{註2}			養殖面積 ^{註1} (公頃)
	產量 (公噸)	產值 (千元)	金門總漁 獲量	牡蠣	佔主要漁獲比例	
2003	261	18441	518,700	222,760	42.95%	935
2004	233	14912	550,641	203,576	36.97%	935
2005	132	10165	484,536	112,836	23.29%	949
2006	116	14730	515,014	96,288	18.70%	973
2007	141	22797	499,094	114,617	22.97%	971
2008	109	16629	433,777	93,247	21.50%	973
2009	165	29262	518,474	149,345	28.80%	983
2010	117	23066	422,639	109,515	25.91%	220.4
2011	162	38959	402,092	162,330	40.37%	237.5
2012	140	33624	404,510	140,100	34.63%	237.5
平均	158	22259	474,948	140,461	29.57%	-

註：1.資料來源：中華民國台閩地區漁業統計年報。

2.資料來源：101 年度金門統計年報。

參、牡蠣養殖生產區淤泥影響評析

本章乃蒐集計畫區內牡蠣養殖生產區之淤泥沉積概況，包括受淤泥影響之生產區分佈範圍、影響程度等，俾利掌握現有海岸環境現況及淤泥影響情勢，俾利後續因應改善對策之研擬；茲就現階段研析成果說明如下。

一、淤泥對牡蠣生產區造成之影響

由前章所述之牡蠣養殖之方式，大致可歸納為底定式(石條式及插筴式)及垂掛式(垂下式、平掛式及延繩式)兩種殖生方式；其中，又以底定式養殖區域所受淤泥的衝擊影響最大。淤泥對牡蠣生產區之影響主要有兩部分，其一牡蠣生長環境條件劣化，另一則為養殖作業環境條件改變。

(一)牡蠣生長環境條件劣化

近年來，金門縣水產試驗所為因應沿海牡蠣養殖產業屢發生牡蠣減產情事，亦積極投入相關調查與研究，期能釐清原因，並研擬相關解決因應對策，而依據 103 年「金門石條式牡蠣養殖生產區環境與牡蠣健康監測」計畫初步調查研判，牡蠣發生病變可能與生殖、密度太高、季節性或其他外在影響因素有關。

牡蠣透過吸、排海水之過程，藉以完成呼吸與濾食浮游生物，維持生長；而潮間帶泥灘地因富含有機營養物質，有利於牡蠣生長，故向來為優良的牡蠣養殖區。然而，由過去相關調查研究資料顯示，潮間帶底質以細粒沉積物為主，易受海洋波、流營力作動，致使底質泥沙揚起懸浮，造成水域呈現高度混濁狀態，有影響牡蠣品質與存活率之虞。為瞭解金門沿海懸浮質濃度變化情形，本計畫另蒐集整理環保署於金門海域之水質監測站(圖 11)資料，將各測站近 10 年之懸浮質濃度變化整理如圖 12 及表 14 所示。

由歷年監測成果顯示，金門海域懸浮質濃度於冬、春季期間較高，普遍多在 20~30mg/L 之間，部分年份因採樣期間適逢惡劣海

況，底床質受到較大波流擾動而揚起，致使懸浮質濃度可高達 40~60mg/L；而其餘時期，海域懸浮質濃度的變化多在 10mg/L 以下。而就本計畫區內之后江灣而言，其懸浮質濃度以第一季最高，平均約 28.3mg/L，其次則是第四季，平均約 14.3mg/L；而第三季與可能受到颱風季節影響，其數值約與第四季相當。

而參考懸浮質濃度對海域生物影響相關資料(表 15)可知，一般懸浮質濃度在 700mg/L 以下時，對牡蠣生長並無顯著影響，而當粉土懸浮質濃度達 188ppm 時，則牡蠣卵(即蚵苗)有 22%成長受影響。因此，若僅對照前述懸浮質調查結果來看，近年來后江灣一帶海域之懸浮質濃度變化，尚不至於對牡蠣生產區造成影響。

然而，懸浮質濃度變化隨各段海域環境條件而異，亦與監測調查採樣時間點有關，故前述監測時間點以外，亦有可能因劇烈外在條件影響，造成懸浮質濃度飆升。以上述調查為例，歷次調查中僅 2009 年第四季取樣調查時間恰於歷年當月最大波高發生時間(2009/11/02)重疊，而調查結果其懸浮質濃度已為金烈水道近 10 年來最高者，但就波浪而言，其所測得之最大示性波高僅 4.36m，在歷年各月統計中，約排序第六，且同一時期於后江灣測點之懸浮質濃度卻甚低。因此，單僅由目前可參考之懸浮質監測資料，尚不足以評析懸浮質濃度變化對牡蠣養殖區之影響，故後續於牡蠣養殖區淤泥影響探討時，建議可針對所關注岸段之海域，進行懸浮質濃度監測項目，俾利研判近岸海域懸浮質濃度變化對養殖區之影響。

(二)造成養殖作業的不便

金門石條式牡蠣養殖的過程極度仰賴人力，從蚵石的安置處理至擎蚵收成，皆需由人工作業完成，而養殖區內可作業環境，則與潮水海流影響有密切關係。石條式養殖於潮間帶之布設方式，依潮水漲落情況，可區分小水仔、半勻及徹底等三種蚵埕型態：



圖 11、環保署金門海域海域水質監測站分佈

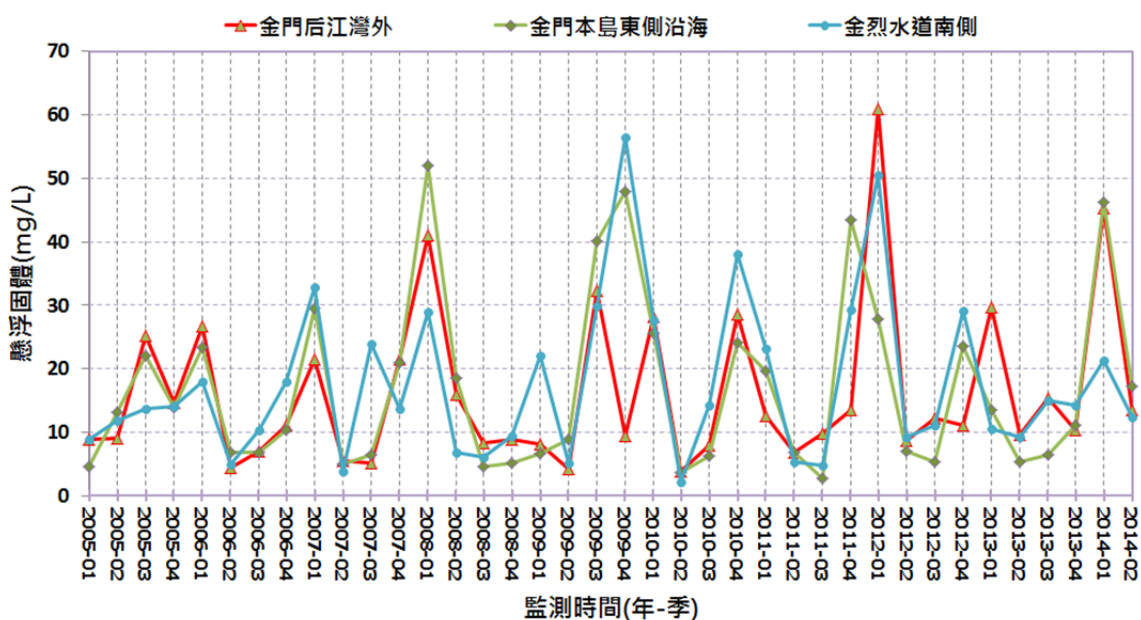


圖 12、金門海域歷年懸浮固體監測成果

表 14、金門后江灣外海域懸浮固體監測成果

海域-監測站		金門沿海海域-金門后江灣外 (單位：mg/L) [經度,緯度]=[118.3522800, 24.4665260]										最大	最小	平均
季別	採樣期間	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
第一季	1-3 月	8.8	26.8	21.5	41.0	8.1	28.3	12.6	60.9	29.7	45.3	60.9	8.1	28.3
第二季	5 月	9.0	4.5	5.5	16.0	4.3	3.9	6.8	8.7	9.7	13.5	16.0	3.9	8.2
第三季	8 月	25.3	7.1	5.2	8.3	32.4	8.0	9.8	12.3	15.3	13.1	32.4	5.2	13.7
第四季	10-11 月	14.6	11.1	21.5	8.9	9.4	28.6	13.5	11.1	10.3	-	28.6	8.9	14.3

資料來源：行政院環境保護署全國環境水質監測資訊網，本計畫整理。

表 15、懸浮質濃度對海域生物影響相關資料

生物	存活情形
雙殼貝類,bivalve	1000ppm 不影響其攝取養份,在低濃度水體生長速度較純淨水體快速
圓蛤蜊卵,quahog	4000ppm 正常生長
蛤蜊卵,calm	3000~4000ppm 生長不正常
小蛤蜊,larvae	4000ppm 無顯著死亡率
16 種成魚 adult fish	大部份的魚在 10000ppm 可持續存活超過一星期,20000ppm 則有下述不正常反應:暫時浮游水面呼吸、傾身在水面停留數分鐘、側身以不尋常姿勢浮游約 30 分鐘、超過 175000ppm 會死亡
黃、白鱸、司巴思魚 striped bass	500ppm 仍不影響魚卵成功孵化及幼魚的成長,100ppm 僅會延遲其孵化期間數小時
牡蠣,oyster	700ppm 無顯著影響
牡蠣卵,oyster egg	188ppm 粉土(silt)有 22%成長受影響 高嶺土(kaolin)或漂布泥(fuller's earth)則 1000~2000ppm 無影響
雙殼貝類,bivalve	在低濃度水體生長速度較純淨水體快速
龍蝦,lobster	港池浚渫懸浮質 1600ppm 仍正常生長
出海口魚類分三種 1.高耐受性魚類 2.敏感性魚類 3.高敏感性魚類	高於 10000ppm 持續 24 小時有 10%死亡率 介於 10000 及 1000ppm 間持續 24 小時有 10%死亡率 低於 1000ppm 持續 24 小時有 10%死亡率
鰕魚,english sole 鱸,shiner perch	大洪水造成 6000ppm 持續 15 天,造成魚類死亡
魚	大洪水造成 6000ppm 持續 15 天,造成魚類死亡

資料來源：鄧(1995)，海域抽砂懸浮細料模擬及其對海域生態影響研究，第 17 屆海洋工程研討會暨 1995 兩岸港口及海岸開發研討會論文集，1995。

- ◎ 小水仔：蚵埕布置較靠近陸側，在小潮水退潮時可以擎蚵的範圍內，通稱為小水仔。此方式因較靠近岸邊，優點為便於養殖作業，但亦因由養殖之牡蠣吃水的時間較短，生長水域較淺，相對可接收之營養源亦少，故小水仔牡蠣的顆粒小、收成較差，一般而言蚵石也較少採此種方式布設。
- ◎ 半勻：蚵埕布置於中潮水可以擎蚵的區域，稱為半勻。中潮水的日子，都介於大潮水與小潮水之間。由於半勻的深度適當，牡蠣生長良好，擎蚵收成量也最多，故目前石條式養殖之蚵埕多以半勻方式布設。
- ◎ 徹底：自半勻等界線至大潮水中止線，在此範圍內之蚵埕均稱為徹底。此類蚵埕之蚵石生長的牡蠣顆粒大，但因深度較深，潮水漲退的時間短，擎蚵作業不易，加上最外圍水域易受魚蟹食用影響產量，故早期所設置的徹底蚵埕普遍多已荒廢，目前較深水處之養殖多採垂下式或延纜式。

由上述蚵埕所在之環境樣態可知，石條式養殖作業環境多數時間仍有一定的浸水深度，作業時有一定的危險性，而為便於養蚵作業，金門縣政府於沿岸養殖區之沙灘與潮間帶間，已闢建數條便道供蚵農通行(照片 2)，此亦為淤泥所增加的社會成本。惟若灘地持續呈現淤積趨勢，勢必增加蚵農進出作業的難度。



照片 2、石蚵生產區灘地之聯通便道

二、牡蠣生產區受淤泥影響之範圍及程度

金門沿岸以石條式及插筴式這兩類底定式養殖區域，受淤泥影響較為顯著，但因插筴式現多改以塑膠蚵枝，易於採收及佈放調整，故其受淤泥影響相對較為輕微，主要仍以石條式養殖區域受淤泥影響最為顯著。而本計畫區內之古寧頭沿海一帶，乃為目前金門主要石條式牡蠣養殖分佈區域，亦為目前民眾反應有灘地淤積影響的區域之一(照片 3)。



(a)灘地淤泥沉積

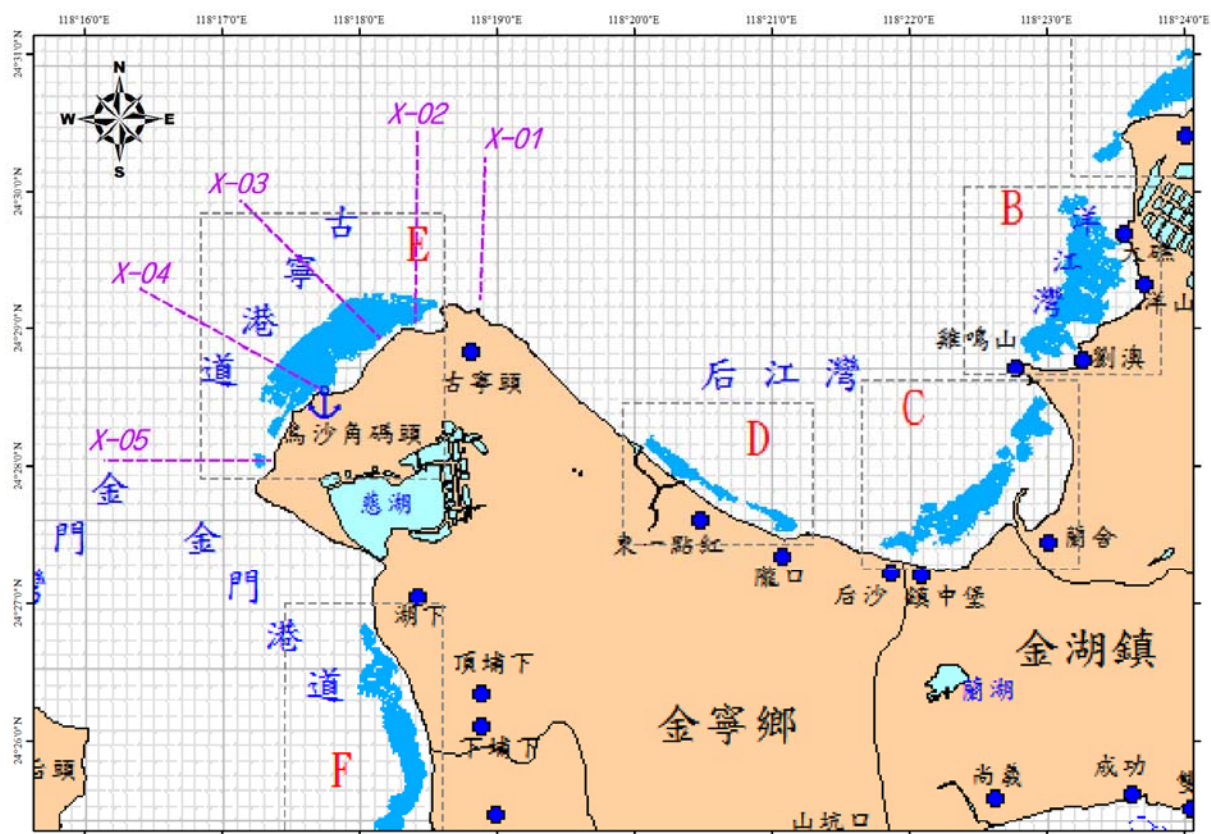


(b)石條淤埋情形

照片 3、古寧頭石條式養殖生產區現況

惟古寧頭附近海岸，過去僅有「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)」計畫分別於 95 年 10 月及 96 年 4 月間各進行一次地形測量，其成果斷面與養殖區位置套繪結果如圖 13 所示。由該資料成果顯示，古寧頭西側沿岸一帶，蚵埕主要分佈在 EL.0.0~2.0m 附近，即約介於平均潮位至平均高潮位之間。經兩次施測結果，除 X-04 斷面近岸 0~560 公尺有刷深現象外，其餘蚵埕區地形並無顯著變化。

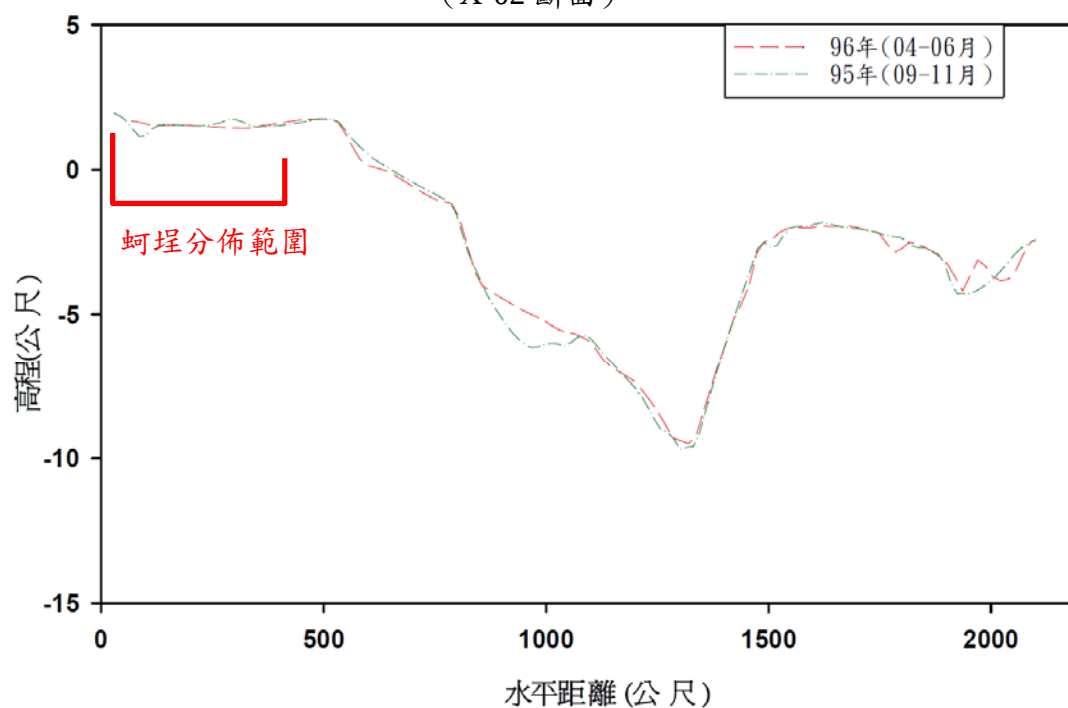
至於牡蠣生產區受淤泥影響之範圍及程度部分，因現階段尚無較充足之地形監測資料可供輔助研判，故現階段僅能就實際勘查情形推測淤積情勢。



註：本計畫套繪。

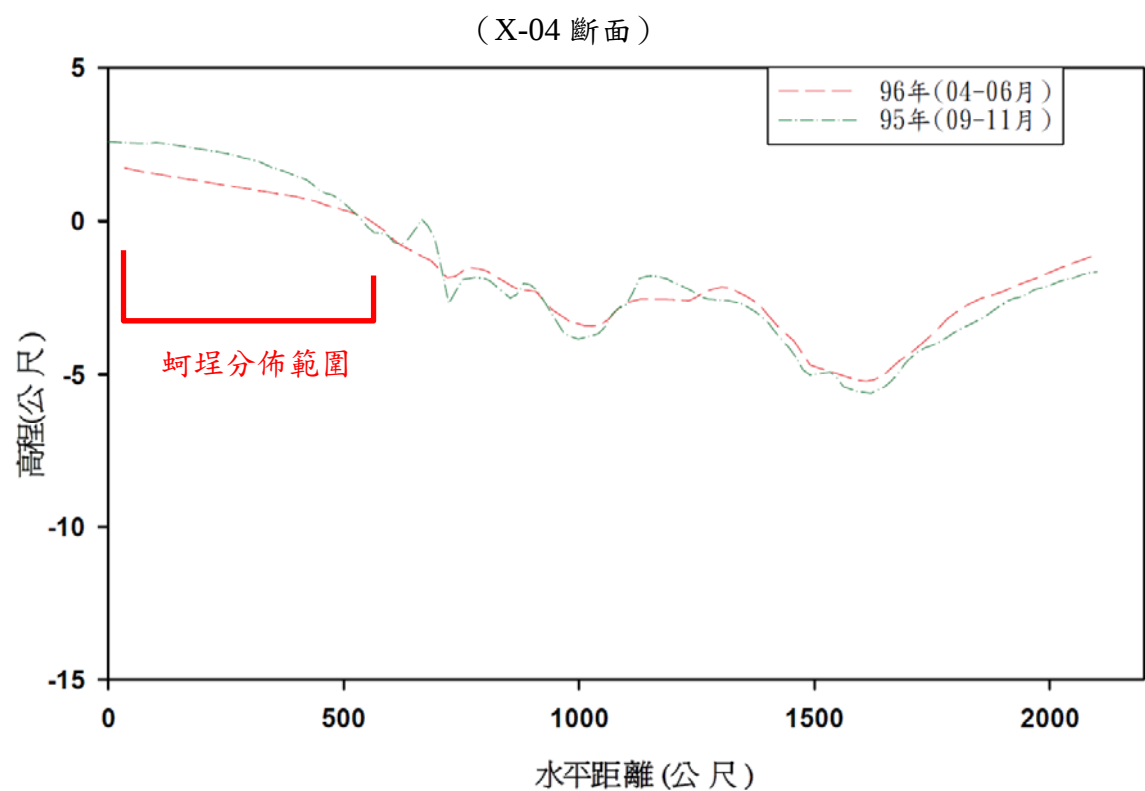
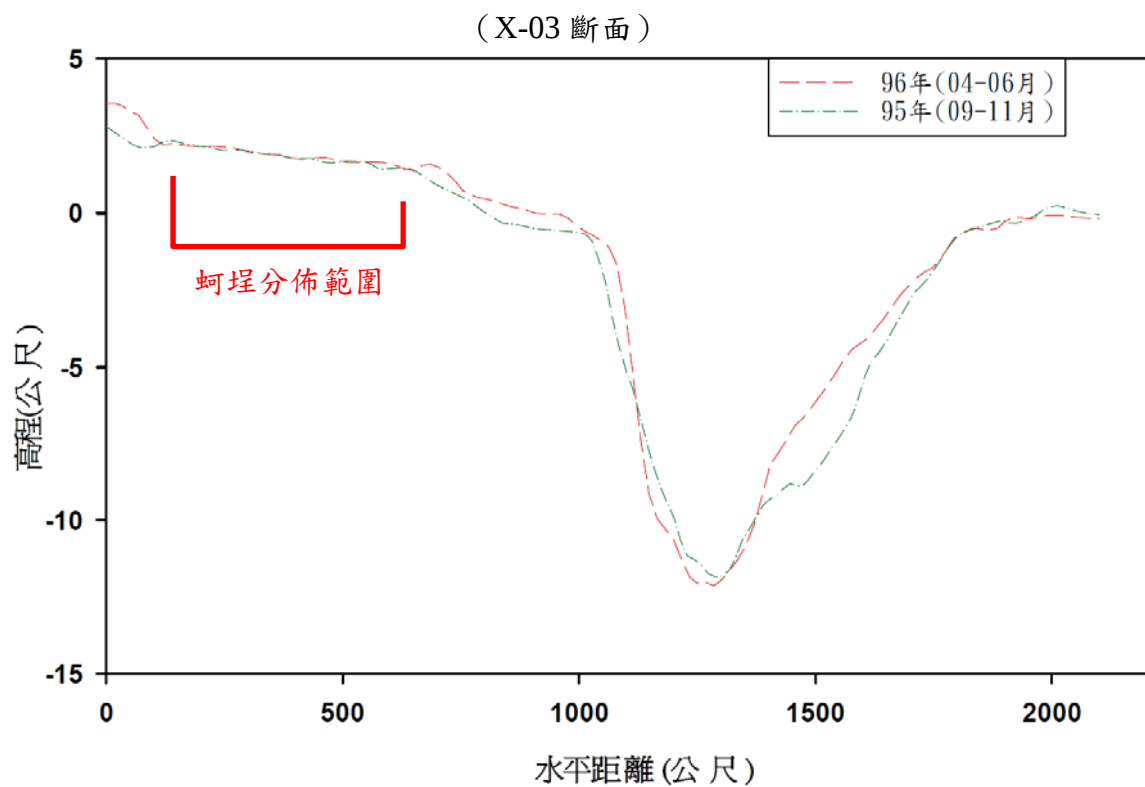
圖 13、地形監測斷面分佈圖

(X-02 断面)



資料來源：

圖 14、古寧頭海域地形斷面比較圖(1/2)



註： 摘自金門縣政府「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)」，民國 96 年 9 月。

圖 14、古寧頭海域地形断面比較圖(2/2)

由現場勘查發現，潮間帶沉泥淤積明顯(照片 3(a))，水域混濁、懸浮濃度高，而目前較靠近陸側之蚵埕明顯淤埋，出露灘面之石條僅剩近半(照片 3(b))。因此，初步略以石條長的 $\frac{1}{3}$ 埋設入土粗估，現況灘面淤積高度約 15~30 公分不等。而若假設養殖區內為平均淤積樣態，並以平均淤積高度 20 公分初步估算，則古寧頭至烏沙角一帶石條式養殖區域，總淤積量約 77,420 立方公尺。

肆、淤泥沉積原因初探

根據前述相關資料文獻蒐集分析，以及現場勘查後，本計畫對造成牡蠣養殖區域灘地淤泥沈積的可能相關因子，初步綜合歸納出養殖區疏於管理、人為影響及鄰近河川輸砂影響等三大因素。其中，前兩項屬於短期或局部性影響，而鄰近河川輸砂部分，則屬於長期且大範圍之影響。茲就各影響因素剖析如下：

一、養殖區疏於管理

傳統石蚵養殖用之石條，俗稱為蚵株石，所用的石材為花崗岩，標準的規格為長三尺二寸，寬七台寸、厚二台寸(約高 1 公尺、寬 30 公分、厚 10 公分)。養殖過程中石條需經四個階段處置，分別為：倒石、車石、豎石及擎蚵，各階段作業內容如下：

- (一) 倒石：將擎過收成後的蚵石倒置於蚵坪中，藉由海水沖刷和日曬，將蚵石上附著之污漬去除，以增加後續蚵苗之附著率，通常在冬季為之。冬季因氣溫低，藻類生長不易，牡蠣濾食效果差，成長遲緩且瘦小，收成相對較差，故蚵農多於此時進行倒石清洗。
- (二) 車石：於清明、穀雨時期(農曆三月)氣溫回升，將置於蚵坪中之蚵石每 20 塊疊成一隴，並於立夏(農曆四月)時分，把蚵苗(春苗)附著於蚵石上，此時因藻類生長快速且豐富，帶來大量的養份，有利於蚵苗成長。
- (三) 豎石：農曆六、七月間，將附苗蚵石分開插植，讓潮水暢通，增加濾食空間，便於幼苗攔阻、吸食海藻及浮游生物，增加長成速度。另外，養殖期間，若蠣苗過密，需進行適度的人工稀疏，以利成長。
- (四) 擎蚵：金門地區將採收牡蠣稱為擎蚵，通常在養殖四個月後即可採收，採收期長達半年。亦即，約於每年農曆九、十月間開始陸續採收，可持續至翌年二、三月間。

由於在潮間帶進行上述作業相當不易，尤其在潮水進退之間海流湍急，加上每一石條重量介於 80~90 公斤，故一般現場作業多以男性為主，亦無法獨力完成，而婦女則從事剝蚵殼與曬蚵乾等工作，養殖過程亟仰賴人力。

然而，目前因青壯人口外流，亦多不願從事此類工作，致使目前牡蠣養殖從業人員普遍老化；蚵農對於石條的整理及重新置入部份(倒石、車石、豎石)，多已不再按古法施行，故每當摟蚵採收完成後，即放任石條於原地。由於石條堆置或豎立於潮間帶，會消減波浪及水流營力，致使流速降低，有助於懸浮質細粒料沉積，使得養殖區內有逐漸淤高趨勢。再則，牡蠣屬濾食性生物，其排泄物將直接流滯於養殖範圍，若無足夠水流強度沖釋，除加速淤泥沈積外，也將使養殖範圍的水質逐漸優養化。

因此，未來養殖區若仍持續疏於管理，或未進行適當處理，淤泥淤積趨勢仍將持續，並造成養殖石條逐漸淹沒及損毀，同時水域環境的劣化亦將不利於牡蠣生長，更增加後續經營的困難。

二、人為開發影響

因近年大陸廈門沿海建設所需，抽砂船頻繁的在金門周邊海域大量採砂(照片 4)，更經常有越界採砂之情勢發生，而抽砂、裝載過程中因機械或水力擾動，以致海域水體懸浮質濃度增加，影響沿岸養殖區之水體品質，並因海域地形變化造成近岸波、流及海岸輸砂機制之改變，連帶改變近岸潮間帶環境。

位於金門北邊的大嶝及小嶝島，目前正如火如荼的進行航空城之開發，為鄰近規模最大之工程計畫，預計施工期自 2012 年起至 2017 年，規劃填海面積約 624 公頃。整體大嶝航空城及翔安國際機場的建設，預計於 2018 年完成基本建設，2019 年啟用。

根據 2011 年「大嶝航空城第一期工程海洋環境影響評價報告」指出，第一期工程總填地面積為 49.62 萬平方公尺，填地高程 5.5 公

尺，填地土方達 286.3 萬立方公尺。至於第二期工程，新建邊界圍堰總長 2,126 公尺，圍堰形成後，與已建圍堰圍成吹填區，吹填造地 47.8073 萬平方公尺，用於大嶝航空城維修一期工程建設，回填量為 359 萬立方公尺。

整體工程圍堤造地挖取土方以金門航道海域為主，施工船以絞吸式進行海域土方挖取。但由於金門海域底質屬細沙、極細沙及粉沙，施工期間以挖斗挖取底床沙時，易造成較輕之底質揚起，隨水流擴散後再沈澱。根據施工期間數值模擬成果顯示，施工過程對懸浮質 SPM 增量超過 150mg/L、100mg/L 和 10mg/L 的全潮包絡線面積分別為 0.52、1.02 和 4.52 平方公里。而其評估結果，施工期間揚起之懸浮質將會對周邊圍墾養殖業之取水造成影響，故該計畫後續亦搭配沿岸養殖區的相關離養措施因應。



照片 4、養殖區外海海域進行抽砂作業船隻

而福建省海洋與漁業廳提交的「關於報請審批大嶝航空城基地二期工程海域使用申請的請示」，業已於 2013 年 12 月獲得省政府同意，故廈門翔安機場以及配套航空城項目的填海工作正式開始實施；而此亦意味著，未來數年金門周邊海域之採砂作業將更佳密集頻繁。

根據「金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫」於后江灣外海佈設資料浮標海流監測結果顯示，於每日漲潮期間及當東北季風波浪營力增強後，海流主流向由外海向古寧頭及后江灣澳底方向流

入；而上述開發採砂期間內，於金門水道施工所揚起之懸浮質，便可能會向此二區域傳輸擴散，進而落淤沈積。因此，其後續對金門沿海養殖區之影響衝擊亟待追蹤評估。

三、鄰近河川與沿岸輸砂影響

金門海域鄰近較大的河川輸砂供給來源，主要為晉江及九龍江，而此兩河川出口皆銜接河口灣澳，其對河口輸砂特性有著關鍵性之影響。由於此部分過去研究較少，近年來僅於金門縣政府「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫中有部分研究，惟仍有諸多議題亟待釐清探討，本計畫乃就目前可得相關文獻成果，初步彙整研析其對金門海岸養殖區之影響衝擊。

(一)晉江(泉州灣)

泉州灣總面積 128.18 平方公里，其中水域面積為 47.46 平方公里；灣內島礁眾多，形成多個口門及南、北兩條水道，而石湖陸地地形向海突出，與對岸的秀塗連線，又可將泉州灣分成內灣和外灣。南水道是泉州灣的主要通行水道，最大水深超過 20m；北水道較淺，水深都在 10 m 以下。泉州灣潮汐以半日潮為主，灣中平均潮差 4.46 m，最大潮差 6.12 m，屬強潮海灣。

晉江與洛陽江出口皆銜接泉州灣，但因洛陽江下游已於 1972 年設置閘門，建閘後除了開閘洩洪之外，洛陽江河口平時並無逕流，僅有往復的海洋潮流，河川泥沙自然運移過程已經不復存在。因此，目前河川泥沙主要來自晉江流域。參考相關調查研究成果，將其灣澳內之底質與輸砂運移特性如下：

1、灣澳底質特性

泉州灣自 1960 年末期至 1970 間，受到大規模圍墾及建閘影響，灣內淤積嚴重，水域面積減少 2000 公頃，亦使得海灣的納潮量驟減；納潮量的減少削弱了水動力條件，使水流挾沙能力下降，泥沙在灣內落淤，造成海床淤積。而後，灣內海床隨著水沙

條件作用，與調整相適宜的過程，現已趨於沖淤平衡狀況。

根據底質調查顯示，泉州灣底質沉積物可劃分為中砂、細砂、粉砂質砂、粉砂及粘土質粉砂等 5 種類型，如圖 15 所示。其中，灣中水下淺灘和灣南部海域的沉積物，以較粗的砂和粉砂質砂為主；灣頂潮灘及灣中淺灘北側的北水道，以較細的粘土質粉砂為主；而從灣中部沿軸線向外，底質沉積物明顯由粗變細，呈中砂、細砂、粉砂和粘土質粉砂依次分佈。

2、灣澳泥沙運移特性

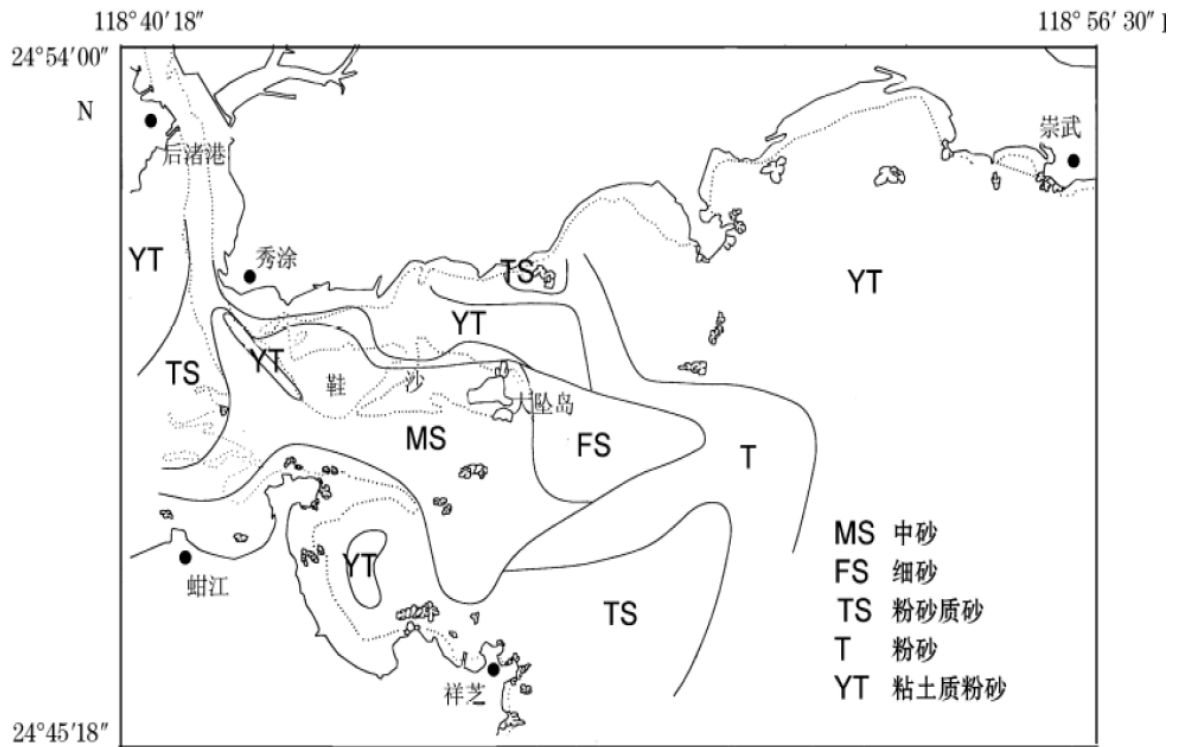
依據模擬分析顯示(圖 16)，泉州灣潮振動來自臺灣海峽北部的潮波系統，漲潮流自西進入海灣，由於口門開敞，灣中南、北水道漲潮流都較強。由一個完整的潮週期來看，北水道漲潮流比退潮流強，南水道退潮流比漲潮流強。因此，北水道因地形的集能效應成為以漲潮流作用為主的漲潮槽；南水道是灣中主潮流水道，並因徑流加入成為以退潮流作用為主的退潮槽。

南北水道的水動力條件差異導致其中泥沙運移的不同，從而影響到泉州灣總體沖淤變化的格局。南水道退潮流為優勢流，加上逕流的注入，成為灣中泥沙輸運出灣的主通道；而北水道漲潮流為優勢流，且受地形條件的制約使其不斷淤積。

3、沿岸輸砂特性

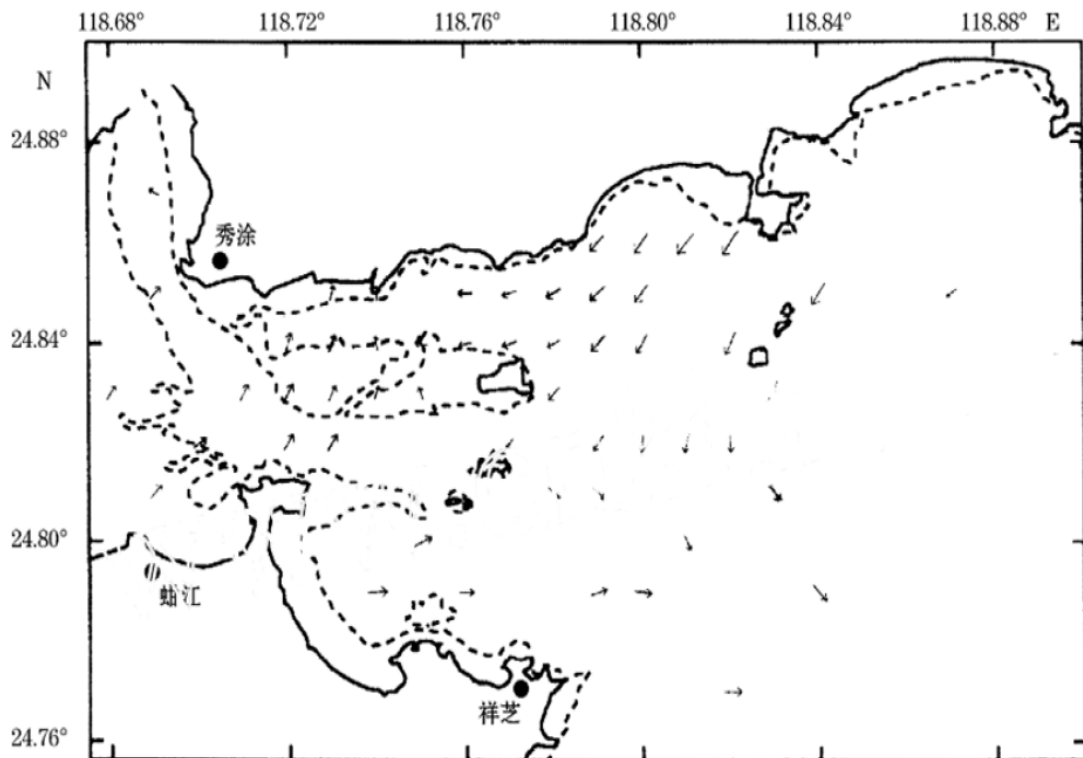
綜合上述可知，泉州灣灣口流出之泥沙來源，主要係來自晉江流域；而在灣內潮流營力驅動下，南水道為泥沙輸運出灣的主通道。而初步就底質運移情勢觀之，分佈於灣口之粉沙質砂、粉砂及黏土質粉砂等細粒沉積物，係為泉州沿海海域漂沙來源之一。惟上述研究僅止於灣澳範圍，對泥沙出灣後於沿海的運移特性部分，相關研究較少。但由依據過去相關文獻多顯示，大陸東南沿海一帶河川帶出之陸源物質，在受到冬季風浪作用下，隨沿岸流往南遷移輸送(圖 17)。另外，學者利用數理模式模擬，或海水表層水溫、葉綠素濃度遙測等方式，探討沿岸在海洋營力機制作

用下物質的遷移情形亦發現，此影響範圍可至台灣海峽一帶。



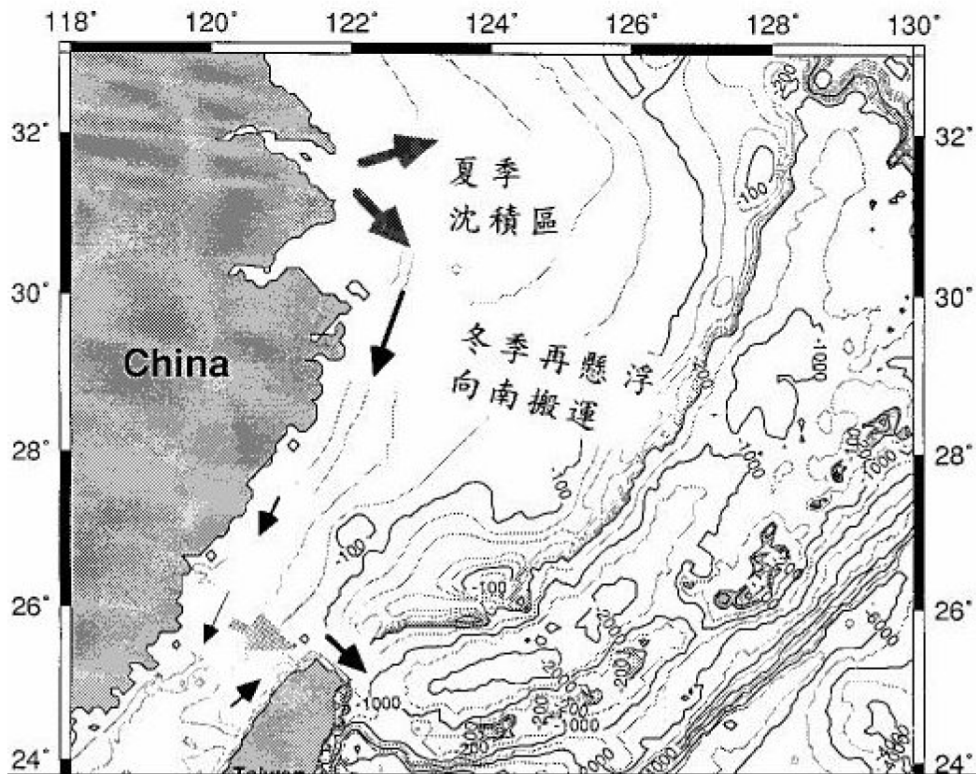
資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年。

圖 15、泉州灣底質特性分佈圖



資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年。

圖 16、泉州灣底質泥沙淨輸運路徑



資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年。

圖 17、長江口陸源物質移動情形

惟目前上述受大陸沿岸流所挾帶而來的泥沙量多寡與其主要泥沙來源，以及其對金廈一帶沿海之影響程度等，皆須進一步研究方能確知，建議後續可針對此一議題做深入研究。

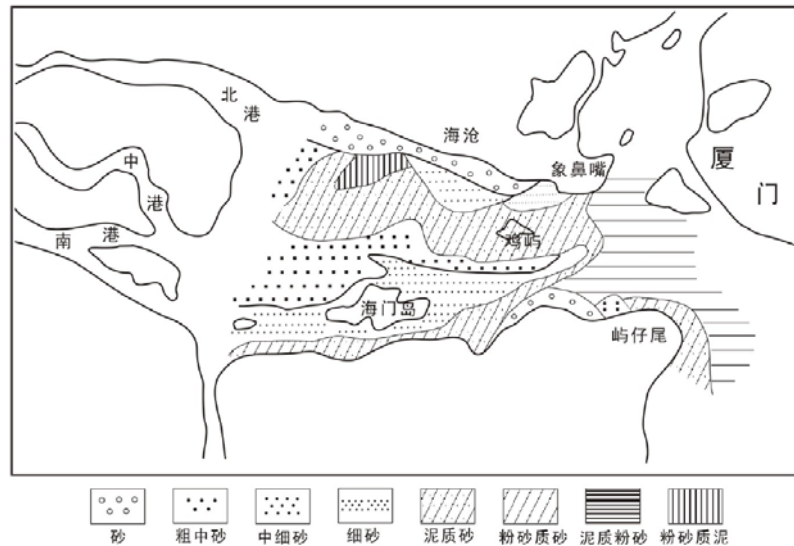
(二)九龍江(九龍江河口灣)

九龍江河口灣是廈門海域的一部分，一方面受九龍江流域入海水量的影響，另外一方面受廈門外港、大、小金門、大膽、二膽、青嶼等海域潮流的影響，因此區域性特徵較為明顯。

1、灣澳底質特性

由於九龍江河口灣沉積底質組成，包括砂、粗中砂、中細砂、細砂、泥質砂、粉砂質砂、泥質粉砂及粉砂質泥等，各類底質特性分佈如圖 18 所示。由於灣澳內受到河川逕流與潮流的交互

作用，逕流強度變化以及潮流、波浪的相互作用是沉積特徵的主要控制因素。因此，底質的分佈大致可區分為三類型，近口段和汊河段的粗粒沉積、河口灣淺灘區的混合沉積、河口灣深水區的軟泥沉積。其中，近口至各汊河段變徑流為主要作用，沉積物長期處在急流環境下，以滾動和躍移的中—粗砂為主；淺灘區河海水體交換頻繁，沉積物是在海灣河汊段區受徑流和潮流兩種動力因素控制下的砂—泥混合沉積；深水區的軟泥沉積以鼓浪嶼東南海域為代表，該地區粘土層厚度超過 10m。



資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年。

圖 18、九龍江河口灣底質特性分佈圖

2、灣澳泥沙運移特性

(1) 驅動營力

九龍江河口灣受地形影響，潮流為非正規半日潮。1962～1982 年潮位統計，平均潮差為 4.95m，最小潮潮差為 2.85m，最大潮差為 6.42m。潮流為半日潮週期駐波潮流型，在高、低潮前後潮流流速最小，平潮位時流速最大，大潮時最大流速底層可超過 1.5m/s，中、上層均超過 2.0m/s。至於波浪部分，灣內以風浪為主，外海傳入的湧浪佔次要地位。全年中主要波浪方向為 E，頻率為 15%，大浪方向為 SE，最大波高為 1.9m，

平均波高約為 0.5m。

整體而言，由於灣內平均潮差已超過 4 公尺，故灣內地形變遷主要營力，以潮汐水流營力為主。而波浪部分，則僅對灣口北部淺水沙洲的形成及其推移質砂粒的運動有明顯作用。

(2) 輸砂特性

九龍江河口灣泥沙來源，主要包括河流輸沙和潮流輸沙，但因九龍江河口灣口的納潮量遠大於河流逕流量，河流輸沙主要發生於洪水期大潮的退潮期間(泥沙向灣外運移)；其餘期間均為潮流輸沙為主，漲潮輸沙量大於退潮輸沙量(泥沙向灣內運移)。整體而言，灣內潮流輸沙量大於逕流輸沙量。由實測資料顯示，經過一個漲、退週期後，從廈門外港進入灣內之淨輸送泥沙量增加，尤其在灣內北側最為突出。

九龍江口及廈門港地區是潮流和逕流共同作用的水域，水體表面的懸浮泥沙主要受著潮流週期性變化和逕流季節性變化的影響。不同的季節和潮相的變化，對懸浮沙分佈影響較大，其懸浮沙的分佈也各具特徵。

河口區、廈門西港區和廈門外港區的懸浮沙主要受控於九龍江逕流。洪水季懸浮沙強濃度區出現在九龍江口到廈門外港一線。該處由九龍江逕流帶來的沙影響範圍較廣，直接影響廈門西港和外港的懸浮沙含量。退潮時，懸浮水體影響範圍已達廈門外港大部分地區，最遠可達大膽島南 5 海浬處；漲潮時，九龍江的來沙被潮流推進廈門西港，影響到東渡灣。枯水季退潮末期，九龍江灣口、廈門西港、外港以及潯江之間的懸浮沙含量相對已不明顯。

綜合上述，河流輸沙和潮流輸沙為九龍江河口灣泥沙主要來源，河流輸沙主要發生在洪水期，並且由於河口灣的納潮量大於逕流量，河流輸沙主要發生於退潮流之中。而輸沙中的細粒部分隨潮流被帶出灣外，大潮輸沙量大，小潮輸沙量小；枯水期潮流勢力加強

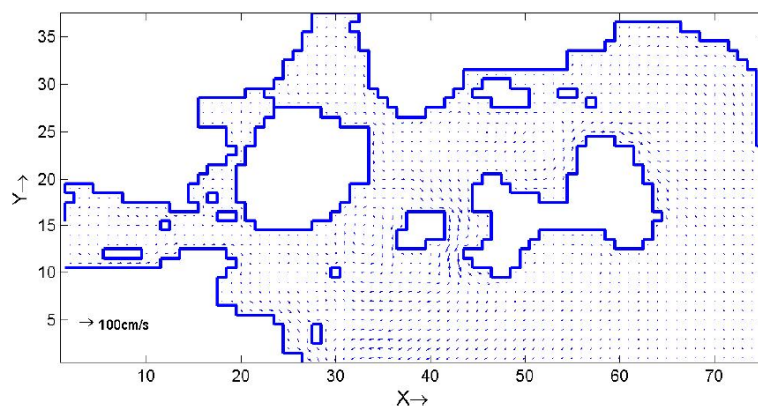
，輸沙能力相應增強。

(三)金廈海域潮流輸砂特性

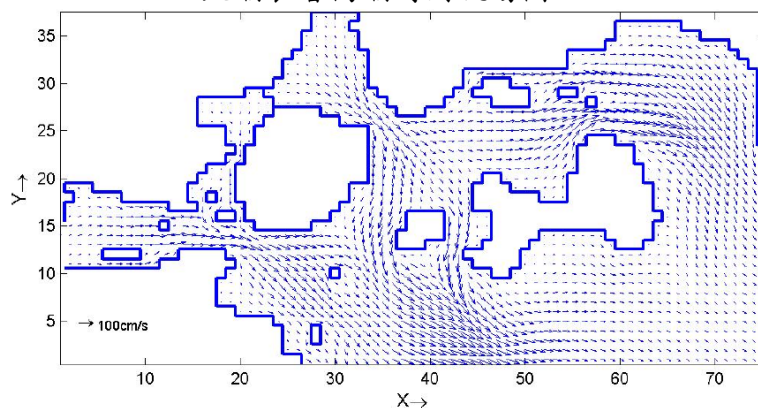
金廈海域為正規半日潮，其漲、退潮歷時相近，平均海水面為4.57m。海域潮差大，平均潮差約4公尺，最大潮差可達到6.90公尺左右，歷史最高潮差達7.78公尺，最低潮位則為-0.06m。潮流主導此一區域之輸砂，金廈海域物質輸運方向受漲、落潮流方向影響很大。

而由「金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫利用實測潮流資料（包括歷史資料及新測資料）模擬分析所繪製出的不同潮時表層潮流流場向量圖(圖19及圖20)顯示，在廈門灣灣口，九龍江口往灣頂潮流流速減小。而比較大小潮之漲退潮時刻模擬結果顯示，從灣口到灣頂海域，表層的退潮流速都大於漲潮流速。潮流流向與港灣地形走向一致，從灣口到灣頂，大致為東西向流，廈門西港海域為南北向流，東嘴港灣口大致為西北東南向流，金門水道大致為南北向流。大潮期間流速要比小潮期間流速大。同一時刻，同一計算點，底層由於受底摩擦的影響流速變小，在高潮時刻，底層已經開始退潮，在低潮時刻，底層已經開始漲潮。由於受柯氏力的影響，九龍江南岸的流速要比北岸稍大。廈門島東側水道，金門水道，金門北東水道，東嘴港灣口流速在漲退潮時刻都比較強。

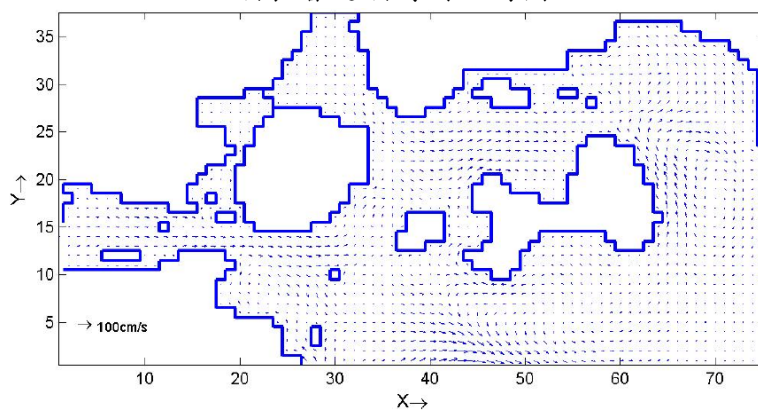
另根據該計畫針對大潮、小潮期間的表層水質點運動軌跡模擬顯示(如圖21)，水質點呈現往複式流動狀態，大潮期間因潮流流速，故水質點運動範圍較大，快一個潮週期的運動軌跡，歐拉流場，可以計算水質點的拉格朗日運動。分別為星號為水質點起始點，菱角號表示水質點的終點。整體而言，如將水質點視為懸浮物顆粒，則九龍江懸浮物經過連續長期的運動，輸移途徑由灣口指向東南，在大小金門島南側堆積；若再與流場向量圖比對，則九龍江灣輸出之輸砂或懸浮物在潮流帶動下，其輸砂影響範圍應以大小金門西側為主，僅少部分受潮流分量帶至后江灣海域一帶。



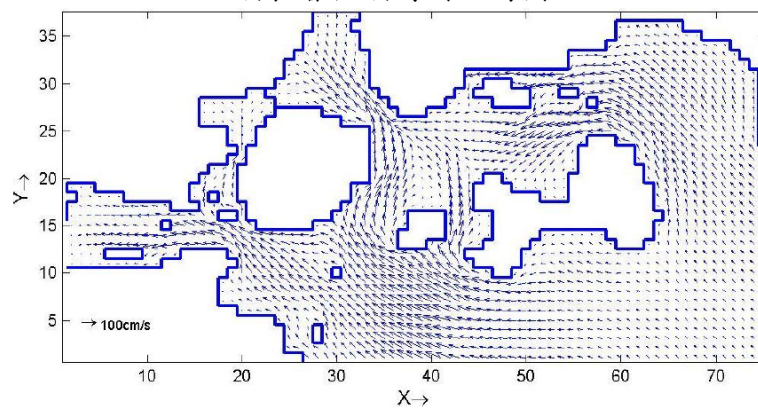
大潮表層高潮時刻流場圖



大潮表層退潮時刻流場圖

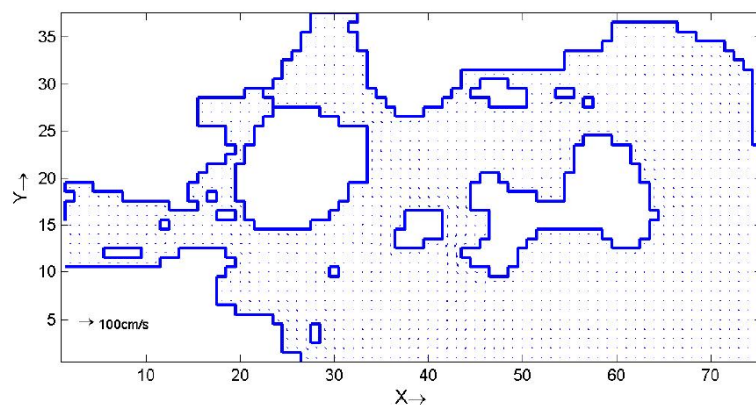


大潮表層低潮時刻流場圖

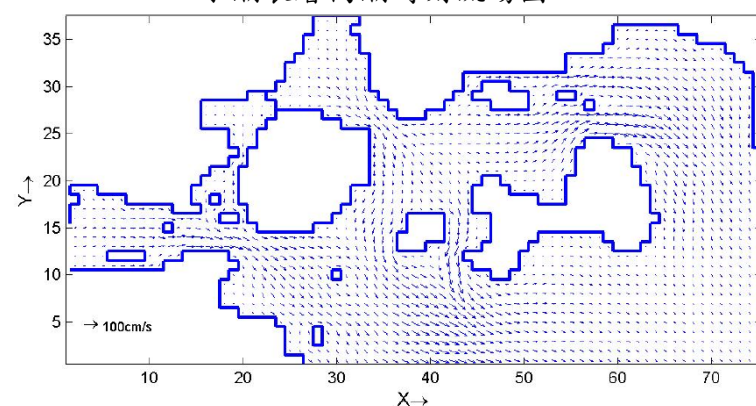


大潮表層漲潮時刻流場圖

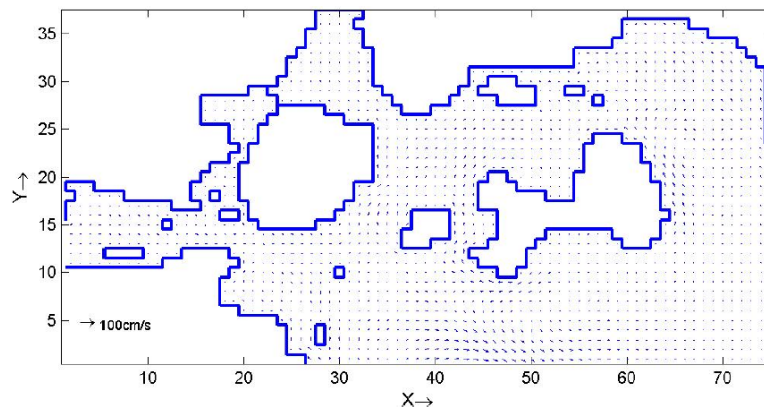
圖 19、大潮期間表層流場模擬圖



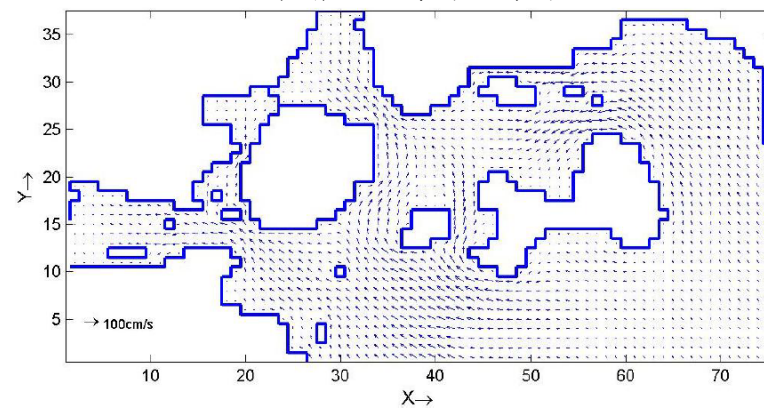
小潮表層高潮時刻流場圖



小潮表層退潮時刻流場圖

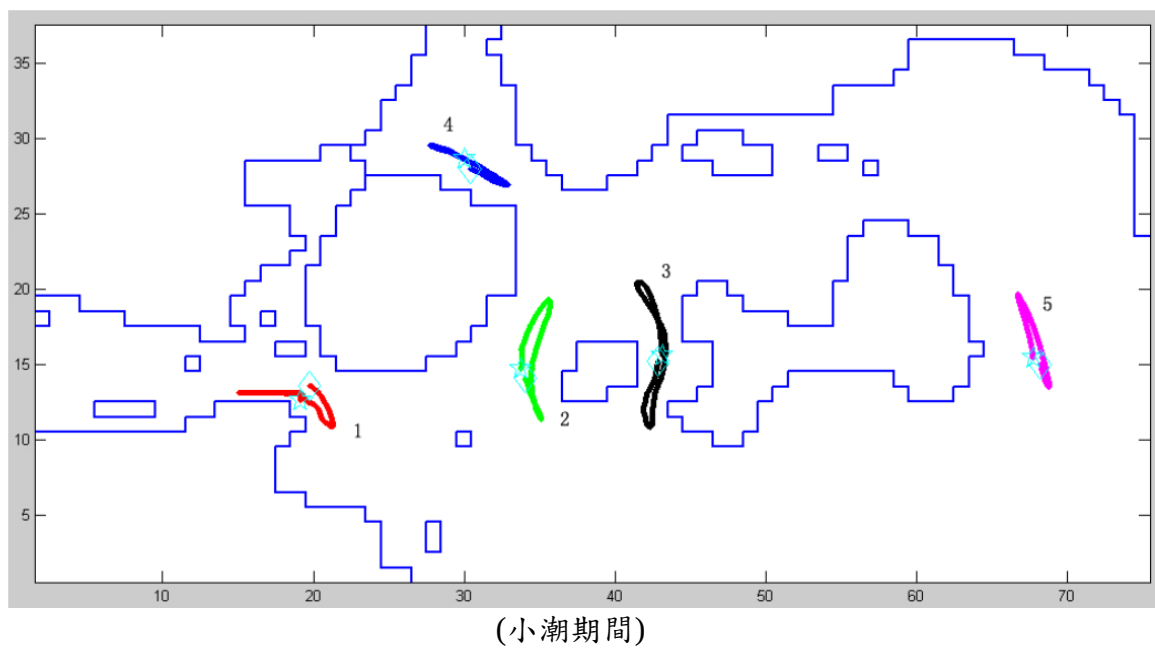
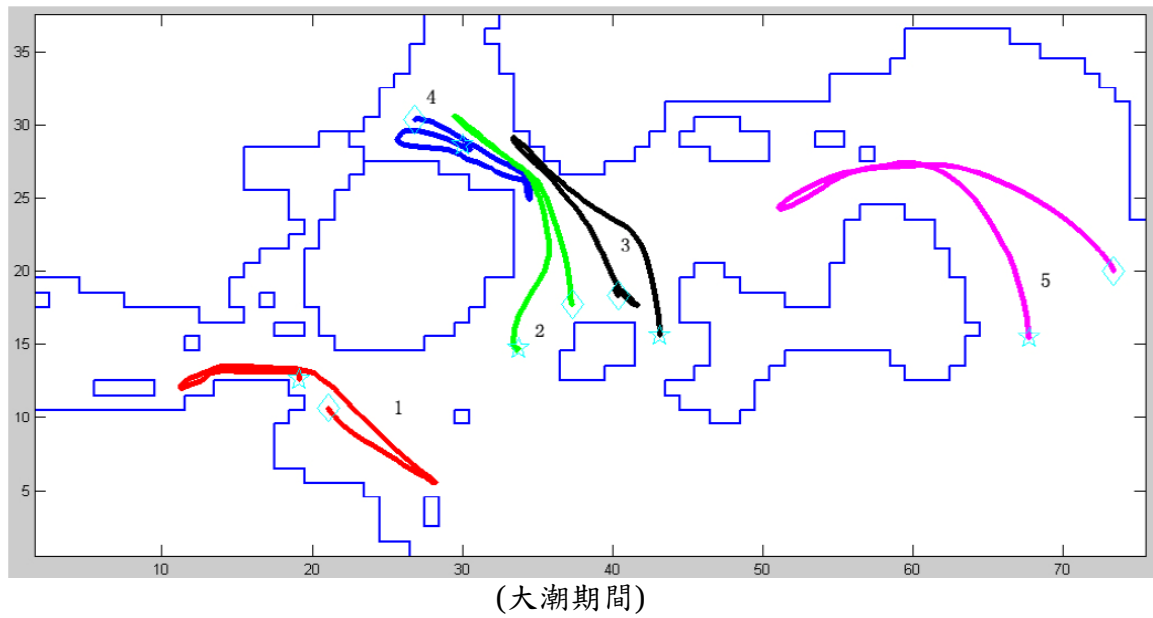


小潮表層漲潮時刻流場圖



小潮表層漲潮時刻流場圖

圖 20、小潮期間表層流場模擬圖



註：星號為水質點起始點，菱角號表示水質點的終點。

資料來源：金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年。

圖 21、一個潮週期的表層水質點運動軌跡

四、綜合評估

針對計畫區淤泥沉積課題，綜合上述相關研究分析，可初步歸納出長、短期可能原因：

(一)長期因素

本計畫區亦位於大陸東南沿海沿岸流之影響範圍，故沿岸河川所產出之泥沙，亦可能隨之挾帶南下，再隨潮流進入金廈海域；惟因已位於影響之末端，經過長途的運移(以距離最近的晉江為例，其距離本計畫區約 60 公里)，可至本海域的輸砂量應已相當有限，且懸浮粒徑亦應相當的細微，在強大的潮流環境條件下，並不至於產生大規模沉積，故初步研判並非本區淤積之主要原因。

至於九龍江部分，隨著九龍江泥沙的持續輸出，河口沉積物在潮流營力驅動下，逐漸被帶出九龍江灣口。泥沙懸浮物流出灣口後，進入更為寬廣的水域環境，遂於大小金門南方水域一帶沉積，但因該水域水深較淺，表層細粒料易受到潮流擾動而再次懸浮，並隨著潮水漲落傳輸至金門沿岸地區，於較靜穩之水域環境落淤沉積。因此，研判造成金門地區的主要的淤積物質，應當為九龍江帶來的細粒物質，又以退潮及洪水期水中懸浮載對計畫區影響較大。由於其乃經歷長時間的輸砂傳遞之結果，故就本計畫區泥沙淤積而言，係屬於淤積之遠因，且過程漫長。

(二)短期因素

鄰近海域因人為開發大量抽砂造地及工程干擾，造成水體懸浮質濃度的急遽增加，當漲潮期間或東北季風波浪營力增強後，懸浮泥沙即隨潮流被帶至北金門沿岸。再則，由於沿岸潮間帶受到養殖石條佈放影響，養殖區內水域相對靜穩，有助於懸浮泥沙沉積，若石條長期置放於原地未加以整理(倒石、車石)，則更加速養殖區內的泥沙淤積。因此，鄰近海域開發為主要的外部影響因子，而養殖區的疏於管理，則為主要的內部影響因子。

伍、牡蠣生產區淤泥處置對策與建議

本章乃依據前述分析成果，針對石條式牡蠣養殖區內之淤泥沉積議題，進行淤泥處置對策的初步研析，並具體研擬後續所需配合執行之工作要項與內容(含分年計畫、各年度工作項目、內容及經費需求等)，俾利金門水產試驗所未來編定相關執行計畫之參考。

一、淤泥處置對策初步研析

基於保存石蚵產業文化的政策目標，為因應石條式養殖生產區淤泥沉積之課題，現階段根據前述計畫區背景資料分析，以及淤泥沈積機制分析結果，可從工程及非工程處置措施兩方面進一步研析探討，茲說明如下：

(一)工程對策研析

工程處置乃針對目前發生淤積情勢之牡蠣養殖生產區域，直接以人為手段進行清淤工作；近岸地區之清淤工程可採用之工法，一般可利用直接機具挖除清運，或以水力方式清除(抽沙(泥)或沖刷)等方式。然而，工程方法雖可快速達到清除淤積之目的，但就現實環境而言，目前尚有諸多課題亟待克服及釐清，包括：

1、對周遭自然及人文環境之衝擊

(1) 對生態棲地環境的影響

潮間帶泥灘地介於水陸交界地帶，加上營養源豐富，故向來為生態資源相當豐富的區塊，而牡蠣養殖區內除有螺、貝類等底棲物種外，尚有目前金門及澎湖地區列為重點復育的「鰲」，金門採自然野放方式復育，而澎湖則採人工養殖方式。依據金門水產試驗所委託高雄海洋科技大學所進行的「金門縣沿海域潮間帶稚鰲生態環境調查」(102年)成果顯示，目前金門沿海潮間帶稚鰲族群主要分佈區位共有八區，分別為金沙鎮青嶼、

西園，金湖鎮瓊林，金寧鄉南山、北山，金城鎮建功嶼，以及烈嶼鄉上林及埔頭等處；而其中，建功嶼、西園、北山、埔頭、上林及南山等處為分佈熱點，多集中分佈於高潮區至中低潮區之間(表 16)。由其分佈來看，北山及南山兩處與本計畫石條式牡蠣養殖生產區區位重疊，且北山稚鸞族群數量為僅次於建功嶼之地區，約佔總觀測紀錄數量的 20.96%。

稚鸞主要棲息於沙泥質之淺水域，其對潮間帶環境的變化及擾動極為敏感，加上其係以潮間帶環節動物、貝類及甲殼類動物等為食物來源，故於潮間帶進行淤泥清除時，不論採用機具或以水力清淤，施工期間的擾動皆可能衝擊鸞的棲地環境，造成族群數量及分佈的變化，影響復育保育成效。

另就養殖區本身而言，亦可能因清淤造成營養源流失或變化，因而影響牡蠣生長。因此，宜審慎評估之，以避免造成環境的不可逆衝擊。

表 16、金門沿海各測站稚鸞族群分佈情形

單位：隻

調查位置	高潮區	中潮區	中低潮區	低潮區	小計
青嶼	2	0	0	0	2
西園	57	60	56	37	210
洋山	0	0	0	0	0
瓊林	0	2	0	0	2
南山	2	13	1	0	16
北山	88	131	77	9	305
夏墅(浯江溪口)	0	0	0	0	0
夏墅(建功嶼)	133	314	204	99	750
上林	0	36	21	1	58
埔頭	6	68	29	9	112
合計	288	624	388	155	1455
佔總採獲數(%)	19.79	42.89	26.67	10.65	100.00

資料來源：金門縣沿海域潮間帶稚鸞生態環境調查，民國 102 年 12 月。

註：標示灰底者為位於本計畫區範圍內之測站。

(2) 對既有及相鄰養殖區的影響

石條式養殖區內各漁戶所經營之範圍，多為世襲傳承而來，有其固定的範圍及布設方式，且石條亦為私有資產，而清淤工作實施前需將灘地上之石條暫時移除，該區域需停養，故對各別漁戶之經濟收入、資產保護及權益上，可能造成的衝突，亦可能衍生公平性問題。此外，由於養殖區分佈範圍廣大，在可清運能量考量下，清淤工程一般會採取分段分區施做方式。在此情況下，清淤期間可能因機具產生的噪音振動，或清淤而揚起的底泥造成懸浮質濃度增加及擴散等擾動，而對工區周邊既有養殖區或其他漁業活動造成干擾。

金門縣政府為有效管理海域牡蠣養殖，雖於民國 100 年 1 月 17 日已公告「金門縣牡蠣養殖登記管理自治條例」(府行法字第 10000059860 號令)，主要針對石條式、平掛式及其他經縣府認定之養殖方式，開放牡蠣養殖區的申請，但因並無強制性，故現有養殖區內亦可能未登記之漁戶從事養殖經營。因此，為避免後續執行相關改善措施時，造成爭議或漁戶權益的損失，於相關改善措施施作前，建議需先就欲清淤範圍內之漁戶意願、資產權屬及養殖範圍、石條數量與布設位置標定等，作詳細的清查及列冊控管。

另就施工期間工程擾動及懸浮質影響議題，建議宜先進行相關模擬及可行性評估；若為可行，則應擬妥施工作業計畫，以及減輕衝擊之相關因應對策。

2、清淤淤泥處理課題

由於潮間帶灘地底泥之利用性不高，無法做為營建資材，一般僅能做為填方料使用或尋覓適宜地點堆置，故清淤土方的處置，大致有運送至土資場處理及就近堆置兩種方式。

(1) 運送至土資場處理

依據營運中之土方收容處理場所資料顯示，金門地區現有

土資場共有兩處，其中一處為政府公有設置土資場；兩土資場總核准加工轉運量 15 萬立方公尺，填埋量 11 萬立方公尺，可處理總量為 26 萬立方公尺。惟目前兩處土資場皆已滿載，加上底泥鹽度高不符合處置條件，故填埋處理方式暫不可行。

另若就目前計畫區淤積土方粗估量，按金門縣營建工程剩餘土石方處理自治條例規定之公有土資場收費標準計算，僅土資場收容所需費用即約需 300 萬元。

(2)就近堆置

依據金門縣政府「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)」計畫研析成果，古寧頭岸段屬於堆積型海岸，但岸壁有風化崩落現象(照片 5)，故清淤土方就近於海岸灘地或崖腳附近堆置，形成柔性海岸保護工，可同時解決土方棄置問題，並達到崖腳保護之效。



照片 5、古寧頭北側海岸岸壁風化崩落情形

然因清淤土方多由細沙、極細沙及粉沙等細粒料組成，耐沖蝕能力較小、容易溢散，若直接堆置於灘面或崖腳，除易於大潮或颱風暴潮期間受波流作用攜出，或回淤至泥灘地外，亦可能在強風吹拂下，造成塵揚污染，致使環境品質劣化。因此，建議清淤土方宜先做固化處理後，再搬移至欲防護岸段堆放。

而隨著材料科技的精進，以及海岸保育觀念的逐漸深化，國內對於柔性防護資材之運用已日漸普及，目前部分海岸地區已有利用土工織袋(土工沙袋(或海事固袋)搭配其他設施，建構成柔性海岸保護工，尤以台南北門及七股一帶應用最多。土工沙袋施做流程如照片 6 所示。

金門海岸過去因戰地管制，人為干擾較少之情形下，海岸多仍維持自然型態，而在當前「永續海岸整體發展方案」政策指導下，為避免傳統剛性防護結構物對環境的衝擊，在環境條件許可情況下，此類柔性防護工法實可做為未來金門海岸防護之首選。本計畫依金門海岸施工環境特性考量，粗估應用此類工法之施做成本如表 17 所示。



1.砂袋展開→

2.砂袋裝填→

3.砂袋封口縫合→

4.砂袋運輸

照片 6、土工沙袋施做流程

表 17、織袋工法應用於海岸淤泥處理評估

型式	優點	缺點	施作成本(元/m ³)
土工沙袋	具海水腐蝕性、耐酸鹼性及良好的耐化性及抗紫外線特性	材料成本較高	2,000(袋體 1m ³) 3,500(袋體 2m ³)

註：上表施作成本係依本計畫區施工作業環境估算，包含袋體購置、土沙裝填、封口及輸運等費用。

3、工程效益

若前述相關環境影響議題可獲得釐清及解決，則就目前工程技術而言，淤泥清除工程並無技術上之困難。惟過去對此一議題缺乏系統性的調查研究，以致目前針對計畫區潮間帶淤積情勢，僅能做粗略的研析與推測，恐於研擬淤泥處置相關對策時，造成偏差或失當，導致整體工程效益不佳。以前述織袋工法為例，若將其應用至古寧頭石條式養殖區，粗估其工程費最少約需 1.55 億元，平均每公頃處置費用約 400 萬元。惟就金門地區近十年養殖概況顯示，全金門淺海養殖年平均產值僅約 2,225.9 萬元，若以牡蠣年平均產量 140,100 公斤，採本年度(民國 103 年)平均銷售價格 330 元計算，總年產值約 4,623.3 萬元，平均每公頃產值亦僅約 20.33 萬元。就工程經濟觀點而言，清淤工程並不符合經濟效益。

綜合上述，為避免對環境發展情勢的研判偏差，採取不適當之工程處置對策，因而對人文社經與生態環境造成不可逆之負面影響，本計畫建議後續宜先釐清相關影響機制與影響層面，並確認可行後再行施做。而其作法上，乃透過現場監測調查與相關文獻蒐集研析，最後再綜合相關成果評析其可行性。茲就後續相關亟待研析課題與工作要項初擬如下：

(1)石條式牡蠣養殖區地形變遷情勢調查與因應對策研擬

金門沿海地區過去依據不同單位及計畫目的需求，曾進行水質、水深地形、生態資源、海氣象及水文等相關監測調查工作，惟相關資料因涵蓋區位、關注對象、資料精度及監測調查項目的不同，仍不足以提供做為研判養殖區地形變遷趨勢之依據。因此，建議可針對目前牡蠣養殖區域進行相關監測調查與研究，並建置相關基礎資料，俾利更精確掌握養殖區之環境演變情勢。

(2) 金廈周邊海域輸砂特性研究

本項研究係屬大尺度之調查研究，目的在探討金門及鄰近海域之泥沙運移特性。於「金門縣海岸調查計畫－金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫中，為探討鄰近河川輸砂對金門海岸之影響，曾與廈門大學進行合作研究，而其依據過去相關研究文獻初步推測，金門及鄰近島嶼沿岸泥灘地的形成，可能是受到九龍江或晉江輸砂供給，加上地形與潮流作用影響所致。惟因兩岸間過去對於此一課題並無整合性研究，故至今相關課題及機制仍無法較明確釐清。

有鑑於金廈周邊沿岸近年來已陸續建設開發，若能進一步釐清瞭解此一海域之輸砂特性，以及鄰近開發對海岸環境之影響衝擊，事實上是有助於後續海岸經營管理、環境保育及防護工作之推動，因此，針對金廈周邊海域輸砂研究部分，本計畫初步建議後續可朝以下方向研究。

- ◎ 金廈地區沿岸開發對水域環境之衝擊影響研究
- ◎ 金廈地區沿岸地形變遷特性研究
- ◎ 九龍江(九龍江河口灣)輸砂特性及其對金廈海域之影響研究

惟此部分涉及兩岸共同研究，又跨越不同專業領域，非單由金門縣政府所能辦理，建議可由兩岸相關公部門或學術單位針對上述議題，分別就其能掌握資源與執行能量，研商各議題之分項研究計畫，再將各分項成果予以彙整。

(二)非工程對策研析

非工程對策部分，可由養殖管理與產業發展政策兩方面著手，茲說明如下：

1、落實傳統石條式養殖之生產管理

傳統石條式養殖的倒石、車石、豎石和擎蚵等重複循環的作業方式，一方面可確保石蚵品質與產量，另一方面亦有助於潮間

帶海岸環境品質的維護(養殖期間蚵埕有助於穩定灘岸，石條回收整理後，則可透過海洋營力將養殖區淤泥及牡蠣排泄物等帶出，有助於灘岸淨化)，乃為人為利用與自然環境保存的良好作法。因此，若能落實傳統石條式養殖之生產管理方式，事實上乃為解決淤泥沉積最經濟可行的方法。惟因傳統石條式養殖極度仰賴人力，就目前產業人口外移流失嚴重情形下，應有相關配套措施方為可行。爰此，建議後續可進一步研析探討方向如下：

- ◎ 研擬相應人力配合措施，鼓勵、吸引在地青壯人力投入。
- ◎ 在不改變生產程序之前提下，研究發展可替代人力之作業模式，如石條佈放及回收機械化。

2、產業轉型之可行性研究

傳統石條式養殖由於生產管理不易，加上產量與品質不易掌控，部分蚵農有改採插簍式或平掛式方式養殖，使得此種特殊養殖方式日漸沒落；再則，金門現況養殖人力嚴重老化、短缺，實已不足以妥善執行石條式蚵田之管理。然而，因石條養殖具有特殊的產業文化，實有其保存的價值與必要性，目前金門縣政府亦積極推動相關振興措施。有鑑於此，為能確保石條式養殖產業的永續發展，以往各自經營的模式必須做調整，初步建議可朝成立養殖示範專區方式經營，將養殖區內之生產過程納入統籌管理。而為吸引漁民投身加入石條養殖改善行列，可研擬相關優惠或獎勵措施，增加經營轉型之誘因。至於其他非示範區以外之養殖區，則可輔導其轉變養殖作業方式、離養或轉型觀光休閒漁業。

此外，上述相關規劃前，宜先瞭解目前石條養殖區的現況，俾利做為後續規劃之依據參考。然而，目前縣府雖已依據「金門縣牡蠣養殖登記管理自治條例」規劃並開放牡蠣養殖區的登記申請，並核發牡蠣養殖登記證，但因非強制性規定，且蚵農大多世代承襲過去所經營的蚵田範圍，故登記有案之養殖區僅佔少數，實有必要進行全面之清查，包括尚從事石條養殖之人員與數量，

各別蚵田的位置與範圍、石條布設數量及產值產量概況等，並將相關資料建置成地理資訊系統，以利後續管理。

綜合上述，本計畫針對產業轉型之可行性研究部分，初步列舉後續可進一步研析執行之工作如下：

- ◎ 沿海養殖區調查與管理資訊系統建置
- ◎ 養殖示範專區經營管理規劃
- ◎ 非養殖示範專區之轉型輔導規劃

由於石條式牡蠣養殖數量目前仍佔有相當大的比例，又以洋江灣、古寧頭及湖下等區規模較大，而其中除古寧頭一帶皆採石條式養殖外，其餘區域多混合參雜其他養殖型式。因此，前述之養殖示範專區設立，為避免對既有其他養殖型態造成衝擊，並利於後續推動，建議可以古寧頭做為優先試行區域，若成效良好再推廣至沿岸其他養殖區。

(三)綜合評析與建議

由於石條式養殖涵蓋範圍廣大，加上現今產業人口嚴重流失，實不易在短期內進行全面性改善。有鑑於金門石蚵文化的保存為當前產業發展之策略目標，故建議有關單位可綜合考量產業文化、人力發展、環境保育及觀光資源等面向，擇定示範區，進行上述相關對策之可行性研究，若評估具體可行時，再逐步擴大推廣至其他區域。考量金門石條式牡蠣養殖方式及規模，皆為國內(臺澎金馬)目前最具代表性的地區，又為金門重要的漁業特色產業，並有成為申辦世遺納入金門戰地特有文化之一的潛力，而古寧頭地區乃為金門戰地文化之指標區位。因此，建議後續以古寧頭地區做為先導，近期亦可針對此區域辦理相關先期調查、規劃與研究工作。

二、後續規劃、研究及因應改善工作研擬

前述已針對石條式養殖區之淤泥課題，研擬相關工程及非工程處置對策與建議，但由於所涉及層面甚廣，且尚有諸多議題有待釐清及

進一步評估研究，而考量本案係以沿海淤泥沉積對牡蠣養殖生產區之影響為探討重點，雖現階段已將其可能影響因子做初步研析，惟由於缺乏充足的基礎資料可供研判，尚無法瞭解並釐清各因子對養殖區之影響程度，致使無法確切研提相應處置及改善對策。

爰此，本計畫建議後續應先對養殖區淤泥沉積之情勢進一步研析，方能據以研提具體因應及改善對策；至於其他研究與規劃工作，則建議由相關單位研商辦理，後續亦可納至相應處置及改善對策中。而現階段針對前述所擬之「石條式牡蠣養殖區地形變遷情勢調查與因應對策研擬」工作，初步研擬具體工作項目及其他配合項目如下：

(一)後續工作項目及內容

由於本計畫主要關注於石條式養殖區之淤泥課題，故現階段乃針對此類養殖區，研提後續各項監測調查與研究建議。傳統石條式養殖作業循環，包含了四季並跨越年度，為能清楚瞭解石條式養殖區歷經一個完整的養殖作業循環期間的地形變化特性，整體計畫擬分兩年度執行。第一年以資料蒐集與監測調查為主，並就監測調查成果初步研析變遷趨勢；第二年則除延續監測調查工作外，應綜合兩年度研究成果，研擬因應對策及具體改善方案。初步研擬工作項目及內容如下：

1、第一年

(1)養殖區現場試驗及監測調查

本項工作之目的主要有二，其一乃為探討傳統與現況養殖區作業模式的差異，對潮間帶泥灘地地形變化之影響；另一則為釐清養殖區內地形變化之趨勢特性，俾利後續相關因應對策擬定。

現場試驗乃於擇定試驗區範圍內，探討養殖作業模式變化對養殖區地形變遷之影響，而試驗內容規劃至少需包括現況(不整理)、傳統作業模式(循倒石、車石、豎石和擎蚵等傳統養

殖作業方式)及清除(離養或回復自然灘岸)等;而現場監測部分,則在調查養殖區地形變化情形,監測範圍包含擇定養殖區及試驗區。

本項現場試驗及監測調查重點研析項目,包括地形侵淤之速率、範圍與量體等。惟考量潮間帶內受淤泥沉積與養殖區石條設置影響,以一般地形測量方法施測不易,且精度上恐無法確切反應沉積變化量,故建議可於適當位置設立觀測樁監測,並定期至現場記錄。

(2)懸浮質濃度監測與底質調查

懸浮質濃度監測工作,乃為瞭解金門沿岸養殖區域懸浮質濃度的變化情形,藉此監測鄰近海域抽砂造地開發對沿岸養殖區之影響;同時,蒐集或調查研究區之底質特徵,以做為後續地形變遷研析之參考。其中,懸浮質濃度採樣分析,應每月至少進行一次,期間若遇特殊情形,可視情況增加監測密度。

(3)鄰近海域波、潮流調查分析

本項工作乃為調查蒐集金門沿岸養殖區海域之海象資料,並搭配前項懸浮質濃度與地形變遷監測,藉以評析附近海域懸浮質濃度變化與海象條件之關係,並研判灘地淤泥短期之沉積趨勢。

(4)地形變遷情勢研析

本項工作乃整合前述現場試驗、海象資料蒐集分析及相關監測調查成果,探討養殖區之地形變化特性與趨勢。

2、第二年

(1)養殖區現場試驗及監測調查

延續第一年工作內容,持續進行養殖區現場試驗及監測調查工作;而試驗期程規劃,以能接續前一年度,並可完整涵蓋一個石條式養殖作業歷程為原則。試驗結束後,場地應配合養殖作業需求予以復原。

(2)懸浮質濃度監測調查

延續第一年作業方式，持續進行懸浮質濃度監測工作。監測調查期程規劃，乃配合前項現場試驗及監測調查為原則。

(3)地形變遷機制探討

本項工作乃整合兩年度之現場試驗、海象資料蒐集分析及相關監測調查成果，搭配數值模擬工具，解析養殖區之地形變遷影響機制，提供後續因應對策研擬之依據。

(4)因應改善對策研擬

灘地不論是侵蝕或淤積，皆會對現有養殖經濟活動造成衝擊，本項工作乃綜合兩年度地形變遷機制與趨勢研析成果，研擬相關短期及中長期因應對策及具體改善方案供參。

(二)經費需求及分年

上述「石條式牡蠣養殖區地形變遷情勢調查與因應對策研擬」工作所需經費，兩年度共計 200 萬元，其分年計畫及經費需求彙整如表 18 所示。

表 18、分年計畫及經費需求

項次	工作項目	經費(元)	備註
一	第一年度		
(一)	養殖區現場試驗及監測調查	400,000	古寧頭試驗區
(二)	懸浮質濃度監測與底質調查	300,000	
(三)	鄰近海域波、潮流調查分析	150,000	
(四)	地形變遷情勢研析	150,000	
小計		1,000,000	
二	第二年度		
(一)	養殖區現場試驗及監測調查	400,000	古寧頭試驗區
(二)	懸浮質濃度監測調查	150,000	
(三)	地形變遷機制探討	300,000	
(四)	因應改善對策研擬	150,000	
小計		1,000,000	
合計		2,000,000	

(三)其他建議及配合事項

為使上述工作順利推動，使整體規劃研究成果更為完善，後續需配合事項如下：

- 1、協助試驗區場址取得：由於石條養殖區內之石條為私有資產，目前區內亦仍持續生產經營，為避免試驗計畫影響漁事作業，俟試驗場址配置規劃完成後，建議可由縣府與當地蚵農協調取得適宜之試驗場所。
- 2、試驗期間配合作業：因試驗目的包含探討傳統石條式養殖作業模式對養殖區地形變化的影響，而此部分需有蚵農配合施做，亦需請縣府針對此部分與蚵農協調。此外，於監測調查期間，需於既有養殖區內布設觀測樁，並定期監測紀錄，相關人員需進入養殖區作業，亦需先行知會區內相關蚵農，或可商討由其協助監測工作。
- 3、海岸水深地形調查監測：近年來因鄰近海岸開發需求，大量抽取金廈海域底質泥沙，近岸底床地形可能因此產生變化，而連帶對潮間帶地形連造成影響。但由於過去古寧頭海域僅於民國95年「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)」計畫實施一次水深地形調查，迄今業已經歷八年時間，而為更能確切的掌握海岸變遷之趨勢，俾利後續研擬因應改善對策，建議後續應優先配合實施水深地形調查監測工作。
- 4、海岸生態調查：為進一步研析淤泥處置對生態環境可能造成的衝擊影響，建議後續應配合進行示範區海岸之生態調查工作。
- 5、適法性評估：未來若進行淤泥處理，其量體規模是否涉及環境影響評估宜再確認。此外，研究區域位於金門國家公園範圍內，相關工程或處置行為，原則上亦應遵循相關法令規定。因此，建議後續應可就此部分課題洽詢相關單位，以釐清其可行性。

參考文獻

1. 金門縣政府，金門縣海岸調查計畫－金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(1/3)，民國 95 年 9 月。
2. 金門縣政府，金門縣海岸調查計畫－金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(2/3)，民國 96 年 9 月。
3. 金門縣政府，金門縣海岸調查計畫－金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究(3/3)，民國 97 年 6 月。
4. 金門縣水產試驗所，金門牡蠣養殖產業調查與發展之研究-期中報告，民國 103 年 8 月。
5. 金門縣政府，金門縣后江灣人工島海域環境基本監測調查計畫期末報告，102 年 3 月。
6. 金門縣水產試驗所網頁。
7. 行政院環境保護署，全國環境水質監測資訊網。
8. 金門縣水產試驗所，金門地區海洋氣象暨海洋水文統計資料彙編【民國 91 年~100 年】，民國 101 年 10 月。
9. 經濟部水利署第八河川局，金門海岸基本資料監測調查計畫，民國 100 年 6 月。
10. 中國國家海洋局第三海洋研究所，大鵬航空城工業一期工程海洋環境影響評價報告書(公參簡本)，2011 年 10 月。
11. 鄧耀里、蘇榮昌、陳宜清、龔誠山，海域抽砂懸浮細料模擬及其對海域生態影響研究，第 17 屆海洋工程研討會暨 1995 兩岸港口及海岸開發研討會論文集，p.1591，1995。

附錄一 歷次審查會議紀錄及回覆說明

一、期中報告審查會議紀錄及回覆說明

壹、日期：103 年 8 月 20 日

貳、時間：下午 2 時 00 分

參、地點：本所二樓會議室

肆、主持人：蔡所長 輝詩

紀錄：蔡經商

伍、列席人員：如附件簽到記錄表

陸、審查委員：如附件簽到記錄表

柒、委員審查意見：

委員意見	辦理情形回覆說明
一、江委員文山	
1、泥沙淤積是短期或長期的因素應先確認，報告中提到航空城開發行為與九龍江輸砂，兩者的影響權重請說明。若短期影響為重，或許尚容易解決，若長期影響為重，則防治顯然困難，思考改變養殖方式是否可能。	1、感謝指導，就目前相關文獻研析結果，九龍江乃為長期影響因素，而鄰近海岸造地開發及蚵農未落實傳統養殖程序部分，則分別為短期影響之外部及內部因素。本計畫已初步研析相關因應對策供參，惟至實際落實前，仍須有更完善之研析與配套規劃為宜。
2、清除淤積涉及的量體與回淤速率需進一步估計，才能評估效益。	2、感謝指導，此即為後續研究重點工作，已納入後續建議辦理工作中。
3、限於人力從事養殖的短缺，朝示範區規劃是很好的方向。	3、感謝委員認同。
4、就金門海岸而言，除颱風波浪影響外，潮位亦是關鍵因素，因此區潮差相當大，高潮位加上颱風波浪對海岸影響尤其嚴重。	4、感謝指導，潮流確實為金廈海域輸砂之主要營力。
二、鍾委員國仁	
1、本計畫為評析淤泥沉積對牡蠣養殖生產區之影響，所以應先列出可能影響的項目，然後逐一探討。	1、感謝指導，已依委員意見辦理。
2、探討淤泥形成的原因，淤泥移除後，是否可能很快又形成大量的沉積。	2、感謝指導，為瞭解養殖區淤泥淤積速率部分，建議於後續工作中辦理監測。
3、探討石條牡蠣養殖形成的原因；陳述淤泥與石條牡蠣養殖存在的關係。因為淤泥移除後，就不存在石條牡蠣養殖產業與文化。	3、感謝指導，本研究所提之淤泥移除，係針對已有礙養殖區內作業之過度淤積泥沙做清淤，並非將所有區內淤泥移除。
4、比較清除淤泥所需經費與石條養殖牡蠣	4、感謝指導，就目前初步評估，淤泥去化

的產值。探討移除淤泥的經濟效益。	之經濟效益並不佳，若能維持傳統石條養殖作業模式，仍為最經濟可行的方法。
5、淤泥是許多海洋生物的棲所，包括蟹，所以清除淤泥對生態的影響是必然，所以計畫內應探討相關問題。	5、感謝指導，已將此課題納入探討。
6、淤泥的生物是許多動物的食物來源，所以清除淤泥勢必會影響漁業資源，所以計畫內應探討相關問題。	6、感謝指導，已將此課題納入探討。
7、淤泥移除是否會造成海岸線的侵蝕？	7、感謝指導，海岸侵蝕問題涉及人為開發利用、自然營力作用之影響，而任何外力介入皆會造成海岸環境的變化，但其所造成的影響仍須進一步研究方能確定。
8、雖然本計畫為初步評析，但應可作清除淤泥的可行性結論，不必再依據小規模試驗的結果，因為小規模試驗無法做出對整體生態與漁業影響的結論。	8、感謝指導，由於相關環境影響因素與機制尚未釐清確認，故現階段所研擬的後續工作內容，乃以調查監測及機制研析為主。
二、楊委員忠盛	
1、P1 及 P2 文章所稱”本所”應更正為”金門縣水產試驗所”較為妥適。	1、感謝指正，已修正及加註說明。
2、P5 金門縣的氣溫資料及雨量資料並無數值，建議應補列中央氣象局資料。	2、感謝指正，已補充氣溫雨量資料說明。
3、P6 及 P7 資料寫 2014 或 103 年，請檢視報告並且統一。	3、感謝指導，已統一修正為「民國」。
4、P8 談到九龍江，應該將金門和九龍江的相對位置用圖的方式表現出來。另外有書寫錯誤的，九龍江章節第四行的表 3 應為表 4。第五行的表 4 應為表 5	4、感謝指導，已增加圖面示意說明，詳圖 5 所示。
5、P10 表 4”徑”流量應更正為”逕”流量；另外逕流量並無單位，氮氮還是 NH ₃ -N 請統一，並請檢視文章中的符號及單位是否一致。	5、感謝指正，該表因與本計畫探討主題較無關係已刪除。
6、P15 金門在北山附近有劃設蟹的保護區。	6、感謝指導，有關生物保護區影響部分，未來淤泥相關研究與處置對策亦將納入考量，以避免造成生態環境的干擾破壞。
7、P5 基本資料收集分析，應對 P2 所列的項目缺了牡蠣養殖生產區的相關資料。	7、感謝指導，已增加沿海牡蠣養殖生產區概況資料，詳第貳章第五節內容。
8、P21 石蚶養殖生產區淤泥影響評析淤泥分佈範圍僅作一點，應該是古寧頭北山，其他地點並無調查，建議補調查，	8、感謝指導，囿於本計畫執行經費，僅能就現有相關文獻資料進行評析，請委員諒察。

把后江灣的淤積狀況作調查，至少把圖 8 點位調查一遍。影響程度僅就石條受掩埋，石蚵生長空間減少這樣嗎？	
9、P23 錯別字，海流”端”急應為”湍”急，P24 優”氧”化應更正為優”養”化才對，建議報告重新校對。	9、感謝指正，文字已修正。
10、P24 人為開發影響第一段提到「…填海造地開發抽砂，以致水體懸浮物質濃度增加，影響沿岸養殖區之水體品質…」，整份報告中均無懸浮物質濃度的資料，建議將歷年金門周遭沿海海水懸浮固體物(suspended solid)分析納入，以增加說服力，此部分海水分析水試所已有數年的檢測資料，環保署也有相關檢測數據(http://edw.epa.gov.tw/reportInspectSea.aspx)可供參考。	10、感謝指導，過去水試所係以濁度項目檢測，無法精確推估實際濃度值，本計畫另參考環保署金門海域之監測資料進行研析。而依據近年監測成果，水體懸浮物質濃度略呈現季節性變化，但因缺乏更早期及更密集之監測資料，故現階段無法藉以區分係自然或人為因素之影響程度，建議未來可針對此一部份加強監測。
11、P24 國家海洋漁業局建議增加大陸兩字。	11、感謝指正，文字已修正。
12、P24 九龍江河川輸砂之衝擊一節提到的推論從何而來應說明，係引用別人論文、報告或是其他，應該有漂沙模擬圖吧？另外本章講述一些地名和位置應將地圖 show 出來，不然看報告很難了解九龍江輸砂對金門海域淤積的影響。	12、感謝指正。 (1) 由於過去相關研究較少，本計畫乃參考金門縣政府「金門縣海岸調查計畫—金門海岸防護對策暨漁村海岸復育可行性研究」計畫成果，資料來源已加註說明。 (2) 另已配合本文敘述增加相關位置示意圖供參。
13、所引用的參考文獻應該詳實列於文後，以尊重智慧財產權。	13、感謝指正，已增加參考文獻。
14、文章中提及牡蠣和石蚵，兩者是否有差異？若無差異，請統一用詞。	14、感謝指正，文字已統一修正為牡蠣。

二、期末報告審查會議紀錄及回覆說明

壹、日期：103 年 11 月 19 日

貳、時間：下午 2 時 00 分

參、地點：本所二樓會議室

肆、主持人：蔡所長 輝詩

紀錄：蔡經商

伍、列席人員：如附件簽到記錄表

陸、審查委員：如附件簽到記錄表

柒、委員審查意見：

委員意見	辦理情形回覆說明
一、楊委員忠盛	
1. P.6 表 1 標題有點怪，建議把「民國」拿掉，另外氣象統計資料建議蒐集至少到 102 年底。	1. 感謝指導，誤植部分已刪除。氣象統計資料部分，目前中央氣象局亦僅統計至 99 年，故以水試所之統計資料為主。
2. P.6 圖 2 及 P.15 圖 7 不清楚，建議重新修正。	2. 感謝指導，已重新修正圖面清晰度。
3. P.8 總蓄水量 7.9 萬立方公尺是錯的，若為水庫蓄水量請洽自來水廠，若地下水的估計蓄存量請洽工務處	3. 感謝指導，文字誤植已刪除。
4. 報告中到底用民國還是用西元，請統一，例如 P.10 表 3、P.14 表 6 及表 7、P.17 表 9、P.18 表 10、P.23 表 13 等。	4. 感謝指導，表中皆以西元年表示。
5. P.11 單位上下標，單位未統一，到底用平方公里還是 km ² ，P.13 流速有用 kn 也有用 cm/s、P.37 是 mg/l 還是 mg/L，是否可統一。	5. 感謝指正，單位已統一表示。
6. P.12 表 5 的文獻並未於文後列出來，請重新檢視若有其他文獻未列入，請補列文獻，以尊重智慧財產。	6. 感謝指正，該表已增列資料來源。
7. P.16 只有 89 年水頭港區有波浪資料，因為最近金門大橋興建，建議向工務處詢問是否有相關最新資料。	7. 感謝提供資訊，已洽詢承辦部門。
8. P.26 有錯別字應該是「各」月，P.38、P.42 非「徑流」，應為「逕流」、P.43 大膽還是大擔，請重新檢視校對。	8. 感謝指正，文字錯誤部分已修正。
9. P.51 有評估清淤後運到縣屬土資場，此部分可能會有問題，海域淤泥清淤所產之土方，具有高鹽度的土方，可能不屬於收受對象，建議向養工所徵詢。	9. 感謝指導，文中所提乃僅就土方量體做初步評估，惟就目前土資場容量已無法容納此土方量，故有就地就近裝填處置之構想建議。

委員意見	辦理情形回覆說明
10. P.52 固化後堆置海岸邊，因此地點為國家公園區，在實務上應該要金門國家公園同意，在做固化堆置可能影響景觀及生態，國家公園可能不准，可行性會大打折扣。	10. 感謝指導，因相關機制尚未釐清，故現階段所提土方清淤僅為初步概念，仍須進一步評估清淤之可行性及效益後，方有相關配合及因應措施之規劃。
11. P.59 針對調查研究區底泥特徵研究應再包含生物體、水質及底泥的重金屬作分析。	11. 感謝指導，水試所針對養殖區域環境品質監測部分，已有相關監測成果項目，故建議未來可將相關監測成果納入研析參考。
12. 因為本案蒐集的資料結果顯示懸浮質濃度並非影響牡蠣死亡的原因，建議是否應詢問當地蚵民，牡蠣死亡是否為季節性因素。	12. 感謝指導，有關牡蠣因季節性更替而有死亡現象，貴所已另委託相關單位進行研究，本計畫僅摘錄其成果供參。
二、江委員文山	
1. 研究區域位於河口再加上地形、地貌的阻隔波浪、海潮流算海洋的作用力微弱，故此形成泥沙易於堆積的環境。除非投入巨大的人力、物力否則難以改變前述的自然條件，若只做局部清淤，則回淤是必然現象，只是時間長短問題，當然適當的維護管理可減緩回淤速率。個人同意報告中建議事項，進一步作調查分析評估，然評估事項應考量清淤對生態的影響部分。	1. 感謝指導，有關後續增加生態調查部分，已納入建議及後續配合事項中。
2. 後續的評估建議就不同方案做論述如：維持石蚵養殖經濟規模方案，保留示範區作環境教育方案、改變養殖方式方案…等。	2. 感謝指導，所提建議納入後續評估探討。
3. 從報告中提示金門水試所曾分別於 65 年、74 年與 77 年分別引進不同養殖方式，其中平掛式成效量好，是否進一步推廣。	3. 感謝指導，此部分建議未來可納入石條式養殖產業轉型之參考。
4. 石條養殖從報告分析似已不具優勢，建議評估藉由輔導補助改變養殖方式，取出的石條用於保護受侵蝕海岸。	4. 感謝指導，此部分因涉及私人資產之利用與產業輔導轉型，建議可另案研究。
5. 報告中淤積成分的敘述為“污泥”建議統一為“淤泥”。	5. 感謝指導，誤植部分已重新檢視修正。
6. 建議後續調查應納入淤泥量。	6. 感謝指導，針對淤泥量評估部分，已包含於後續淤積情勢調查工作中。

委員意見	辦理情形回覆說明
7. 圖 12 中歷年調查成果懸浮質濃度都在 60mg/L 以下，然報告中淤泥中值粒徑極細，兩者似不吻合，後續宜再確認，以確保評估結果合乎現況。	7. 感謝指導，此可能因懸浮質調查與底質調查之區位不同所致，而為能釐清潮間帶底質與懸浮質濃度之特性關係，故建議後續應進行現場監測調查研究。
三、蘇委員東青	
1. 基礎資料收集應盡量更新至最新資料如氣象、航拍影像…等。	1. 感謝指導，本計畫已蒐集目前最近期之資料。
2. 委託單位應就表 6~10 之潮位資料說明建議水試所如何使用該基礎資料。	2. 感謝指導，潮位資料乃做為研判水動力特性之基礎資料，亦可做為海洋營力機制分析時之背景條件。
3. 建議計畫單位應優先辦理古寧頭之海岸地形測量以利本計畫後續推動。	3. 感謝指導，已納入建議事項。
4. 淤泥沉積影響相關性檢定？	4. 感謝指導，此部分研析有賴後續監測調查方能進行。
5. 織袋工法工程圖應提供予計畫單位參考，以作為後續施工參考，另說明織袋工法與淤泥處理關係、效益評估，以及若進行此工法，施作範圍為何？	5. 感謝指導，已增加沙袋施做流程示意圖供參。惟經現階段初步評估，若採此工法，其工程效益甚低，故在相關環境變化情勢及影響衝擊尚未釐清前，建議不宜貿然以工程方法處置。
6. 登記有案之養殖區，可參考建設處蚵田管理系統。	6. 感謝提供資訊。
7. 摘要內容與結論與建議內容多處重疊，建議精簡摘要內容。	7. 感謝指導，內容已修正。
8. 圖片及文字誤植更加強及改正。	8. 感謝指導，已加強校對並修正。