

# 附件目錄

附件目錄.....	I
生態調查標準作業方法及程序.....	1
一、 船舶調查.....	1
二、 潛水調查.....	1
三、 岸際調查.....	1
背景資料庫.....	4
衛星遙測影像資料收集.....	4
環境敏感地圖(ESI).....	5
船舶調查標準作業方法及程序(研究船).....	9
船舶調查標準作業方法及程序(租用漁船).....	10
潛水調查標準作業方法及程序.....	11
岸際環境因子調查標準作業方法及程序.....	12
岸際生態調查標準作業方法及程序.....	13
環境因子調查方法相關規範及法規.....	14
水之氫離子濃度指數(pH 值)測定方法－電極法(NIEA W424.53A) .....	14
一、 方法概要.....	14
二、 適用範圍.....	14
三、 干擾.....	14
四、 設備與材料.....	14
五、 試劑.....	14
六、 採樣與保存.....	15
七、 步驟.....	15
八、 結果處理.....	15
九、 品質管制.....	15
十、 精密度與準確度.....	16
十一、 參考資料.....	16
水中鹽度檢測方法－導電度法(NIEA W447.20C) .....	19
一、 方法概要.....	19
二、 適用範圍.....	19
三、 干擾.....	19
四、 設備及材料.....	19
五、 試劑.....	19
六、 採樣及保存.....	19
七、 步驟.....	19
八、 結果處理.....	19
九、 品質管制.....	19
十、 精密度及準確度.....	19
十一、 參考文獻.....	20

水中導電度測定方法—導電度計法(NIEA W203.51B)	21
一、方法概要	21
二、適用範圍	21
三、干擾	21
四、設備	21
五、試劑	21
六、採樣與保存	21
七、步驟	21
八、結果處理	21
九、品質管制	22
十、精密度與準確度	22
十一、參考資料	22
水中生化需氧量檢測方法(NIEA W510.55B)	24
一、方法概要	24
二、適用範圍	24
三、干擾	24
四、設備及材料	24
五、試劑	24
六、採樣及保存	25
七、步驟	25
八、結果處理	28
九、品質管制	28
十、精密度與準確度	29
十一、參考資料	29
海水中化學需氧量檢測方法—重鉻酸鉀迴流法(NIEA W514.21B)	30
一、方法概要	30
二、適用範圍	30
三、干擾	30
四、設備	30
五、試劑	30
六、採樣與保存	31
七、步驟	31
八、結果處理	32
九、品質管制	32
十、精密度與準確度	32
十一、參考資料	32
水域油污採樣方法(NIEA W107.50C)	34
一、方法概要	34
二、適用範圍	34
三、干擾	34

四、設備.....	34
五、試劑.....	34
六、採樣及保存.....	34
七、步驟.....	36
八、結果處理.....	36
九、品質管制.....	36
十、精密度及準確度.....	36
十一、參考資料.....	36
水中油脂檢測方法—液相萃取重量法(NIEA W506.23B).....	38
一、方法概要.....	38
二、適用範圍.....	38
三、干擾.....	38
四、設備與材料.....	38
五、試劑.....	38
六、採樣與保存.....	39
七、步驟.....	39
八、結果處理.....	40
九、品質管制.....	40
十一、參考資料.....	40
水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析串聯式質譜儀法(NIEA W803.50B).....	43
一、方法概要.....	43
二、適用範圍.....	43
三、干擾.....	43
四、設備與材料.....	43
五、試劑.....	44
六、採樣與保存.....	44
七、步驟.....	45
八、結果處理.....	47
九、品質管制.....	47
十、精密度與準確度.....	47
十一、參考資料.....	48
底泥採樣方法(NIEA S104.32B).....	65
一、方法概要.....	65
二、適用範圍.....	65
三、干擾.....	65
四、設備及材料.....	65
五、試劑.....	65
六、採樣及保存.....	66
七、步驟.....	67
八、結果處理.....	69

九、品質管制.....	69
十、精密度與準確度.....	69
十一、參考資料.....	70
土壤及廢棄物中油分(脂)檢測方法－索氏萃取重量法(NIEA M501.00C).....	75
一、方法概要.....	75
二、適用範圍.....	75
三、干擾.....	75
四、設備及材料.....	75
五、試劑.....	75
六、採樣與保存.....	76
七、步驟.....	76
八、結果處理.....	76
九、品質管制.....	77
十、精密度與準確度.....	77
十一、參考資料.....	77
生物調查方法相關規範及法規.....	78
水中浮游植物採樣方法－採水法(NIEA E505.50C) .....	78
一、方法概要.....	78
二、適用範圍.....	78
三、干擾.....	78
四、設備及材料.....	78
五、試劑.....	78
六、採樣及保存.....	79
七、步驟.....	79
八、參考文獻.....	79
水中葉綠素 a 檢測方法－丙酮萃取法／分光光度計分析法(NIEA E507.04B).....	84
一、方法概要.....	84
二、適用範圍.....	84
三、干擾.....	84
四、設備與材料.....	84
五、試劑.....	84
六、採樣與保存.....	84
七、步驟.....	85
八、結果處理.....	85
九、品質管制.....	86
十、精密度與準確度.....	86
十一、參考文獻.....	86
海洋浮游動物檢測方法(NIEA E701.20C) .....	87
一、方法概要.....	87
二、適用範圍.....	87

三、 干擾.....	87
四、 設備及材料.....	87
五、 試劑.....	88
六、 採樣與保存.....	88
七、 步驟.....	90
八、 結果處理.....	90
九、 品質管制.....	91
十、 參考文獻.....	91
硬底質海域表棲生物採樣通則(NIEA E104.20C) .....	94
一、 方法概要.....	94
二、 適用範圍.....	94
三、 干擾.....	94
四、 設備及材料.....	94
五、 試劑.....	94
六、 步驟.....	94
七、 樣品處理及保存.....	95
八、 結果處理.....	96
九、 品質管制.....	97
十、 精密度與準確度.....	97
十一、 參考資料.....	97
軟底質海域底棲生物採樣通則(NIEA E103.20C) .....	98
一、 方法概要.....	98
二、 適用範圍.....	98
三、 干擾.....	98
四、 設備及材料.....	98
五、 試劑.....	98
六、 步驟.....	99
七、 樣品處理及保存.....	100
八、 結果處理.....	100
九、 品質管制.....	101
十、 精密度與準確度.....	101
十一、 參考資料.....	101
海域魚類採樣通則(NIEA E102.20C) .....	103
一、 方法概要.....	103
二、 適用範圍.....	103
三、 干擾.....	103
四、 設備及材料.....	103
五、 試劑.....	103
六、 採樣及保存.....	103
七、 步驟.....	104

八、結果處理.....	104
九、品質管制.....	104
十、精密度與準確度.....	104
十一、參考資料.....	104
岩礁海岸潮池魚類調查方法.....	106
一、調查方法.....	106
二、資料來源.....	106
軟底質海岸底棲無脊椎動物調查方法.....	107
一、底表無脊椎動物.....	107
二、底內無脊椎動物.....	107
三、資料來源.....	107
軟底質海岸魚類調查方法.....	108
一、魚類物種名錄(含物種、組成、生物學特性).....	108
二、魚類豐度資料(含物種、數量、組成及密度).....	108
三、資料來源.....	108
珊瑚礁底質及附生藻調查方法.....	109
一、珊瑚礁底質調查方法.....	109
二、珊瑚附生藻調查方法.....	109
三、資料來源.....	109
珊瑚礁體檢程序.....	110
一、穿越線設置.....	110
二、調查項目.....	110
三、資料來源.....	113
殼狀珊瑚藻與非造礁藻種/其它大型海藻調查方法.....	114
一、建議調查方法.....	114
二、藻體建議取樣方式.....	114
三、覆蓋率計算.....	114
四、藻種鑑定方式.....	114
五、資料來源.....	115
海草種類組成及覆蓋率調查方法.....	116
一、海草種類組成.....	116
二、覆蓋度.....	116
三、植株密度.....	117
四、資料來源.....	117

# 生態調查標準作業方法及程序

生態調查標準作業方法及程序依調查區域區分為船舶、潛水及岸際調查。

## 一、 船舶調查

利用船舶進行調查時，建議機關協調調動研究船予執行調查單位以期增加所調查資料於法院攻防時之可信度，若無法調動研究船而徵用娛樂漁船或一般漁船時，應確認該漁船無油管破損之情事以免導致數據出現誤差。

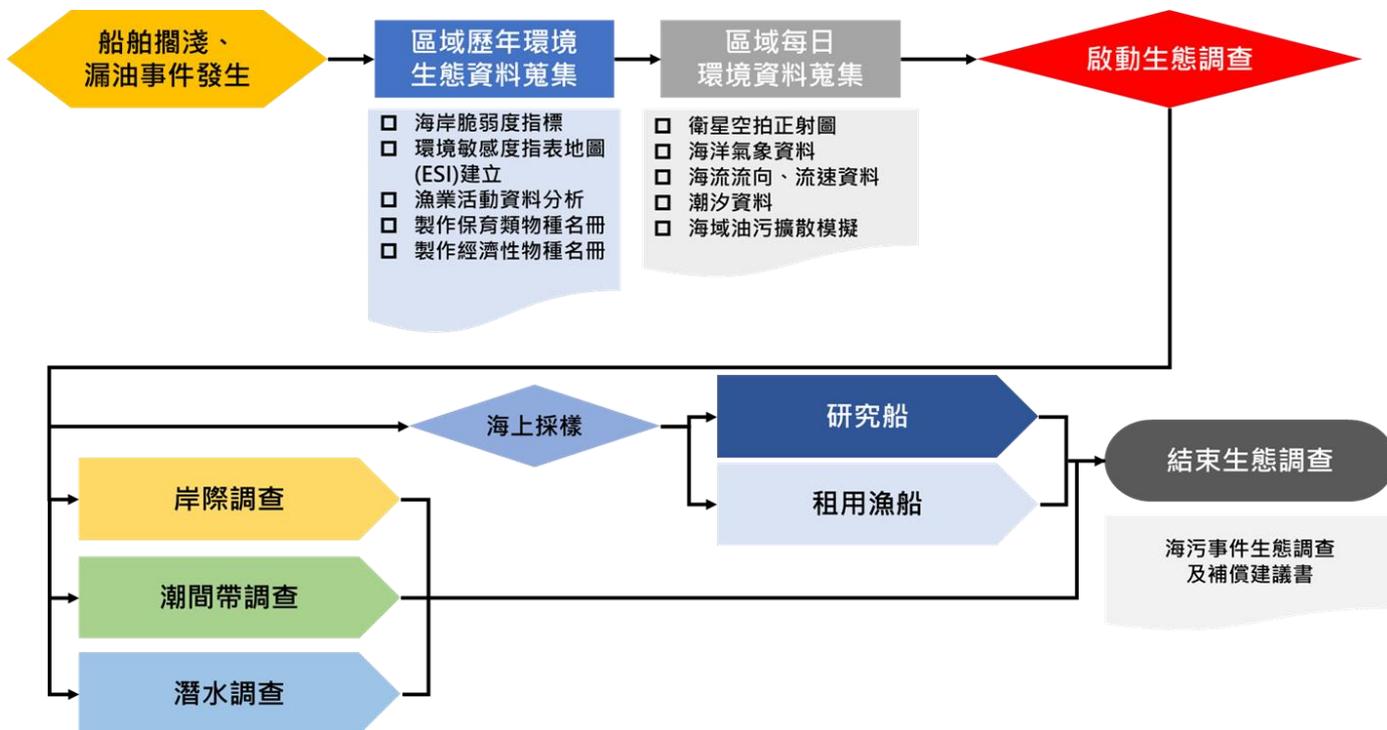
採樣範圍視當前油污擴散範圍進行滾動式調整，若有調整採樣範圍應於該日緊急應變會議中報告更新後之範圍，並說明調整依據。採樣站點應以總測站數大於 9 站，每站間距不得小於 1 海浬為原則進行設立。調查頻度依生態調查作業頻度表表所示。

## 二、 潛水調查

於油污事件發生 7-15 天後藉由潛水調查底棲大型無脊椎動物、魚類及底棲群聚珊瑚受到沉降油污之影響，若於調查中發現遭受油污覆蓋之動物屍骸或沉降之油塊應立即拍攝並記錄其出現座標，並將樣本攜回岸上進行保全。調查頻度依生態調查作業頻度表表所示。

## 三、 岸際調查

藉由岸際調查可得知潮間帶受到油污事件的衝擊及影響，水文與油污調查及潮間帶生物調查測站建議在人員可抵達範圍內，分別以不低於 9 站及 4 站為原則設立。若於調查中發現遭受油污覆蓋之動物屍骸或沉降之油塊應立即拍攝並記錄其出現座標，並將樣本攜回進行保全。調查頻度依生態調查作業頻度表表所示。



海污事件海域生態調查標準作業程序圖

生態調查作業頻度表表

	發生日	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第8天	第9天	第10天	第11天	第12天
船舶調查												
潛水調查												
岸際環境因子												
岸際生物調查												

	第13天	第14天	第15天	第16天	第17天	第18天	第19天	第20天	第21天	第22天	第23天	第24天
船舶調查												
潛水調查												
岸際環境因子												
岸際生物調查												

	第25天	第26天	第27天	第28天	第29天	第30天	第31天	第40天	第50天	第60天	第70天	第80天
船舶調查												
潛水調查												
岸際環境因子												
岸際生物調查												

	第90天	第100天	第110天	第120天	第130天	第140天	第150天	第160天	第170天	第180天
船舶調查										
潛水調查										
岸際環境因子										
岸際生物調查										

不同海岸類型建議調查項目表

調查項目		硬底質海岸 (岩礁、礫石灘)	軟底質海岸 (泥灘、沙灘等)	珊瑚礁	藻礁	海草床
pH 值		○	○	○	○	○
鹽度		○	○	○	○	○
導電度		○	○	○	○	○
生化需氧量		○	○	○	○	○
化學需氧量		○	○	○	○	○
葉綠素 a		○	○	○	○	○
水中礦物油脂含量		○	○	○	○	○
底泥礦物油脂含量		○	○	○	○	○
浮游動物		○	○	○	○	○
底棲動物	軟底質	✓	○	✓	✓	○
	硬底質	○	✓	○	○	✓
固著性海洋植物	殼狀珊瑚藻	○	✓	○	○	✓
	大型海藻	○	✓	○	○	✓
	海草	✓	✓	✓	✓	○
珊瑚礁底質		✓	✓	○	✓	✓
魚類	成魚	○	○	○	○	○
	魚卵、仔稚魚	○	○	○	○	○

## 背景資料庫

透過初盤周邊海域過往生態調查資料，如海域生態、鯨豚等海洋哺乳類、海龜等海洋爬蟲類、魚貝類、海鳥、底棲生物及浮游生物等文獻、調查紀錄、數據或圖資，並滾動更新。若該區域歷年生態調查文獻、調查紀錄、數據或圖資中曾出現《野生動物保育法》所列之保育類，製作表單並列為現地生態調查重點調查標的。海污事件周邊海域生態及水文資料可透過以下網站進行收集。

政府資料開放平臺

<https://data.gov.tw/>

政府研究資訊系統

<https://www.grb.gov.tw/>

國家科學及技術委員會海洋學門資料庫

<https://www.odt.ntu.edu.tw/>

海洋委員會海洋保育署-調查計畫成果

<https://www.oca.gov.tw/ch/home.jsp?id=394&parentpath=0,299>

海洋保護區平台

<https://mpa.oca.gov.tw/Default.aspx>

## 衛星遙測影像資料收集

海污事件發生後對該海域之生態及漁業資源漁港設施等造成重大損失，由於其漫延迅速、影響範圍廣大，造成現場監測與災後處理的困難。然而，衛星影像高即時性與大範圍涵蓋之特性，可提供現場緊急處理及後續追蹤之分析，目前，應用衛星影像已可偵測海面油污染之區域，並可同時計算其擴散之範圍與面積。

可利用我國福衛 2 號與 COSMOS\_SKYMED 等衛星影像在海污事件，對污染海域進行觀測，可密集監測海面油污範圍的變化，協助各機關單位進行災後海洋環境及生態資源之重建工作。

## 環境敏感地圖(ESI)

美國 NOAA 的 ESI 分類設計，主要是瞭解在海岸環境物理與生物的特性，不只是底質種類與粒徑尺寸。物理過程之間的關係有底質型態、相關生物區產生的特定地貌與生態海岸線類型、沉積物傳輸模式、可預測油污行為的模式與生物的影響等，由以下因子分類海岸環境敏感等級：暴露於波浪與潮汐能量的程度、海岸坡度、底質型態、生物生產力與敏感度。

各縣市海岸環境敏感地圖可利用各沿海縣市所制定之海洋油污緊急應變計畫書或是以 ESI 海岸分類表於油污事件發生地進行分類。

### ESI 海岸分類表

分類	海岸種類	分類條件依據	ESI 分類
1	開闊岩岸	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 經常暴露在大的波浪或潮流。</li> <li>■ 常有強烈的波浪反射。底質是不透水的（通常為岩床或水泥），沒有潛在的水下滲透。</li> <li>■ 潮間帶坡度<math>\geq 30</math>度，產生狹窄的潮間帶。</li> <li>■ 在大自然高能量環境，附著生物有很強的生命力，習慣高水位的衝擊與壓力。</li> </ul>	<p>1A：暴露沿岸（河口、湖泊、與河岸）。</p> <p>1B：暴露，固體的，人造結構物（河口、湖泊、與河岸）。</p> <p>1C：暴露岩石峭壁與卵石碎石底質。</p>
2	開闊海蝕平台	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 經常暴露在大的波浪或潮流。</li> <li>■ 有規律的強烈波浪反射。</li> <li>■ 潮間帶坡度通常<math>&lt; 30</math>度，產生寬廣的潮間帶，如潮間帶坡度<math>&lt; 5</math>度，潮間帶寬度可達數百公尺。</li> <li>■ 底質是不可滲透與大部份的潮間帶無地下滲透的潛勢，底質可能是一個薄層，沉積物移動層如底質表面的一個斑點。</li> <li>■ 在岩石峭壁的底質可能累積沉積物，但經常被大風浪影響流動。</li> <li>■ 在大自然高能量環境，附著生物有很強的生命力，習慣高水位的衝擊與壓力。</li> </ul>	<p>2A：在岩床、泥、或黏土的暴露海蝕平台（出海口）。</p> <p>2A：傾斜的岩岸（湖泊）。</p> <p>2A：岩石淺灘，岩石暗礁沿著河川（河岸）。</p> <p>2B：陡坡的暴露黏土與陡峭坡度（出海口）。</p>
3	細沙灘	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 底質為半滲透性（細到中粒徑的砂），通常油污滲透<math>&lt; 10</math> cm。</li> <li>■ 沉積物有良好的排序與壓實（堅硬的）。</li> </ul>	<p>3A：細到中粒徑的砂灘（出海口）。</p> <p>3B：斜坡與陡峭的砂灘（出海口）。</p> <p>3B：在鬆散沉積物內侵蝕而成的斜坡（湖泊）。</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 在坡度非常小(&lt;5 度)的海灘上。</li> <li>■ 沉積物流動速率低，所以迅速沉埋的潛勢低。</li> <li>■ 受波浪與海流影響表面沉積物會定期改變。</li> <li>■ 有相對低密度的海底動物（生存在底質較軟的海床）。</li> </ul>	<p>3B：暴露的，鬆散沉積物侵蝕而成的河岸（河岸）。</p> <p>3C：苔原峭壁（出海口）。</p>
4	粗沙灘	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 底質是可滲透的（粗粒徑的砂），通常油污可能滲透至 25 cm。</li> <li>■ 中等程度的坡度，介於 5 度與 15 度之間。</li> <li>■ 沉積物流動速率相對較高，可能在一個潮汐週期（漲潮與退潮）沉積物累積達到 20 cm，有迅速沉埋與侵蝕油污的潛勢。</li> <li>■ 沉積物是軟性的，與低流通的狀況。</li> <li>■ 在底質較軟的海床有較</li> <li>■ 低密度的海底動物生存。</li> </ul>	<p>4：粗粒徑的砂灘（出海口）。</p> <p>4：砂灘（湖泊）。</p> <p>4：砂灘與坡度緩和的砂洲（河流）。</p>
5	砂及碎石混合灘	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 中到高等程度滲透的底質（混合砂與砂礫），容許油污穿透至 50 cm。</li> <li>■ 粒徑尺寸分佈在空間有顯著的變化，在高潮線有較細粒徑的沉積物（砂至卵石），在消坡護堤與海灘前端有較粗粒徑的沉積物（鵝卵石至巨礫）。</li> <li>■ 礫石組成應包含至少 20% 的沉積物。</li> <li>■ 在暴浪期間沉積物流動速率非常高，有迅速沉埋與侵蝕油污的潛勢。</li> <li>■ 沉積物是軟性的，與低流通的狀況。</li> <li>■ 除了在最低的潮間帶水位，海底動物（生存在底質較軟與較硬的海床）較少。</li> </ul>	<p>5：混合砂與礫石的砂灘（出海口與湖泊）。</p> <p>5：混合砂、砂灘、與坡度緩和的砂洲（河岸）。</p>

6	碎石灘	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 底質是高等程度的滲透（砂礫尺寸的沉積物），油污滲透可達 100 cm。</li> <li>■ 坡度由中等程度到陡峭，介於 10 度至 20 度之間。</li> <li>■ 暴風期間淺灘油污可能出現迅速沉埋與侵蝕的情況。</li> <li>■ 每年暴露程度有高頻率的變動，此頻率變動由波浪造成。</li> <li>■ 年度改變讓滲透深度可延伸到下面。</li> <li>■ 所有海灘沉積物有最少流通的狀況。</li> <li>■ 所有海灘沉積物自然補給速度是最少的。</li> <li>■ 除了在最低的潮間帶水位，海底動物（生存在底質較軟與較硬的海床）較少。</li> </ul>	<p>6A：礫石海灘（出海口與湖泊）。</p> <p>6A：礫石堤與與坡度緩和的砂洲（河流）。</p> <p>6B：拋石（河口、出海口、河岸）。</p> <p>6C：拋石（出海口）。</p>
7	開闊潮間帶	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 平坦的（&lt;3 度），沉積物堆積而成。</li> <li>■ 高度滲透的底質是以砂為主，而部份組成可能有淤泥和礫石。</li> <li>■ 沉積物水是飽和狀態，所以油污滲透非常有限。</li> <li>■ 砂鏈形成是因暴露在波浪或潮汐的能量下，而礫石周圍有侵蝕痕跡，或存在砂脊與砂灘。</li> <li>■ 寬度可能由數公尺到 1 公里。</li> <li>■ 沉積物是軟性的，較少的流通。</li> <li>■ 海底動物（生存在底質較軟與較硬的海床）密度通常很高。</li> </ul>	<p>7：暴露的潮間帶（出海口與湖泊）。</p>
8	遮蔽岩岸	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於強烈波浪與潮流能量下受到遮蔽。</li> <li>■ 底質堅硬，由岩床組成，人造材料，或硬的黏土。</li> <li>■ 這種岩床型式可能有較多的變化，在光滑的岩床，垂直岩床到碎石斜坡，油污有不同的滲透。</li> </ul>	<p>8A：有遮蔽的岩石海岸與斜坡的岩床、泥、或黏土（出海口）。</p> <p>8A：有遮蔽的斜坡岩床、泥、或黏土（湖泊）。</p> <p>8B：有遮蔽的固體人造結構物，如堤岸（出海口、湖泊、河岸）。</p> <p>8C：有遮蔽的拋石（可滲透性的）（出海口）。</p>

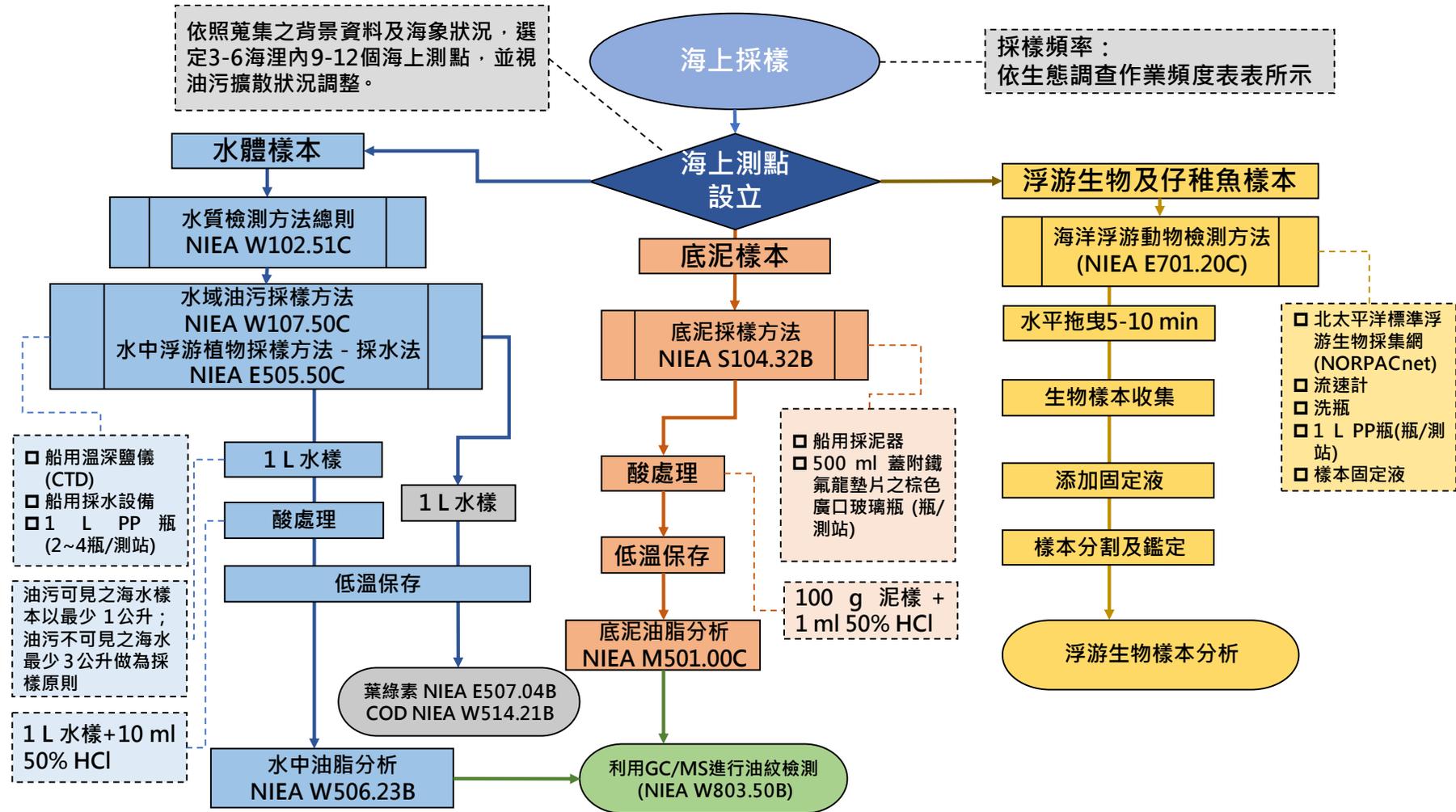
		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 一般為陡峭的坡度（大於 15 度），潮間帶狹窄。</li> <li>■ 寬度可能由數公尺到 1 公里。</li> <li>■ 通常有很高覆蓋率，如附著藻類與微生物。</li> </ul>	<p>8D：有遮蔽的碎石海岸（出海口）。</p> <p>8E：泥炭海岸（出海口）。</p> <p>8F：植被，斜坡與陡峭的懸崖（河岸）。</p>
9	遮蔽潮間帶	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於強烈波浪與潮流能量下受到遮蔽。</li> <li>■ 底質是平坦的（小於 3 度），泥是主要成份。</li> <li>■ 沉積物的水是飽和狀態，所以油污滲透非常少，除非有動物居住洞穴。</li> <li>■ 寬度可能由數公尺到 1 公里。</li> <li>■ 海底動物（生存在底質較軟的海床）密度通常很高。</li> </ul>	<p>9A：有遮蔽的潮間帶（出海口）。</p> <p>9A：有遮蔽的砂或平坦的泥（湖泊）。</p> <p>9B：植被少的海岸（出海口、河岸）。</p> <p>9B：有遮蔽的、植被少的海岸（湖泊）。</p> <p>9C：高鹽份的潮間帶（出海口）。</p>
10	沼澤、溼地、紅樹林	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 底質是平坦的，有泥至砂多樣化的變化，雖有多種生物，而泥濘的土壤是最常見的。</li> <li>■ 各種類型的濕地植被，包含草本植物與木本植物覆蓋於底質，漂浮水生植物（FAV）與水中水生植物（SAV），在 ESI 分類屬於生物資源下的棲息地與或稀有植物。</li> <li>■ 在鹽水與半鹽水沼澤濕地之間，以及淡水沼澤濕地的內陸，在平均每年低流量的條件下，鹽度為 0.5psu。</li> <li>■ 洗刷灌木沼澤濕地（&lt;6m）與與沼澤地（=6m）植物高度之差異。</li> </ul>	<p>10A：鹽水與洗刷灌木沼澤的濕地（出海口）。</p> <p>10B：淡水沼澤濕地（出海口、湖泊、河岸、內陸沼澤地）。</p> <p>10C：沼澤地（出海口、湖泊、河岸、內陸沼澤地）。</p> <p>10D：洗刷灌木沼澤濕地（出海口、湖泊、河岸、內陸沼澤地）。</p> <p>10D：紅樹林（在熱帶氣候）（出海口）。</p> <p>10E：淹沒，低窪苔原（出海口）。</p>

**資料來源：**

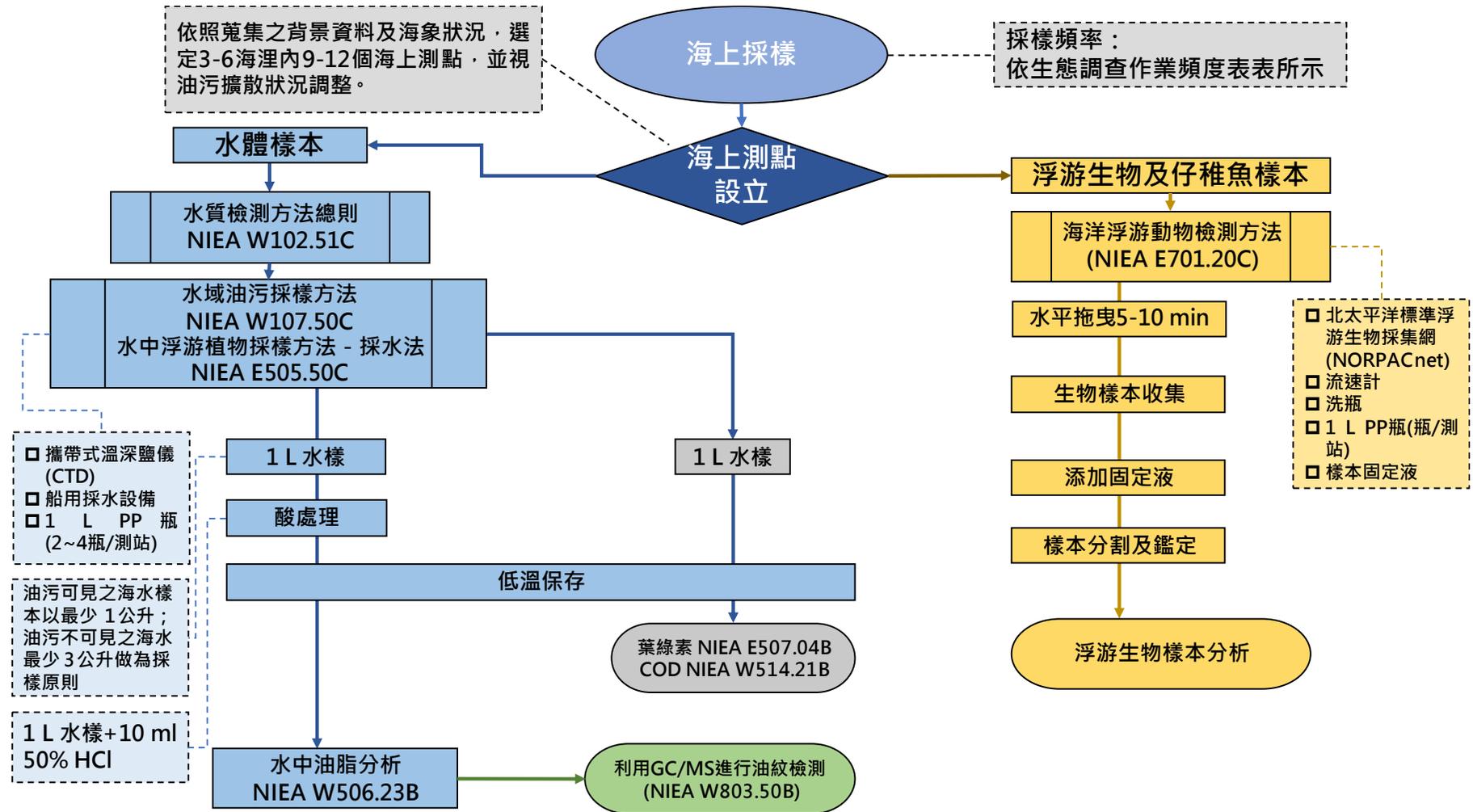
國立高雄海洋科技大學，2010。高雄市海岸環境敏感指標調查。高雄市政府海洋局委託研究。

陳宜清、歐陽良炯，2007。環境敏感指標地圖在臺灣海岸油污清理之應用探討。科學與工程技術期刊，3(3)：13-24。

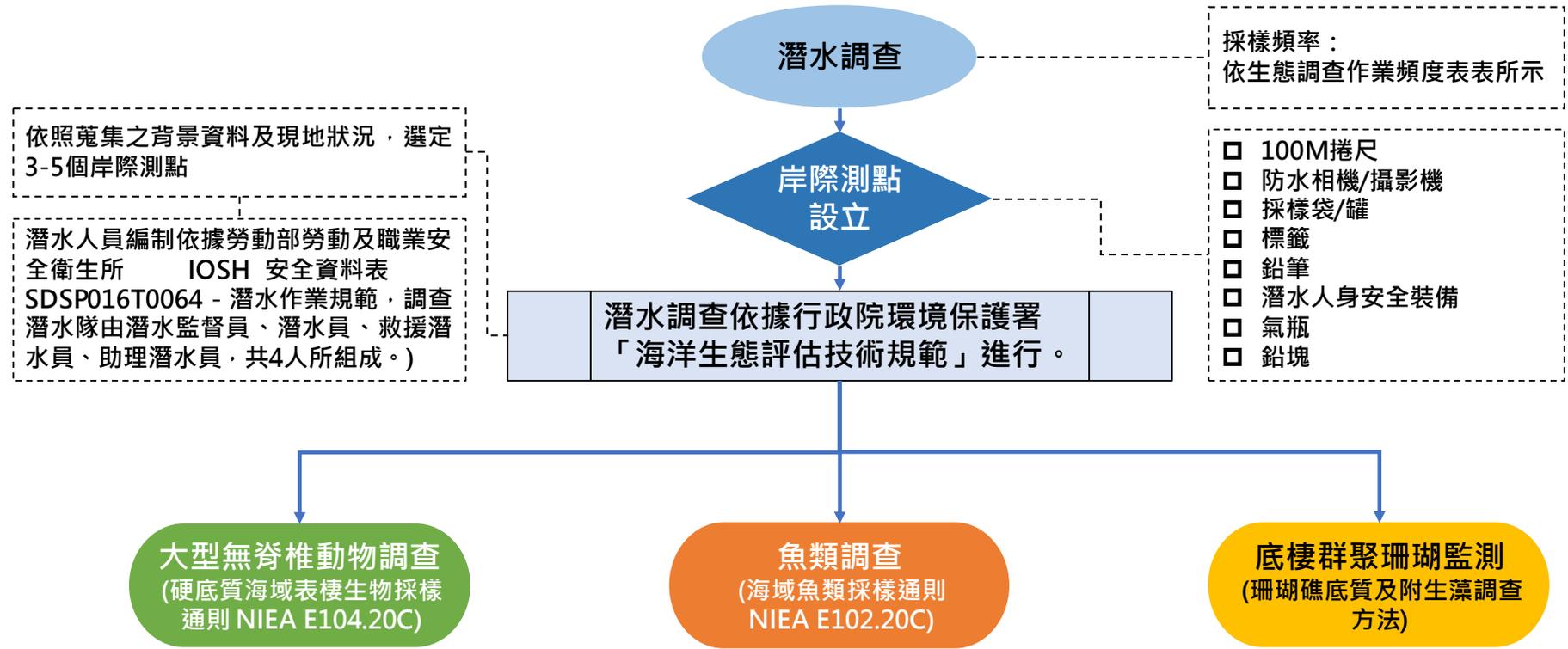
# 船舶調查標準作業方法及程序(研究船)



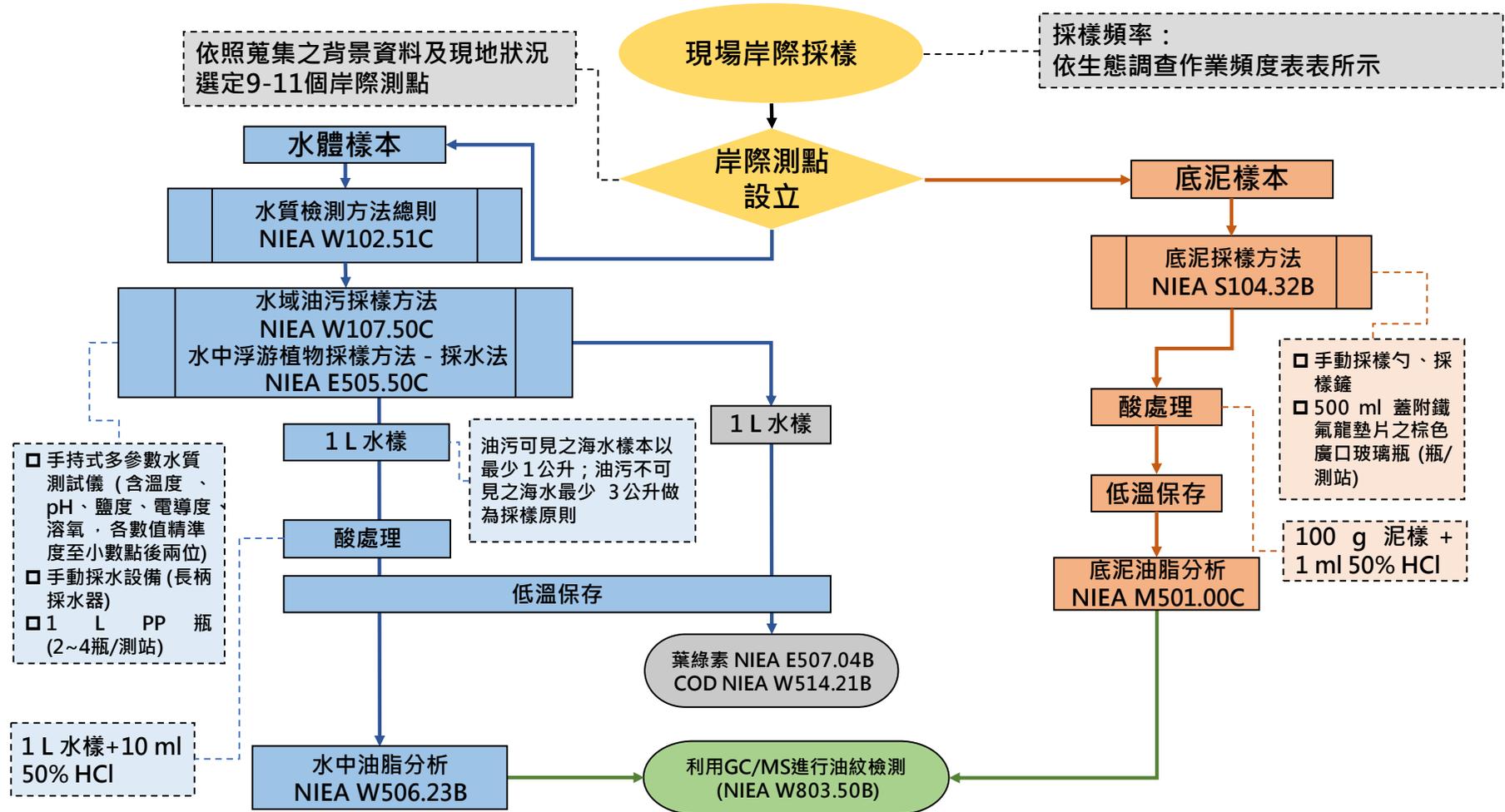
# 船舶調查標準作業方法及程序(租用漁船)



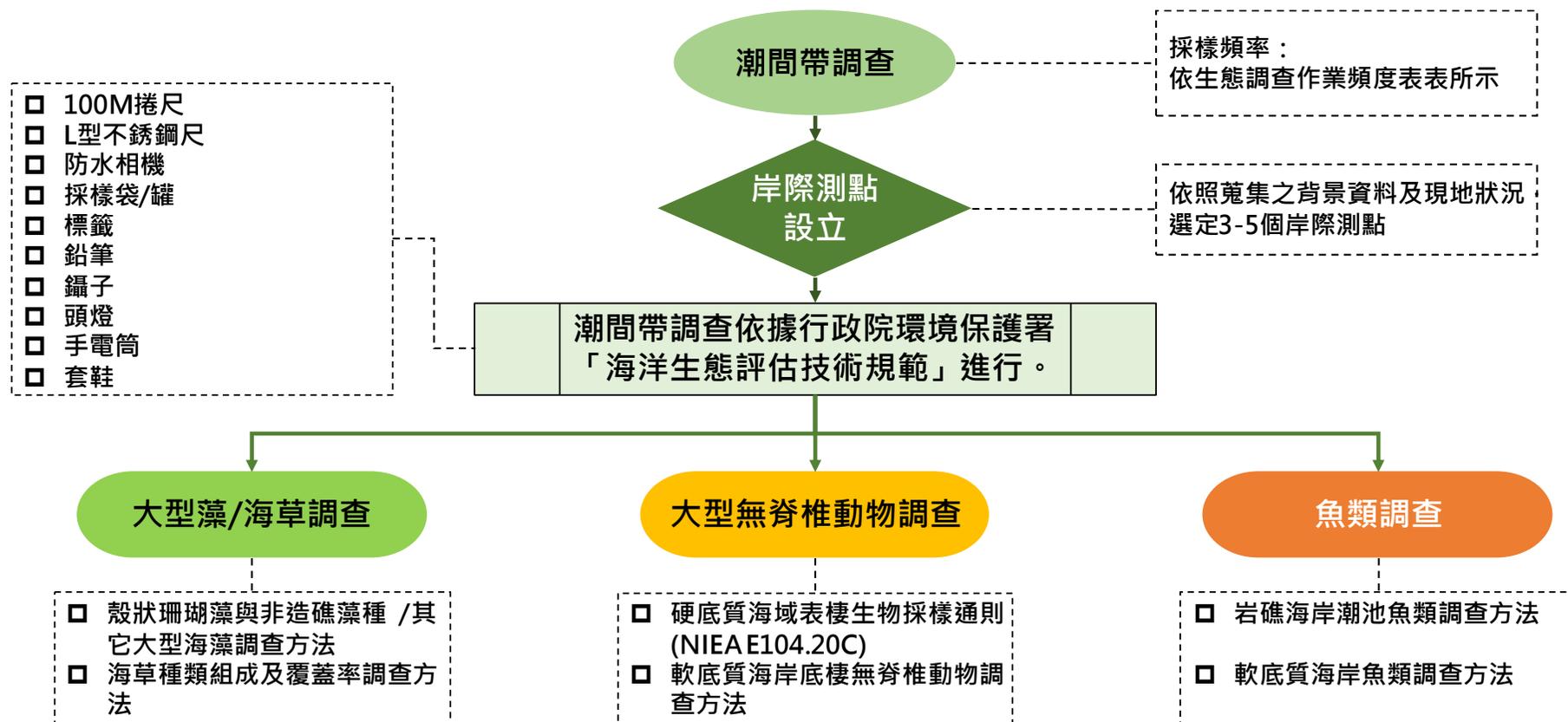
# 潛水調查標準作業方法及程序



# 岸際環境因子調查標準作業方法及程序



## 岸際生態調查標準作業方法及程序



# 環境因子調查方法相關規範及法規

## 水之氫離子濃度指數(pH 值)測定方法—電極法(NIEA W424.53A)

### 一、方法概要

利用玻璃電極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH 值)表示。

### 二、適用範圍

本方法適用於飲用水、地面水體、地下水體、放流水、廢(污)水及其他水性液體之 pH 值測定。

### 三、干擾

- (一)樣品之 pH 值太高或太低均容易造成測定值的誤差，當樣品的 pH 值大於 10 時，測定值容易偏低，可用低鈉誤差 (Low-sodium error) 電極來降低誤差。樣品之 pH 值小於 1 時，測定值容易偏高。
- (二)溫度對 pH 測定之影響：pH 計之電極電位輸出隨溫度而改變，可由溫度補償裝置校正；水解離常數及電解質之離子平衡隨溫度而異，樣品 pH 值因而改變，故測定時應同時記錄水溫。
- (三)當電極被雜質披覆時，將造成測定誤差。如電極被油脂類物質披覆而不易沖洗掉，可以使用：
  - 1. 超音波洗淨機洗淨。
  - 2. 用清潔劑洗淨後以試劑水沖洗數次，再將電極底部三分之一部分浸泡於 1:10 鹽酸溶液中，最後用試劑水完全潤溼。
  - 3. 依製造廠商之說明清洗。

### 四、設備與材料

- (一)pH 測定儀：具有自動溫度或手動溫度補償功能，可讀至 0.01 pH 單位。
- (二)pH 測定儀之電極可使用下列任一種(電極應依照儀器操作手冊之說明進行保存及維護)：
  - 1. 分離式電極：
    - (1)玻璃電極：指示用電極。
    - (2)參考電極：銀—氯化銀或其他具有固定電位差之參考電極。
    - (3)溫度補償探棒：熱電阻、熱電偶或其它電子式溫度探棒，用以測量溶液溫度以補償因溫度不同而產生的電位差變化。
  - 2. 組合式電極 (Combination electrodes)：由玻璃電極、參考電極及(或)溫度補償探棒組合而成，使用較為方便。
- (三)標準溫度計：刻度 0.1°C，校正溫度探棒，使用於自動溫度補償 pH 測定儀。
- (四)一般溫度計：刻度不可大於 0.5°C，測定樣品溫度，使用於手動溫度補償 pH 測定儀。
- (五)分析天平，可精稱至 0.1 mg。
- (六)攪拌器：使用具鐵氟龍被覆磁石之電磁攪拌器或具塑膠被覆葉片之機械攪拌器。

### 五、試劑

- (一)試劑水：比電阻值  $\geq 1 \text{ M}\Omega\text{-cm}$ 。
- (二)標準緩衝溶液：使用市售之商品溶液或以標準級(由美國國家標準與技術局 (NIST) 或對等單位取得)之緩衝鹽類依表一自行配製。市售之標準緩衝溶液須有追溯至國家標準或同等級以上之證明文件(如 Certificate of Analysis)，容器上標示之保存期限為未開封下之最長期限，開封後應標示開

封日期並另訂定適當之使用期限；自行配製之標準緩衝溶液，須與具有能追溯至國家標準或同等級以上之標準溶液比較並確認其效能。

(三)工作緩衝溶液：由標準緩衝溶液分裝之緩衝溶液，應標示分裝日期及使用期限(不得超過 7 天)。

## 六、採樣與保存

(一)採樣時水樣可使用玻璃瓶或塑膠瓶盛裝，或直接將電極浸入水體中，於現場立刻分析。

(二)於實驗室內檢測時，樣品依個別方法之規定儘速分析。

## 七、步驟

### (一)pH 測定儀校正

1. 依使用之 pH 測定儀型式及所設定之校正模式選用正確緩衝溶液。
2. 檢查電極狀況是否良好，必要時打開鹽橋封口，再依 pH 測定儀和附屬設備使用手冊規定進行校正。
3. 調整電極在架上的位置，使玻璃電極和參考電極皆浸在樣品中；使用組合式電極時，將玻璃圓頭部分及參考電極之液接介面浸入樣品中，以建立良好的電導接觸。
4. pH 測定儀至少進行二點校正，通常先以  $7.0 \pm 0.5$  之中性緩衝溶液進行零點校正，再以相差 2 至 4 個 pH 單位之酸性或鹼性緩衝溶液進行斜率校正，此二校正點宜涵蓋欲測樣品之 pH 值，若樣品 pH 值無法在校正範圍時，可採以下方式處理：
  - (1)如 pH 測定儀可進行三點校正且能涵蓋樣品 pH 值時，則進行三點校正。
  - (2)如 pH 測定儀只能進行二點校正或可進行三點校正，但無法涵蓋樣品 pH 值時，應使用另一能涵蓋欲測範圍之標準緩衝溶液查核，其測定值與參考值之差應在 0.05 pH 單位以內。
5. 依 pH 測定儀使用之校正參數(註 1)，記錄：
  - (1) 零點電位 (mV) 或零電位 pH 值。
  - (2) 斜率 (-mV/pH) 或 % 靈敏度。
6. 市售 pH 測定儀，依其功能可分為自動溫度補償及手動溫度補償，其進行步驟如下：

(1)溫度補償：pH 測定儀具自動溫度補償功能時，可直接測定溫度後，自動補償至該溫度下緩衝溶液之 pH 值；溫度探棒須每 3 個月進行校正(同工作溫度計之校正方式)，誤差不得大於  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，並記錄之。採用手動溫度補償時，則以經校正之溫度計先測定溫度，於設定 pH 測定儀之溫度補償鈕至該溫度後，分別調整零點電位及斜率調整鈕至該溫度下緩衝溶液之 pH 值。

(2)確認：選擇 pH 值在校正範圍內之緩衝溶液進行確認，測值與緩衝溶液在該溫度下之 pH 差值不得大於  $\pm 0.05$  pH 單位。

### (二)pH 值測定

1. 檢測每個樣品前，電極必須完全沖洗乾淨。
2. 將電極拭乾後置入樣品中，以攪拌器均勻緩慢攪拌，注意不應產生氣泡，俟穩定後讀取 pH 值並記錄溫度(註 2)。

## 八、結果處理

檢測結果以  $^{\circ}\text{C}$  溫度下 pH 值表示。

## 九、品質管制

(一)每一樣品均須執行重複分析，兩次測值差異應小於 0.1 pH 單位，並以平均溫度及平均 pH 值出具報告。

(二)校正參數須符合下列管制範圍：

1. 零點電位應介於 -25 mV 至 25 mV 之間或零電位 pH 值應介於 6.55 至 7.45 之間。
2. 斜率應介於 -56 mV/pH 至 -61 mV/pH 之間或 % 靈敏度應介於 95%至 103% 之間。

#### 十、精密度與準確度

略

#### 十一、參考資料

(一)American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. Method 4500 - H+ p.4 -95 ~ 99, Washington, D.C, USA, 2017.

(二)U.S. EPA. pH Electrometric Measurement. SW 846 Method 9040C, 2004.

(三)U.S. EPA. Determination of pH in Drinking Water. Method 150.3, 2017.

註 1：校正參數定義及計算：

(1)零點電位或零電位 pH 值：溶液 pH 值等於 7.00 時，以 pH 計所測得之電位 (mV) 稱為零點電位，而測得電位 (mV) 為 0 時溶液之 pH 值稱為零電位 pH 值。理論上 pH 值等於 7.00 時電位值為 0 mV，實際上則因電極狀況及溫度而異，故 pH 計須以 pH 值接近 7.00 之緩衝液校正零點。一般 pH 計校正後會顯示零點電位或零電位 pH 值，如無此功能時，可採用緩衝液在校正溫度下之 pH 值、測定電位及求得之斜率值計算。

$$E_0 = mV_T - (pH_T - 7.00) \times S_T$$
$$pH_0 = pH_T - \frac{(mV_T - 0)}{S_T}$$

$E_0$ ：零點電位 (mV)，記錄至個位數

$pH_0$ ：零電位 pH 值，記錄至小數點第二位

$pH_T$ ：緩衝液在校正溫度  $T^\circ\text{C}$  下之 pH 值

$mV_T$ ：緩衝液在校正溫度  $T^\circ\text{C}$  下之測定電位

$S_T$ ：校正溫度  $T^\circ\text{C}$  下之斜率 (mV/pH)

(2)斜率或 % 靈敏度：斜率為 pH 值改變 1.00 時電位之改變量，此為溫度之函數， $25^\circ\text{C}$  時理論值為 -59.2 mV/pH，實際上則因電極狀況及溫度而異，故 pH 計須以第二種緩衝液校正斜率並由此補償校正與樣品測定溫度不同所造成之電位差異；% 靈敏度則為電極實際斜率與理論值之 % 比值。一般 pH 計校正後會顯示斜率或 % 靈敏度，如無此功能時，可由已知 pH 值的兩種緩衝液和其測得之電位計算求得校正溫度下之斜率，再轉換為  $25^\circ\text{C}$  值， $25^\circ\text{C}$  斜率除以理論值 -59.2  $\times 100\%$  即得 % 靈敏度。

$$S_T = \frac{mV_2 - mV_1}{pH_2 - pH_1}$$
$$S_{25} = \frac{S_T \times (273.15 + 25)}{273.15 + T}$$
$$\% \text{靈敏度} = \frac{-S_{25}}{59.2} \times 100\%$$

$S_T$ ：校正溫度  $T^\circ\text{C}$  下之斜率 (mV/pH)，記錄至小數點第一位

$S_{25}$ ： $25^\circ\text{C}$  下之斜率 (mV/pH)

$mV_1$ ：緩衝液一測得之電位 (mV)

mV<sub>2</sub>：緩衝液二測得之電位 (mV)

pH<sub>1</sub>：緩衝液一在校正溫度 T °C 下之 pH 值

pH<sub>2</sub>：緩衝液二在校正溫度 T °C 下之 pH 值

T：校正溫度 (°C)

(3)計算實例：某實驗室 pH 計之校正結果為

使用緩衝液：7.00、10.01

校正溫度：20 °C

測得電位值：緩衝液 7.00 為 2 mV，緩衝液 10.01 為 -170 mV

則校正參數計算如下：

由緩衝液包裝瓶或 COA 查得在 20 °C 下緩衝液之 pH 值為 7.02 及

10.06。

$$S_T = \frac{mV_2 - mV_1}{pH_2 - pH_1} = \frac{-170 - 2}{10.06 - 7.02} = -56.6 \text{ mV/pH}$$

$$S_{25} = \frac{S_T \times (273.15 + 25)}{273.15 + T} = \frac{-56.6 \times (273.15 + 25)}{273.15 + 20} = -57.5 \text{ mV/pH}$$

$$\% \text{靈敏度} = \frac{-S_{25}}{59.2} \times 100\% = \frac{57.5}{59.2} \times 100\% = 97.3\%$$

$$E_0 = mV_T - (pH_T - 7.00) \times S_T = 2 - (7.02 - 7.00) \times -56.6 = 3 \text{ mV}$$

$$pH_0 = pH_T - \frac{(mV_T - 0)}{S_T} = 7.02 - \frac{2 - 0}{-56.6} = 7.06$$

註 2：於現場量測時，樣品可使用攪拌器攪拌、手動攪拌 (Manually stirring) 或搖動 (Swirling) 樣品容器，惟需注意電極不能碰觸樣品容器壁，此外，亦可將電極直接浸入水體中，緩慢搖動電極，俟穩定後讀取 pH 值並記錄溫度。

註 3：本方法之廢液依一般無機廢液處理。

標準緩衝溶液	在 25 °C 的 pH 值	在 25 °C 每 1000 mL 水溶液所需要之化學物重量
主要標準緩衝溶液:		
飽和酒石酸氫鉀緩衝溶液 (potassium hydrogen tartrate)	3.557	> 7 g 無水酒石酸氫鉀 (KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ) *
檸檬酸二氫鉀緩衝溶液 (potassium dihydrogen citrate)	3.776	11.41 g 無水檸檬酸二氫鉀 (KH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> )
苯二甲酸鹽緩衝溶液 (potassium hydrogen phthalate)	4.004	10.12 g 無水苯二甲酸氫鉀 (KHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> )
磷酸鹽緩衝溶液 (potassium dihydrogen phosphate+ disodium hydrogen phosphate)	6.863	3.387 g 無水磷酸二氫鉀 (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) + 3.533 g 無水磷酸 氫二鈉(Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )**
磷酸鹽緩衝溶液 (potassium dihydrogen phosphate+ disodium hydrogen phosphate)	7.415	1.179 g 無水磷酸二氫鉀 (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) + 4.303 g 無水磷酸 氫二鈉(Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )**

四硼酸鈉(硼砂)緩衝溶液 (sodium borate decahydrate) (borax)	9.183	3.80 g 10 分子結晶水四硼酸鈉( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ )
碳酸鹽緩衝溶液 sodium bicarbonate + sodium carbonate	10.014	2.092 g 無水碳酸氫鈉( $\text{NaHCO}_3$ )+2.640 g 無水碳酸鈉( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
次要標準緩衝溶液:		
季草酸鉀緩衝溶液 (potassium tetroxalate dihydrate)	1.679	12.61 g 2 分子結晶水季草酸鉀 ( $\text{KH}_3\text{C}_4\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
飽和氫氧化鈣緩衝溶液 (Calcium hydroxide)	12.454	>2 g 氫氧化鈣( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) *

\* 剛超過溶解度之量

\*\* 使用剛煮沸 (Freshly boiled) 並經冷卻後之蒸餾水配製即為(不含二氧化碳)之配製水

資料來源：同本文參考資料之表 4500- $\text{H}^+$  : I

## 水中鹽度檢測方法－導電度法(NIEA W447.20C)

### 一、方法概要

本方法係利用水樣所量測出來之導電度與標準海水間之導電度比(Rt)，來計算水中實用鹽度(Practical salinity scale)。

### 二、適用範圍

本方法適用於海域水質及感潮河口水，鹽度範圍為 0 psu(Practical salinity unit)至 42 psu；溫度範圍為  $-2^{\circ}\text{C}$  至  $35^{\circ}\text{C}$ 。

### 三、干擾

量測河口區域之鹽度時，應選擇鹽度較低之標準海水進行校正，而量測高鹽區域之鹽度時則應選擇鹽度較高之標準海水進行校正。

### 四、設備及材料

- (一)鹽度計：市售實驗室型以導電度原理製造。
- (二)水質監測儀：各式現場量測型含鹽度量測功能。

### 五、試劑

- (一)試劑水：不含干擾物質之蒸餾水或去離子水。
- (二)IAPSO(International association for the physical science of the ocean)標準海水：市售標準品，鹽度分別約等於 38、35、30 及 10 psu 四種，其中鹽度約等於 35 psu 之標準海水，用於一般鹽度計單點校正，其餘則用於鹽度較高或較低之海水校正。

### 六、採樣及保存

- (一)水質監測儀，在現場測定即可儲存或直接讀取資料，無保存問題。
- (二)鹽度量測之水樣樣品瓶(以玻璃材質且瓶蓋內有墊片或圓錐式之內塞為宜)於試劑水洗淨後烘乾或晾乾，且使用後應更換瓶蓋或瓶蓋內之墊片或內塞，以防止原水樣殘留未洗淨。採樣前先以水樣裝約半滿，蓋上瓶蓋後上下搖晃，重複此步驟至少二次以上，潤洗後將樣品裝滿至離瓶口約 1 公分後緊密瓶蓋，並且放置於陰涼處，以防止因析出鹽份或蒸發而造成測定上之誤差。

### 七、步驟

- (一)依各儀器製造廠商所提供之校正步驟，以標準海水進行儀器校正。
- (二)測定水樣前，先將水樣輕輕搖晃，切勿產生氣泡，如有氣泡產生，先靜置等氣泡消失後再行檢測，此外，電極先用充分之試劑水淋洗，然後用水樣淋洗，再測其鹽度。
- (三)以同樣步驟測定其他各水樣之鹽度。
- (四)水樣多時，應於測定過程中，以標準海水校正之。

### 八、結果處理

鹽度量測出 Rt 後代入內建公式即可求得實用鹽度，但依所代入公式之不同，而有不同之量測範圍(註一)，因此於量測前，應參考所使用儀器之使用手冊。

### 九、品質管制

重覆分析：每批次樣品或每十個樣品至少執行一次重覆分析，相對差異百分比應在 1% 以內。

### 十、精密度及準確度

請參考環境檢測相關指引執行。

## 十一、參考文獻

(一) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., Method 2520B, pp.2-48~2-49, APHA, Washington, D.C., USA, 1998.

(二) 郭廷瑜、劉康克、白書禎，使用 Autosal 鹽度儀測定鹽度之經驗與實務(I)，國科會海研一號貴重儀器使用中心技術手冊第 004 號，(1990)。

(三) 郭廷瑜、劉康克、白書禎，使用 Autosal 鹽度儀測定鹽度之經驗與實務(II)，國科會海研一號貴重儀器使用中心技術手冊第 005 號，(1990)。

註一：以鹽度計量測出  $R_t$ ，代入(1)式計算即可求出實用鹽度  $S$ (1978)：

$$S = a_0 + a_1 R_t^{1/2} + a_2 R_t + a_3 R_t^{3/2} + a_4 R_t^2 + a_5 R_t^{5/2} + \Delta S$$

其中

$$\Delta S = \left[ \frac{t - 15}{1 + 0.0162(t - 15)} \right] \left( b_0 + b_1 R_t^{1/2} + b_2 R_t + b_3 R_t^{3/2} + b_4 R_t^2 + b_5 R_t^{5/2} \right)$$

$$a_0 = 0.0080$$

$$b_0 = 0.0005$$

$$a_1 = -0.1692$$

$$b_1 = -0.0056$$

$$a_2 = 25.3851$$

$$b_2 = -0.0066$$

$$a_3 = 14.0941$$

$$b_3 = -0.0375$$

$$a_4 = -7.0261$$

$$b_4 = 0.0636$$

$$a_5 = 2.7081$$

$$b_5 = -0.0144$$

$R_t = C$ (水樣於一大氣壓、 $t$  °C 之條件下) /  $C$ (32.4356 克/公斤 KCl 溶液於一大氣壓、 $t$  °C 之條件下)

$C$  = 導電度

其適用鹽度範圍在 2 psu 至 42 psu 之間，溫度適用範圍在  $-2$  °C 至  $35$  °C 之間，溫度採用 1968 年國際實用溫度(International practical temperature scale)，單位採用 °C。

目前實用鹽度(Practical salinity scale)已延伸至更低之鹽度範圍，自 0 psu 至 40 psu，其計算公式為：

$$S = S_{pss} - \frac{a_0}{1 + 1.5X + X^2} - \frac{b_0 f(t)}{1 + Y^{1/2} + Y^{3/2}}$$

$S_{pss}$  = 前述實用鹽度(Practical salinity scale)之測值

$$a_0 = 0.0080$$

$$b_0 = 0.0005$$

$$X = 400 R_t$$

$$Y = 100 R_t$$

$$f(t) = (t - 15) / [1 + 0.0162t(t - 15)]$$

## 水中導電度測定方法—導電度計法(NIEA W203.51B)

### 一、方法概要

導電度(Conductivity)為將電流通過  $1\text{ cm}^2$  截面積，長  $1\text{ cm}$  之液柱時電阻(Resistance)之倒數，單位為  $\text{mho/cm}$ ，導電度較小時以其  $10^{-3}$  或  $10^{-6}$  表示，記為  $\text{mmho/cm}$  或  $\mu\text{mho/cm}$ 。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計後，再測定水樣之導電度。

### 二、適用範圍

本方法適用於水及廢污水中導電度之測定，測定範圍因導電度槽之電極常數  $C$  值之大小而異，一般而言，電極常數和測定範圍之關係如表一所示。

### 三、干擾

- (一)電極上附著不潔物時，會造成測定時之誤差，故電極表面需經常保持乾淨(註 1)，使用前需用標準之氯化鉀溶液校正之。
- (二)當溫度改變攝氏一度時，導電度會偏差  $1.9\%$ ，因此測定時，最好使用水浴維持在  $25 \pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ，否則需校正溫度偏差，並以  $25\text{ }^\circ\text{C}$  之校正值表示之(註 2)。

### 四、設備

- (一)導電度計：包括導電電極(白金電極或其他金屬製造之電極，至少具有  $1.0$  之電極常數者)鹽橋(使用範圍在  $1-1000\ \mu\text{mho/cm}$  或更大者)(註 3)或溫度測定及補償裝置。
- (二)溫度計，可讀至  $0.1\text{ }^\circ\text{C}$  者(註 4)。
- (三)水浴：有恆溫裝置及耐腐蝕者(註 4)。

### 五、試劑

- (一)去離子蒸餾水：其導電度必須小於  $1\ \mu\text{mho/cm}$  者。
- (二)標準氯化鉀溶液， $0.01\text{ N}$ ：溶解  $0.7456\text{ g}$  標準級氯化鉀( $105\text{ }^\circ\text{C}$  烘乾  $2$  小時)於去離子蒸餾水中，並於  $25\text{ }^\circ\text{C}$  時，稀釋至  $1000\text{ mL}$ 。

### 六、採樣與保存

本方法可使用於現場或實驗室測定，若採樣後無法在  $24$  小時內測定完成，則需立即以  $0.45\ \mu\text{m}$  之濾膜過濾後  $4\text{ }^\circ\text{C}$  冷藏並避免與空氣接觸。過濾時，濾膜及過濾器應先使用大量去離子蒸餾水及水樣淋洗。

### 七、步驟

- (一)將標準氯化鉀溶液及待測定之水樣置於室溫或水浴中保持恆溫，此時水溫應在  $25 \pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ，否則依表二調整電極之導電度值(註 2)。
- (二)測定水樣時，電極先用充分之去離子蒸餾水淋洗，然後用水樣淋洗，再測其導電度。
- (三)以同樣步驟測定其他各水樣之導電度。
- (四)水樣多時，應於測定過程中，以標準氯化鉀溶液校正之。

### 八、結果處理

若無溫度測定補償裝置者。則需以下式計算：

$$k, \mu\text{mho/cm} = \frac{(km)}{1 + 0.0191(t - 25)}$$

其中： $k, \mu\text{mho/cm}$  = 換算成  $25\text{ }^\circ\text{C}$  時之導電度

$km$  = 在  $t\text{ }^\circ\text{C}$  時測得之導電度

## 九、品質管制

略。

## 十、精密度與準確度

略。

## 十一、參考資料

- (一) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ED., p2 - 46 ~ 47, 1998.
- (二) 日本規格協會，JIS 手冊，公害關係篇，K0102， pp.2111 ~ 2115，1998。
- (三) U.S. EPA, Methods for Chemical Analysis of Water, and Wastes, Method 120.1, EPA - 600 / 4 - 79 - 020, Revised March 1983

表一 電極常數 C 與測定範圍之關係

電極常數( $\text{cm}^{-1}$ )	測定範圍( $\mu\text{mho}/\text{cm}$ )
0.01	20 以下
0.1	1~200
1	10~2000
10	100~20000
50	1000~200000

表二 0.01 N 之標準氯化鉀溶液於不同溫度下之導電度值

$^{\circ}\text{C}$	$\mu\text{mho}/\text{cm}$
15	1142
16	1169
17	1196
18	1223
19	1250
20	1277
21	1304
22	1331
23	1358
24	1385
25	1412
26	1439
27	1466
28	1493
29	1525
30	1554
31	1584
32	1613

註 1：請參照導電度計操作手冊，經常清洗電極。

註 2：若導電度計附有溫度測定及補償裝置者，請依操作手冊操作，不必另行校正溫度偏。

註 3：市售之導電度計依各種廠牌型式不同，而有不同之測定範圍，應選購適合測定各水樣者。

註 4：若導電度計附有溫度測定補償裝置者，本設備可省略。

# 水中生化需氧量檢測方法(NIEA W510.55B)

## 一、方法概要

水樣在 20°C 恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，測定水樣中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧(Dissolved oxygen, 簡稱 DO)，即可求得 5 天之生化需氧量(Biochemical oxygen demand, 簡稱 BOD<sub>5</sub>)。

## 二、適用範圍

本方法適用於地面水體、地下水、放流水及廢(污)水中生化需氧量檢測。

## 三、干擾

- (一)酸性或鹼性之水樣會造成誤差，應使用氫氧化鈉或硫酸調整之。
- (二)水樣中若含餘氯會造成誤差，可以使用亞硫酸鈉排除干擾。
- (三)水樣中若含氯離子、六價鉻離子、重金屬及其他毒性化學物質均會造成干擾，必須經過適當處理，否則不適宜生化需氧量之測定。
- (四)水樣中溶氧若過飽和會造成誤差。可將水溫調整至  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ，再通入空氣或充分搖動以去除干擾。
- (五)水樣中無機物質如硫化物及亞鐵離子之氧化作用會消耗溶氧而造成誤差；此外，水樣中還原態氮之氧化作用亦會消耗溶氧而造成誤差，可使用硝化抑制劑以避免氧化作用。
- (六)水樣中若含肉眼可見之生物，應去除之。

## 四、設備及材料

- (一)BOD 瓶：60 mL 或更大容量之玻璃瓶(以 300 mL 具玻璃塞及喇叭狀口之 BOD 瓶為佳)。使用前應以清潔劑洗淨，然後以試劑水淋洗乾淨並晾乾。
- (二)恆溫培養箱：溫度可控制在  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ，並可避光以預防 BOD 瓶中藻類行光合作用而導致水樣溶氧增加。
- (三)高壓滅菌釜：溫度能保持在  $121^\circ\text{C}$ (壓力約  $15 \text{ lb/in}^2$  或  $1.1 \text{ kg/cm}^2$ )滅菌 15 分鐘以上。
- (四)溶氧測定裝置：參照水中溶氧檢測方法—碘定量法(NIEA W422)或水中溶氧檢測方法—電極法(NIEA W455)。

## 五、試劑

所有配製使用的試劑化合物除非另有說明，否則必須是分析試藥級；以下所述溶液中，若有沈澱或生物滋長跡象時即應捨棄。

- (一)試劑水：比電阻  $\geq 16 \text{ M}\Omega\text{-cm}$  之純水。
- (二)磷酸鹽緩衝溶液：溶解 8.5 g 磷酸二氫鉀( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )、21.75 g 磷酸氫二鉀( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )、33.4 g 磷酸氫二鈉( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )及 1.7 g 氯化銨( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )於約 500 mL 試劑水中，再以試劑水稀釋至 1 L，此溶液 pH 值應為 7.2，無需任何調整。或者，溶解 42.5 g 磷酸二氫鉀( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )及 1.7 g 氯化銨( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )於約 700 mL 試劑水中，以 10 M 氫氧化鈉溶液調整 pH 值至 7.2，再以試劑水稀釋至 1 L。
- (三)硫酸鎂溶液：溶解 22.5 g 硫酸鎂( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )於試劑水中，並稀釋至 1 L。
- (四)氯化鈣溶液：溶解 27.5 g 氯化鈣( $\text{CaCl}_2$ )於試劑水中，並稀釋至 1 L。
- (五)氯化鐵溶液：溶解 0.25 g 氯化鐵( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )於試劑水中，並稀釋至 1 L。
- (六)硫酸溶液，0.5 M：緩緩加 28 mL 濃硫酸於攪拌之試劑水中，並稀釋至 1 L(註 1)。
- (七)氫氧化鈉溶液，1 M：溶解 40 g 氫氧化鈉於試劑水中，並稀釋至 1 L。
- (八)氫氧化鈉溶液，10 M：溶解 40 g 氫氧化鈉於試劑水中，並稀釋至 100 mL。

- (九)亞硫酸鈉溶液，0.0125 M：溶解 1.575 g 亞硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )於 1 L 試劑水中。此溶液不穩定，須於使用當日配製。
- (十)硝化抑制劑：使用 2-氯-6-(三氯甲基)吡啶(2-Chloro-6-(trichloromethyl) pyridine，簡稱 TCMP)或 TCMP 市售品。
- (十一)葡萄糖—麩胺酸溶液：葡萄糖(Glucose)及麩胺酸(Glutamic acid)經  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  烘乾至少 1 小時後，溶解 0.1500 g 葡萄糖及 0.1500 g 麩胺酸於試劑水中，並稀釋至 1 L。此溶液滅菌(過濾滅菌或  $121^\circ\text{C}$  高溫高壓滅菌 15 分鐘)後貯存於  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  下，可保存 3 個月，若溶液無法維持在無菌狀態，應於使用前配製。
- (十二)碘化鉀溶液：溶解 10 g 碘化鉀於 100 mL 試劑水中。
- (十三)源水：水樣稀釋用，可使用去離子水、蒸餾水、經去氯後之自來水或天然水。

## 六、採樣及保存

水樣在採集後迄分析之保存期間內，可能會因微生物分解有機物質而降低 BOD 值。水樣若在採樣後 2 小時內開始分析，可不需冷藏，若採樣後無法在 2 小時內開始分析，則水樣應冷藏於  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  暗處，並儘可能在 6 小時內分析，但無論如何，水樣應於採樣後 48 小時內進行分析。

## 七、步驟

### (一)準備程序

#### 1.水樣前處理

- (1)所有水樣均須確認 pH 值，若未介於 6.0 至 8.5 範圍內，調整水樣溫度至  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  後，以 0.5 M 硫酸或 1 M 氫氧化鈉溶液將水樣之 pH 值調整為 7.0 至 7.2，所加入硫酸或氫氧化鈉溶液體積不可稀釋樣品超過 0.5%。所有經調整 pH 值之水樣均須植菌。
- (2)含餘氯之水樣：水樣應儘可能在加氯消毒前採集，以避免水樣中含有餘氯。若水樣含有餘氯，可添加亞硫酸鈉溶液去除之。亞硫酸鈉溶液使用量可由下述試驗結果來決定：在每 1000 mL 中性水樣中加入 10 mL 1+1 醋酸溶液(或 1+50 硫酸溶液)及 10 mL 碘化鉀溶液，混合均勻後，以 0.0125 M 亞硫酸鈉溶液滴定，當碘和澱粉指示劑所形成之藍色複合物消失時即為滴定終點。在中性水樣中依比例添加上述試驗所得之亞硫酸鈉溶液用量，混合 10 至 20 分鐘後，檢查水樣是否仍含有餘氯(註 2)。所有加氯/去氯之水樣均須植菌。
- (3)含毒性物質之水樣：某些工業廢水如電鍍廢水含有毒金屬，此類水樣需經過特殊處理。
- (4)含過飽和溶氧之水樣：低溫或發生光合作用之水樣，在  $20^\circ\text{C}$  之溶氧可能過飽和，可將水溫調整至  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ，再通入乾淨且經過濾之空氣或充分搖動以驅出過飽和溶氧。
- (5)含過氧化氫之水樣：一些採集於造紙廠或紡織廠之工業漂白程序水樣含有過氧化氫，會造成水樣中溶氧濃度過飽和。此類水樣可於開口容器中充分混合一段時間(混合時間視過氧化氫含量，可能需 1 至 2 小時)，以消耗水樣中過氧化氫。在混合過程中可觀測樣品中溶氧濃度變化或以過氧化氫試紙確認過氧化氫之去除率，當停止混合後 30 分鐘內溶氧不再增加，可視為過氧化氫已完全反應。

#### 2.源水之選擇及貯存

水樣稀釋用之源水須確認不含重金屬(特別是銅)及毒性物質如餘氯等。應使用乾淨容器保存，以確保源水品質。源水可以一直貯存至使用，只要其所製備之稀釋水空白值符合九、(二)所規定之品質管制範圍，此貯存可以改善某些源水之品質，但對某些源水則可能因微生物滋長而導致品質退化。

### 3. 菌種準備

使用於植菌之菌種必須含有對水樣中生物可分解性有機物質具氧化能力之微生物。家庭污水、廢水生物處理廠未經加氯或其他方式消毒之放流水及排放口之表面廢污水，均含有理想的微生物。某些未經處理之工業廢水、消毒過之廢水、高溫廢水或 pH 值小於 6 或大於 8.5 之廢水中微生物均不足，這些水樣均須添加適量菌種。理想菌種來源為廢水生物處理系統內之混合液或其放流水，若無法取得，可採用家庭污水為菌種來源，使用前須先在室溫下靜置使其澄清，靜置時間應在 1 小時以上，但最長不超過 36 小時，取用時應取上層液。若使用廢水生物處理系統內之混合液或其放流水時，採集後應加入硝化抑制劑。某些水樣可能含有無法由家庭污水來源之菌種以正常速率分解之有機物質，此時應使用廢水生物處理系統內之混合液或其未經消毒之放流水做為菌種來源。若無生物處理設備，則取用放流口下方 3 至 8 公里處之水。若此菌種來源亦無法取得時，可以在實驗室內自行培養或使用市售菌種。實驗室內自行培養菌種時，以土壤懸浮物、活性污泥或市售菌種做為初始菌種，於經沈澱之家庭污水連續曝氣培養，並且每日增加少量污水添加量。然後以此菌種測定葡萄糖—麩胺酸溶液之 BOD 值，直至測值隨時間增加達到一穩定值且在  $198 \pm 30.5$  mg/L 範圍內，此即表示菌種培養成功。

### (二) 檢測程序

#### 1. 稀釋水製備

取適量體積之源水於適當容器中，在使用於 BOD 檢測前，確認溶氧濃度至少 7.5 mg/L，若溶氧濃度不足，則搖晃或通入經過濾且不含有機物質之空氣，或亦可將源水置於具棉花塞蓋之瓶內，保存足夠時間，使其溶氧達 7.5 mg/L。每 1 L 源水中，加入磷酸鹽緩衝溶液、硫酸鎂溶液、氯化鈣溶液及氯化鐵溶液各 1 mL，充分混合並調整溫度至  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 。稀釋水應於使用前製備，除非貯存之稀釋水空白值符合九、(二)所規定之品質管制範圍。若稀釋水空白值超出品質管制範圍，應純化改良或改用其他源水，不可為使稀釋水空白值落入管制範圍中，而添加氧化劑或將稀釋水暴露於紫外線中。

#### 2. 水樣溫度調整

水樣於稀釋前，應調整溫度至  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 。

#### 3. 水樣稀釋

原則上，稀釋後之水樣，經培養 5 天後，殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上，且溶氧消耗量大於 2.0 mg/L 時可靠性最大。以稀釋水將水樣稀釋成至少 3 個稀釋倍數，估計稀釋水樣經培養 5 天後，可導致殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上，且溶氧消耗量至少 2.0 mg/L。一般可由水樣測得之 COD 值來推算其 BOD 值及稀釋濃度。通常各種水樣之稀釋濃度為：嚴重污染之工業廢水 0.0 至 1.0%；未經處理及經沈澱之廢水 1 至 5%；生物處理過之放流水 5 至 25%；受污染之河川水 25 至 100%。水樣之稀釋方法有兩種，可先用定量容器稀釋後再裝入 BOD 瓶，或直接在 BOD 瓶中稀釋。

- (1) 以定量容器稀釋水樣：取欲稀釋體積之水樣置於量筒或定量瓶中，水樣取樣前應充分混合，以避免固體物沈降漏失，以稀釋水裝填至 2/3 滿，並應避免氣泡進入，添加適量之菌種及硝化抑制劑，最後以稀釋水稀釋至最終體積。以虹吸管將稀釋水樣吸入所需數量之 BOD 瓶中，注意在轉移的過程中，小心避免固體物於量筒或定量瓶中沈降。
- (2) 直接在 BOD 瓶中稀釋水樣：取欲稀釋體積之水樣置於 BOD 瓶中，以稀釋水裝填至約 2/3 滿，於個別 BOD 瓶中添加適量之菌種及硝化抑制劑，再以稀釋水填滿 BOD 瓶，如此，當塞入瓶蓋時，即可將所有空氣排出，而無氣泡殘留於 BOD 瓶內。

當水樣之稀釋比率大於 1:100 時，水樣應先以量瓶做初步稀釋，然後再以 BOD 瓶做最後稀釋。稀釋後 BOD 瓶中水樣體積若超過 67%，稀釋水樣中之營養鹽可能不足而影響菌種活性，此時，直接於 BOD 瓶中以 1 mL/L(0.30 mL/300 mL BOD 瓶)比例加入營養鹽、礦物質與緩衝溶液。

#### 4. 菌種添加

若水樣需要植菌，於水樣做最後稀釋前添加於稀釋容器或 BOD 瓶中，若廢水樣品在稀釋前含有毒性物質，不可將菌種直接添加於廢水樣品中。一般而言，300 mL BOD 瓶中添加 1~3 mL 沉降後之原水或初級放流水，或 1~2 mL 1:10 稀釋之活性污泥混合液，將可提供適量之微生物。菌種使用前不可過濾，在菌種轉移過程中需攪動，以確保每一 BOD 瓶中所添加之微生物量相同。加入每一 BOD 瓶中菌種所導致之溶氧消耗量應介於 0.6 至 1.0 mg/L 範圍內，但所加入菌種量應調整至使葡萄糖—麩胺酸溶液之 BOD 值落在  $198 \pm 30.5$  mg/L 範圍內。

#### 5. 硝化抑制劑添加

需要添加硝化抑制劑之水樣包括經生物處理之放流水、以生物處理之放流水植菌之水樣及河川水等。所有添加硝化抑制劑之樣品皆須植菌。硝化抑制劑之使用量應記錄於檢驗報告中。每 1 L 稀釋水樣添加 10 mg TCMP，或添加 3 mg TCMP 於 300 mL BOD 瓶內，且於樣品初步稀釋後及以稀釋水做最後稀釋前加入，在稀釋水樣未裝 2/3 滿前不可添加 TCMP 於 BOD 瓶內。純的 TCMP 溶解速率可能很慢，若未混合完全可能浮在樣品表面。有些市售之 TCMP 較易溶於水樣，但其純度可能不是 100%，需調整其用量。

#### 6. BOD 瓶水封

為避免在培養期間空氣進入 BOD 瓶中，應將 BOD 瓶水封，其方式為添加蒸餾水於已加蓋玻璃塞之 BOD 瓶喇叭狀口。水封後應以紙、塑膠類杯狀物或薄金屬套覆蓋 BOD 瓶之喇叭狀口，以減少培養期間水分蒸發(註 3)。

#### 7. 初始溶氧測定

將稀釋水樣、重複分析水樣、植菌控制、稀釋水空白及葡萄糖—麩胺酸溶液等樣品依照碘定量法(NIEA W422)七、(一)1~4 步驟或依電極法(NIEA W455)進行初始溶氧測定。水樣稀釋後應於 30 分鐘內測定初始溶氧。若使用電極法，於初始溶氧測定後，以稀釋水樣或稀釋水填滿 BOD 瓶以取代被置換之溶液，緊密蓋上瓶蓋後水封；若使用碘定量法，則每一稀釋水樣須裝兩個 BOD 瓶，取其中一瓶測定初始溶氧，另一瓶則緊密蓋上瓶蓋後水封。

8. 水樣培養將水封後樣品置於  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  之恆溫培養箱內培養。培養期間應避光，以避免藻類行光合作用而導致水樣之溶氧增加。

9. 最終溶氧測定於恆溫培養箱培養 5 天 $\pm$ 6 小時後，將稀釋水樣、重複分析水樣、植菌控制、稀釋水空白及葡萄糖—麩胺酸溶液依照碘定量法七、(一)1~4 步驟或依電極法測定最終溶氧。

## 八、結果處理

將溶氧消耗量大於 2.0 mg/L 且殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上之稀釋水樣，依下列公式計算生化需氧量。

$$\text{BOD}_5(\text{mg/L}) = \frac{(D_1 - D_2) - (S)V_s}{P}$$

$D_1$ ：稀釋水樣之初始溶氧(mg/L)

$D_2$ ：稀釋水樣經 20°C 培養 5 天後之溶氧(mg/L)

$S$ ：每一 BOD 瓶中，每 mL 菌種之溶氧消耗量( $\Delta\text{DO}/\text{mL}$ )，若水樣未植菌， $S=0$

$V_s$ ：每一 BOD 瓶中菌種體積(mL)

$P$ ：水樣體積(mL)/稀釋水樣之最終體積(mL)

若水樣有多個稀釋濃度符合溶氧消耗量大於 2.0 mg/L 且殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上，且較高稀釋濃度之水樣不含毒性跡象和明顯異常情況，在合理範圍內以平均值出具報告。

## 九、品質管制

(一)植菌控制：若稀釋水樣有植菌，則須做植菌控制。所謂植菌控制即是將菌種當成水樣測定其 BOD 值。以稀釋水將菌種稀釋成至少 3 個稀釋倍數，理想狀況下，經培養 5 天後，最大稀釋倍數要導致至少 2.0 mg/L 之溶氧消耗，且最小稀釋倍數之殘餘溶氧在 1 mg/L 以上。使用斜率法或比例法計算每 mL 菌種之溶氧消耗量。

1. 斜率法：溶氧消耗量大於 2.0 mg/L 且殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上之植菌控制，以溶氧消耗量 (mg/L) 對應菌種體積(mL) 作圖，可呈現線性關係，其斜率表示每 mL 菌種之溶氧消耗量，而截距則為稀釋水之溶氧消耗量，其值必須小於 0.2 mg/L。

2. 比例法：溶氧消耗量大於 2.0 mg/L 且殘餘溶氧在 1.0 mg/L 以上之植菌控制，將溶氧消耗量 (mg/L) 除以菌種體積(mL) 並求其平均值。不同稀釋倍數所求得之每 mL 菌種之溶氧消耗量，若最大及最小值之相對差異百分比大於 30% 時，表示菌種中可能含有有毒物質或較大顆粒，此時必須確認或更換菌種來源。

(二)稀釋水空白分析：每批次或每 10 個樣品至少執行一次稀釋水空白分析。稀釋水空白應含營養鹽、礦物質和緩衝溶液，但不添加菌種及硝化抑制劑。於培養前及培養後(20 °C，5 天)測定溶氧，其溶氧消耗量不應超過 0.2 mg/L，最好在 0.1 mg/L 以下。

(三)葡萄糖—麩胺酸溶液查核分析：每批次或每 10 個樣品至少執行一次葡萄糖—麩胺酸溶液查核分析。於 3 個 BOD 瓶中各加入適量葡萄糖—麩胺酸溶液，使每個 BOD 瓶含 3.0 mg 葡萄糖/L 及 3.0 mg 麩胺酸/L(6 mL 葡萄糖—麩胺酸溶液/300 mL BOD 瓶)，於 20°C 培養 5 天後，依八、結果處理計算葡萄糖—麩胺酸溶液 BOD 值。3 瓶之 BOD 平均值應在 198±30.5 mg/L 範圍內。

(四)重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行一次重複樣品分析，其相對差異百分比應在 20% 以內。

## 十、精密度與準確度

(一)國內單一實驗室測定葡萄糖—麩胺酸溶液之結果如下表所示：

葡萄糖—麩胺酸溶液 (mg/L)	葡萄糖—麩胺酸 溶液之統計 BOD 值 (mg/L)	月回收濃度 平均值 (mg/L)	月標準偏差 平均值 (mg/L)	三重複分 析樣品數	分析 月數
300	198±30.5*	189	8.7	58	14

資料來源：行政院環境保護署環境檢驗所例行檢驗之資料。

\* 該統計值請參考十、精密度與準確度(三)。

(二)單一實驗室測定葡萄糖—麩胺酸溶液之結果如下表所示：

葡萄糖—麩胺酸溶液 (mg/L)	葡萄糖—麩胺酸 溶液之統計 BOD 值 (mg/L)	月回收濃度 平均值 (mg/L)	月標準偏差 平均值 (mg/L)	三重複分 析樣品數	分析 月數
300	198±30.5*	204	10.4	421	14

資料來源：同本文之參考資料(一)。

\* 該統計值請參考十、精密度與準確度(三)。

(三)實驗室間比測：在一系列的比測中，每次邀請 2 至 112 間實驗室(包括許多檢驗員及許多菌種來源)，測定葡萄糖與麩胺酸 1:1 混合之合成水樣在培養 5 天後之 BOD 值，合成水樣之濃度範圍為 3.3 至 231 mg/L。所得之平均值  $\bar{X}$  及標準偏差 S 之回歸方程式如下：

$$\bar{X} = 0.658 \times \text{添加濃度(mg/L)} + 0.280 \text{ mg/L}$$

$$S = 0.100 \times \text{添加濃度(mg/L)} + 0.547 \text{ mg/L}$$

以 300 mg/L 葡萄糖—麩胺酸溶液經培養 5 天為例，代入上式，其 BOD 之平均值  $\bar{X}$  為 198 mg/L，標準偏差 S 為 30.5 mg/L。(資料來源：同本文之參考資料(一))

## 十一、參考資料

(一) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ED., Method 5210B, pp.5-2~5-7. APHA, Washington, D.C., USA. 2005.

(二) 行政院環境保護署，水質檢測方法，水中溶氧檢測方法—碘定量法，W422。

(三) 行政院環境保護署，水質檢測方法，水中溶氧檢測方法—電極法，W455。

註 1：需注意配製過程中會產生大量熱。

註 2：過量之亞硫酸鈉溶液會形成需氧量，並會慢慢地與經氯化水樣中可能存在之有機氯胺化合物起反應。

註 3：為減少誤差，宜使用經校正體積且編碼相同之 BOD 瓶及瓶蓋。若瓶蓋無編碼，可自行刻記。

# 海水中化學需氧量檢測方法—重鉻酸鉀迴流法(NIEA W514.21B)

## 一、方法概要

將海水水樣置於去氯裝置中，與濃硫酸作用產生氯化氫氣體，以氫氧化鈣吸收去除氯離子干擾後，再加入過量重鉻酸鉀溶液迴流，剩餘之重鉻酸鉀，以硫酸亞鐵銨溶液滴定；由消耗之重鉻酸鉀量，即可求得水樣中化學需氧量(Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD)，此表示樣品中可被氧化有機物的含量。

## 二、適用範圍

本方法適用於化學需氧量濃度 20 mg/L 以下之海水樣品之檢測(註一)。

## 三、干擾

- (一) 重鉻酸根離子在迴流時之自我分解反應，可加入硫酸鉻鉀並在適當之溫度控制下抑制。
- (二) 氯離子產生之干擾，可用濃硫酸處理、氫氧化鈣或鹼石灰吸收並加入硫酸汞去除；溴及碘離子之干擾去除與氯離子相同。
- (三) 揮發性有機酸可能因上述去氯過程而損失。
- (四) 吡啶及其同類化合物無法被氧化，會使 COD 測值偏低。
- (五) 揮發性之直鏈脂肪族化合物不易被氧化，迴流過程中所加入之硫酸銀試劑具有催化作用，可加速其分解。
- (六) 1 mg 亞硝酸鹽氮可使 COD 值增加 1.14 mg；海水中亞硝酸鹽氮濃度通常小於 1 mg/L，在此情況下干擾可忽略。若亞硝酸鹽濃度高於 1 mg/L 時，可依每 1 mg 亞硝酸鹽氮加入 10 mg 胺基磺酸(Sulfamic acid)來排除其所造成之干擾，惟在空白樣品中須加入相同量的胺基磺酸。
- (七) 無機鹽類，如六價鉻離子、亞鐵離子、亞錳離子、硫化物及亞硫酸鹽等會因氧化還原反應而造成干擾，海水中通常不含上述物質。

## 四、設備

- (一) 吸收管：長 17 cm，外徑 2 cm，吸收部分採用燒結玻璃多孔性濾心(如圖例)。
- (二) 迴流裝置：口徑 24 / 40 之 250 mL 錐形瓶、直形或球型冷凝管或具相同功能之迴流裝置。
- (三) 脫鹵加熱裝置：控制溫度於  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 。
- (四) 加熱裝置：控制溫度於  $152 \pm 3^\circ\text{C}$ 。
- (五) 滴定裝置。
- (六) 天平：可精秤至 0.1 mg。

## 五、試劑

- (一) 試劑水：去離子水。
- (二) 沸石。
- (三) 濃硫酸：分析級。
- (四) 硫酸銀：分析級。
- (五) 硫酸汞：試藥特級以上。
- (六) 硫酸-硫酸銀試劑：於 1 L 濃硫酸中加入 60 g 硫酸銀，靜置 1 至 2 日使硫酸銀完全溶解；20 mL 水樣加入 5 mL 此試劑相當於添加 0.015 g/mL 之硫酸銀；此試劑亦可使用已配妥之市售品。
- (七) 重鉻酸鉀標準溶液(標定用)，0.001667 M：以試劑水溶解分析級之重鉻酸鉀 0.4904 g(先在  $150^\circ\text{C}$  烘乾 2 小時)於 1 L 量瓶中，以試劑水定容至標線；或精取市售重鉻酸鉀溶液適當體積於 1 L 量瓶中，以試劑水定容至標線。

- (八) 重鉻酸鉀標準溶液(迴流用)，0.001667 M：取 80 g 硫酸汞溶於 800 mL 試劑水中後，加入 100 mL 濃硫酸使上述溶液完全溶解，移入 1 L 量瓶，再秤取經 150 °C 烘乾 2 小時後之分析級重鉻酸鉀 0.4904 g 加入 1 L 量瓶中，完全溶解後以試劑水定容至標線。或秤取經 150 °C 烘乾 2 小時後之分析級重鉻酸鉀 0.4904 g 溶於 500 mL 試劑水中，加入適量市售之硫酸-硫酸汞試劑，使硫酸汞含量為 80 g / L，混合溶解，以試劑水定容至 1 L。20 mL 水樣添加 10 mL 溶液相當於加入 0.8 g 硫酸汞固體。
- (九) 菲羅啉(Ferrouin)指示劑：溶解 1.485 g 之 1,10 - 二氮雜菲( 1,10 - phenanthroline monohydrate, C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O )及 0.695 g 硫酸亞鐵於試劑水中定容至 100 mL；亦可使用已配妥之市售品。
- (十) 硫酸亞鐵銨滴定溶液，0.005 M：溶解 1.96 g 硫酸亞鐵銨於試劑水中，加入 20 mL 濃硫酸，冷卻後定容至 1 L。使用前標定之。標定方法：取 0.001667 M 標定用重鉻酸鉀標準溶液 10 mL，稀釋至約 100 mL，加入 30 mL 濃硫酸，冷卻至室溫，加入 2 至 3 滴菲羅啉指示劑，以 0.005 M 硫酸亞鐵銨滴定，當溶液由藍綠色變為紅棕色時即為終點。

$$\text{硫酸亞鐵銨滴定溶液莫爾濃度(M)} = \frac{0.001667(\text{M}) \times 10(\text{mL}) \times 6}{\text{消耗之硫酸亞鐵銨滴定溶液體積(mL)}}$$

- (十一) 硫酸鉻鉀試劑：取 25 g 硫酸鉻鉀溶解於加熱之 80 mL 試劑水中，等待完全溶解後，冷卻至室溫後，定容至 100 mL 定量瓶。
- (十二) COD 標準溶液(含氯鹽 20,000 mg/L)：在 1 L 量瓶內溶解 0.0850 g 無水鄰苯二甲酸氫鉀及 32.98 g 試藥級氯化鈉(110 °C 乾燥至恒重)於試劑水中，定容至標線，本溶液之理論 COD 值為 100 mg / L。在未觀察到微生物生長情況下，此溶液在棕色瓶內可冷藏保存三個月。此標準溶液可視實際使用需求，以脫氯效率確認樣品稀釋至適當濃度。
- (十三) 脫氯效率確認樣品：在 1 L 量瓶內溶解 32.98 g 分析級氯化鈉，定容至標線，此溶液含氯鹽 20,000 mg/L。
- (十四) 氫氧化鈣：分析級，顆粒或粉末狀。

## 六、採樣與保存

以玻璃瓶或塑膠瓶採集約 250 mL 之樣品，如無法於採樣後立即分析，應以濃硫酸調整 pH 值至 2 以下，並於 4 ± 2 °C 冷藏，保存期限為 7 日。

## 七、步驟

- (一) 若樣品中可能含有亞硝酸鹽氮時，可依「水中亞硝酸鹽氮檢測方法分光光度計法(NIEA W418)」、「水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮之鎘還原流動注入分析法(NIEA W436)」或「水中陰離子檢測方法—離子層析法(NIEA W415)」(註一)等方法測試其亞硝酸鹽氮濃度，如其含量大於 1 mg/L 時，則依三、(六)之規定加入胺基磺酸去除干擾。
- (二) 取 20 mL 混合均勻之海水水樣，置於 250 mL 錐形瓶(或具相同功能之容器)中，加入數粒沸石，再緩慢加入 25 mL 濃硫酸使其混合均勻，加酸時須冷卻使其溫度低於 45 °C。放一磁石於錐形瓶(或具相同功能之容器)內，將含有氫氧化鈣之吸收管置於錐形瓶(或具相同功能之容器)上，打開磁攪拌器，並加熱控制溫度在 50 °C 左右，使之反應 4 小時。其裝置如圖。
- (三) 冷卻後取出吸收管，先後添加 10 mL 迴流用 0.001667 M 重鉻酸鉀溶液、0.5 mL 硫酸鉻鉀溶液及 5 mL 硫酸-硫酸銀試劑，將錐形瓶移置於迴流裝置上，連接冷凝管，加熱至沸騰後，再加熱迴流 2 小時。
- (四) 冷卻後，以適量試劑水由冷凝管頂端沖洗冷凝管內壁，取下錐形瓶(或具相同功能之容器)，稀釋至 150 mL。

(五) 加入 2 滴菲羅啉指示劑，以 0.005 M 硫酸亞鐵銨溶液滴定至紅棕色為止。

## 八、 結果處理

$$\text{化學需氧量(mg/L)} = \frac{(A - B) \times C \times 8,000}{V}$$

A = 空白樣品消耗之硫酸亞鐵銨滴定溶液體積(mL)

B = 水樣消耗之硫酸亞鐵銨滴定溶液體積(mL)

C = 硫酸亞鐵銨滴定溶液之莫耳濃度(M)

V = 水樣體積(mL)

## 九、 品質管制

- (一) 空白樣品分析：每批次樣品至少執行二次空白分析，取滴定液體積(mL)之平均值，此體積應大於標定體積之 85%。
- (二) 除氯效率確認樣品分析：每批次樣品至少執行二次除氯效率確認樣品分析，其 COD 平均值應小於 3 mg/L。
- (三) 每批次或每 10 個樣品至少執行一次重複樣品分析，其差異應在±15%或 2.0 mg/L 以內。
- (四) 查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行一次查核樣品分析，回收率應在 85~115% 範圍內或誤差 2.0 mg/L 以內。
- (五) 本方法不執行添加分析。

## 十、 精密度與準確度

國內某實驗室進行品管樣品及實際樣品之測試結果如下：

樣品性質	氯鹽濃度 (mg/L)	COD 濃度 (mg/L)	測值 (mg/L)	標準偏差 (mg/L)	回收率 (%)	次數
品管樣品	2000	5	5.3	0.16	105.8	3
	2000	10	10.5	0.11	105.4	3
	2000	15	15.5	0.08	103.3	3
	2000	20	19.7	0.05	98.5	3
海水樣品 (1)	-	原樣	5.9	0.24	-	15
海水樣品 (2)	-	原樣	6.4	0.25	-	15
海水樣品 (3)	-	原樣	6.4	0.17	-	3
		原樣添加 5	11.1	0.11	94.1	3

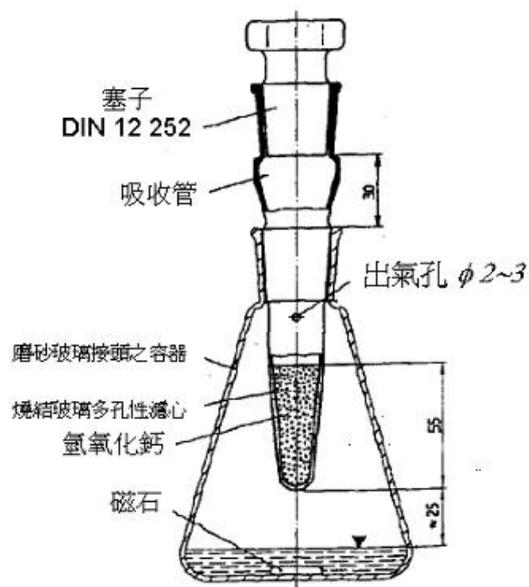
## 十一、 參考資料

- (一) DIN 38409-H44-2 Determination of the Chemical Oxygen Demand (COD), December 1992.
- (二) DIN 38409-H43-2 Determination of the Chemical Oxygen Demand (COD), December 1981.
- (三) DIN 38409-H41-2 Determination of the Chemical Oxygen Demand (COD), December 1980.
- (四) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Ed., pp. 5 -14 ~ 5 - 19. APHA, Washington, D.C., USA.
- (五) ASTM, 2006, D1252-06, Standard Test Methods for Chemical Oxygen Demand ( Dichromate Oxygen Demand )of Water.

註一：若海水樣品化學需氧量濃度 20 mg/L 以上時，可依「含高濃度鹵離子水中化學需氧量檢測方法—重鉻酸鉀迴流法(NIEA W516)」進行檢測。

註二：本文引用之公告方法之內容及編碼，以環保署最新公告者為準。

註三：本檢驗相關之廢液，依含汞無機廢液處理。



去氣裝置圖例

## 水域油污採樣方法(NIEA W107.50C)

### 一、方法概要

依據水域特性選擇適當之採樣器及樣品瓶，進行水域油污採樣，以確保採得可作油污鑑定及分析之代表性樣品。

### 二、適用範圍

本方法適用於海域、海岸及出海口等水體之油污樣品採集。

### 三、干擾

(一) 採集油污樣品中應避免水含量過多，以減少因與水層接觸而產生之化學性、物理性及生物性干擾。

(二) 採樣器材應避免交互污染。

### 四、設備

(一) 定位設備：能確定採樣測站之座標，如：全球定位系統(GPS)。

(二) 安全設備：依據採樣地點所需之基本安全設備，如：救生衣、救生圈。救生衣及救生圈之材料、結構及標示必須符合經濟部標準檢驗局所訂之國家標準。

(三) 溫度計：溫度計量測範圍需涵蓋 0 至 50°C，刻度需精密至 0.1°C，其外殼最好套有金屬或塑膠保護裝置，以防破裂。

(四) 攜帶式 pH 計：在 25°C 下，其解析度需可達 0.01 單位，附有溫度補償裝置。

(五) 攜帶式導電度計：附有溫度補償裝置。

(六) 攜帶式溶氧計：執行揮發性有機物採樣時需備用，附有溫度及鹽度補償功能。

(七) 採樣設備：

1. 附鐵氟龍內墊蓋之廣口玻璃瓶：先以溫的水溶性清潔劑清洗，再經 6 次熱水沖洗後，以試劑水清洗 2 次，再以試藥級丙酮清洗 1 次，最後以正己烷清洗 1 次，之後放入烘箱，以 105°C 烘 30 分鐘後備用。

2. 鐵氟龍-碳氟聚合物材質之採樣器：以高純度正己烷或丙酮溶劑清洗三次，風乾後備用。清洗過鐵氟龍-碳氟聚合物材質之 5×7.5 cm 之採樣條及 50-70 網目採樣網皆適用。通常鐵氟龍-碳氟聚合物採樣網(圖一)，因可減低油在表面滾動之速度及較多可收集油滴之表面開口，所以採集油污樣品量較多。

(八) 樣品容器：附鐵氟龍內墊蓋之棕色玻璃瓶或錫箔紙包裝廣口玻璃瓶。

(九) 安全防護設備：包括護目鏡、N95 活性碳級以上防護口罩及亞硝酸鹽材質手套等。

(十) 冰桶：用於冷藏樣品。

### 五、試劑

(一) 試劑水：去離子水。

(二) 高純度溶劑：如正己烷、丙酮等，潤濕採樣設備及採樣容器清洗時使用。

### 六、採樣及保存

(一) 採樣基本原則

1. 採樣目的為採得具代表性之溢油，包括：適宜採樣點、含最少量之水及維持樣品完整性。

2. 採集溢油區至少 3 個樣品以證實樣品是否均質，所採樣品位置需為不同區域且為最厚油污層處，以採得足夠可分析之油污樣品量。但如在特殊狀況下，只能採集 1 個樣品時，需在較厚油污層處採樣。
3. 如使用飛行航器如直昇機等執行水域溢油即時採樣時，可採用其他方式如溢油採樣浮筒(Oil spill sampling buoy)等採樣器進行採樣。
4. 如可能時，同時採取包括附近環境棄置點及疑似污染產生源之樣品。
5. 樣品之需求：
  - (1) 每一樣品數量需夠執行重複分析。
  - (2) 樣品瓶需貼上標籤或掛牌。
  - (3) 運送過程需嚴加管制且登錄於樣品監管鏈表中。

## (二) 使用附鐵氟龍內墊蓋之廣口玻璃瓶採樣：

### 1. 適用範圍

- (1) 適用於海面厚層之浮油、稠油、油球及焦油球。
- (2) 適用於海岸油污帶及浸泡過油污之碎屑。

### 2. 海面浮油採樣

- (1) 選定油污層累積較厚處為採樣點。
- (2) 取下瓶蓋並放在非採樣手上或不會受污染之位置，將採樣瓶緩慢放入水中並來回撈取表面浮油或油滴直至裝滿體積量之 3/4。
- (3) 將瓶蓋裝上，旋緊並倒置 2-3 分鐘後，緩緩鬆開蓋子將水層排掉。
- (4) 旋緊瓶蓋並放正。
- (5) 如有必要，重複步驟(2)至(4)，直至收集約 60 mL 浮油或浮油完全被採集為止。
- (6) 採樣完成後，倒置 10 分鐘，之後緩緩鬆開瓶蓋進行最後一次之水層排放步驟。
- (7) 旋緊瓶蓋放正，並除去採樣瓶表面多餘的水及油。
- (8) 瓶身貼上標籤並標示採樣點等相關資料，瓶蓋以抗油膠帶封住並貼上封條。
- (9) 填寫相關採樣品管文件。

### 3. 海岸油污帶採樣

- (1) 選定油污層累積較厚處為採樣點。
- (2) 取下瓶蓋並放在手上，利用瓶身或瓶蓋如同勺子一樣進行採樣，將油污樣品裝滿體積量之 3/4。如必要，以木製鴨舌板處理樣品，使其能移入容器內。
- (3) 更換瓶蓋後，旋緊瓶蓋並抹除表面多餘物質。
- (4) 瓶身貼上標籤並標示採樣點等相關資料，瓶蓋以抗油膠帶封住並貼上封條。
- (5) 填寫相關採樣品管文件。

## (三) 鐵氟龍-碳氟聚合物材質採樣器採樣

### 1. 適用範圍

- (1) 適用於海面厚層之浮油、稠油、油球及焦油球。
- (2) 適用於海面薄層之油膜及浮油。
- (3) 適用高風化之油污

### 2. 海面浮油採樣

- (1) 選定油污層累積最厚處為採樣點。
- (2) 各式鐵氟龍-碳氟聚合物材質採樣設備採樣方式：

- (a) 鐵氟龍-碳氟聚合物材質之採樣條或具相同功能之採樣條：將蓋子取下後，以乾淨鑷子將條狀採樣器放在倒立瓶蓋上，以鑷子夾住條狀採樣器緩慢在油污層來回拖吸並注意油不可沾污鑷子。採樣完成之採樣條立即放入玻璃瓶內，以免樣品流失。重複此步驟直至 8 片採樣條採樣完成。
  - (b) 鐵氟龍-碳氟聚合物材質採樣網：從採樣組中取出手套並戴上，握住附在採樣網之支撐環把手並從密封袋中取出，如長度不夠時，可將其接在延伸桿中採樣。緩慢來回拖拉使含浮油水層通過網內，其中需至少讓油污充滿網 8 次。採樣完成後，取下網並放入鐵氟龍蓋之玻璃瓶中。
  - (3) 旋緊瓶蓋後，瓶身貼上標籤並標示採樣點等相關資料，瓶蓋以抗油膠帶封住並貼上封條。
  - (4) 填寫相關採樣品管文件。
- (四) 樣品保存：樣品放於冰桶，表面貼上危險標示，以 4°C 避光冷藏，而樣品瓶間應以保護墊料護住以免撞裂。

## 七、 步驟

略

## 八、 結果處理

略

## 九、 品質管制

- (一) 採樣時應採集一個或數個現場品管樣品，品管樣品的種類及其數量應視需要於採樣計畫書中詳細規定。現場品管樣品可包括下列幾種：
  - 1. 設備空白(Equipment blank): 以採樣時間為批次單位，使用不含待測物的試劑水淋洗採樣設備，用來檢查清潔除污的有效性。
  - 2. 現場空白(Field blank): 將不含待測物之試劑水或基質相似者於檢驗室配製裝入樣品瓶密封後，攜至採樣地點，曝露於採樣狀況下(例如打開瓶蓋等)，再與採集之樣品一同攜回檢測。可用於判知整個採樣、運送過程之污染情形。
  - 3. 運送空白(Trip blank): 將不含待測物之試劑水於檢驗室配製裝入樣品瓶密封後，攜至現場再與其他採集之樣品送回檢驗室檢測，過程中均不打開，可用於判知運送過程之污染情形。
- (二) 採樣過程應確實填寫「現場採樣紀錄表」，採樣紀錄包括：
  - 1. 採樣人員姓名。
  - 2. 採樣點編號及樣品編號。
  - 3. 採樣點位置描述，包括全球定位系統經緯度資料。
  - 4. 採樣方式。
  - 5. 採樣日期及時間。
  - 6. 現場檢測結果，包括水溫、pH、溶氧、導電度、鹽度等，含各現場量測儀器之校正紀錄。
  - 7. 氣候條件，例如氣溫、晴雨狀況等。
  - 8. 其他描述，如漏油時之時間等。

## 十、 精密度及準確度

略

## 十一、 參考資料

- (一) ASTM, D 4489-95, Standard Practice for Sampling of Waterborne Oils, 2001.
- (二) ASTM, D 3325-90, Standard Practice for Preservation of Waterborne Oil Samples, 2002.

(三)行政院環境保護署，環境樣品採集及保存作業指引 NIEA-PA102，中華民國 94 年 1 月 15 日。



圖一 鐵氟龍-碳氟聚合物採樣網

## 水中油脂檢測方法—液相萃取重量法(NIEA W506.23B)

### 一、方法概要

水中油脂經正己烷萃取後，將經無水硫酸鈉除水之有機層收集至燒瓶中，蒸餾及烘乾後將餘留物稱重，即得油脂(正己烷抽出物)量；將油脂(正己烷抽出物)溶於正己烷，以活性矽膠吸附極性物質，過濾蒸餾並烘乾稱重，即得礦物類油脂量；油脂(正己烷抽出物)量與礦物類油脂量之差，即為動植物性油脂量。

### 二、適用範圍

本方法適用於地面水體、地下水體、廢(污)水、放流水及飲用水中油脂之檢測。

### 三、干擾

- (一)任何可溶解於正己烷溶劑中之元素硫、複雜的芳香族化合物、含氯、硫和氮之碳氫化合物以及某些有機染料可能會一併被萃取出而被誤判為油脂。
- (二)低沸點(小於 85°C)之油脂類物質在蒸餾及烘乾過程中易漏失，以致水樣中油脂量之測值將較實際值為低。
- (三)重油中的殘留物可能含有相當多無法萃取之物質。
- (四)有些樣品基質於萃取時，會增加有機層中之含水量，當有機層流經乾燥管，若含水量超過無水硫酸鈉之去水能力，無水硫酸鈉會溶解而流入燒瓶中，於蒸餾烘乾後，將於燒瓶中析出，而造成正干擾。此時，於燒瓶加入 30 mL 正己烷再次溶解油脂，以經正己烷潤濕之濾紙過濾並收集濾液，再淋洗燒瓶 2 次，洗液一併收集至濾液中，繼續依步驟七、(一)8 至 10 完成蒸餾及烘乾稱重。  
(註 1)
- (五)於檢測礦物類油脂時，若矽膠粉末穿過濾紙將會形成正干擾，此時須使用較細孔徑之濾紙。
- (六)重量法易受環境濕度之影響而使稱重結果產生誤差，故從乾燥器中取出稱重時，動作宜迅速，避免在空氣中曝露太長時間。

### 四、設備與材料

- (一)乾燥管：裝有約 10 g 無水硫酸鈉。
- (二)蒸餾回收裝置：如圖一所示，亦可使用減壓濃縮機或其他溶劑回收裝置。
- (三)烘箱。
- (四)乾燥器。
- (五)分液漏斗：2 L。
- (六)分析天平：可精稱至 0.1 mg。
- (七)燒瓶：200 mL。
- (八)磁石攪拌器。
- (九)磁石：以鐵氟龍 (Teflon) 塗覆。
- (十)水浴：能控制溫度於 85°C ±2°C。
- (十一)真空抽氣機或其他抽氣設備。
- (十二)冰水浴。
- (十三)廣口玻璃瓶：1 L 或其他適當體積。

### 五、試劑

- (一)試劑水：不含有待測物質及干擾物質之蒸餾水或去離子水。
- (二)鹽酸，1+1：將 1 體積之濃鹽酸緩緩加入 1 體積之試劑水中。

(三)硫酸，1+1：將 1 體積之濃硫酸緩緩加入 1 體積之試劑水中。

(四)正己烷：殘量級。

(五)無水硫酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )：分析級。

(六)矽膠 (Silica gel)：100 mesh 至 200 mesh， $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  乾燥 24 小時後，置於乾燥器或密封容器內備用。

(七)十六烷 (Hexadecane)：純度 98% 以上。

(八)硬脂酸 (Stearic acid)：純度 98% 以上。

(九)十六烷 / 硬脂酸標準溶液，1+1：製備於丙酮中，十六烷及硬脂酸濃度皆為 2000 mg/L，可依下列方式製備或購買市售標準溶液。

1. 稱取  $200 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$  硬脂酸及  $200 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$  十六烷於 100 mL 定量瓶，以丙酮定容至標線 (註 2)。
2. 溶解硬脂酸及十六烷，且溶液在室溫冷卻至體積回復標線後，將溶液轉移至 100 mL 至 150 mL 具鐵氟龍裡襯且附螺旋蓋之瓶中，旋緊瓶蓋，於瓶上標示液面位置，室溫下貯存於暗處 (註 3)。
3. 使用前，確認瓶上液面標示，若有需要，以丙酮補充體積至標示處。加熱再溶解所有可見之沈澱物，惟在使用前，須將溶液在室溫冷卻至體積回復標線。
4. 溶液最長保存期限為 6 個月，若有變質或蒸發現象時應重新配製 (註 4)。

(十)查核標準品：移取  $10 \text{ mL} \pm 0.1 \text{ mL}$  十六烷 / 硬脂酸標準溶液至 950 mL 至 1050 mL 試劑水中，十六烷及硬脂酸之濃度皆約 20 mg/L (註 5)。

## 六、採樣與保存

(一)以廣口玻璃瓶採集具代表性水樣，採樣前廣口玻璃瓶先以清潔劑清潔，於試劑水洗淨乾燥後再以正己烷淋洗，以去除干擾物質。

(二)採樣時，水樣不得溢出樣品瓶且不得分裝樣品。檢驗時需全量分析。

(三)水樣取樣量一般約為 1 L，若預期樣品濃度大於 1000 mg/L，按比例減少取樣量。

(四)若水樣於採樣後 2 小時內無法分析，以 1+1 鹽酸或 1+1 硫酸酸化水樣至 pH 值小於 2，並於  $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  冷藏，於此條件下，可保存 28 天。

## 七、步驟

(一)油脂(正己烷抽出物)

1. 首先於樣品瓶上標示水樣之位置，以便事後測量水樣體積 (註 6)；若採樣時未加酸保存，則以 1+1 鹽酸或 1+1 硫酸酸化水樣至 pH 值小於 2 (一般而言，每 1 L 水樣加 5 mL 即足夠)。
2. 將水樣倒入 2 L 之分液漏斗中。
3. 用 30 mL 正己烷淋洗樣品瓶然後倒入分液漏斗中。
4. 先用手搖動分液漏斗數下將氣體排出，然後振搖 2 分鐘。
5. 靜置分層，排出水層及少量有機層之後收集於樣品瓶，排出有機層使流經乾燥管，收集於 200 mL 燒瓶。
  - (1)乾燥管內裝有約 10 g 無水硫酸鈉，並先以正己烷潤濕。
  - (2)燒瓶使用前，須先放入  $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  之烘箱中烘約 10 分鐘，取出放入乾燥器中冷卻後稱重並記錄之 (至 0.1 mg)；重複前述烘乾、冷卻及稱重步驟，直至前後 2 次重量差小於 0.5 mg，此為空瓶重。

- (3)若萃取層不乾淨時，可在乾燥管上方放置漏斗，並鋪上經正己烷潤濕之濾紙將雜物濾出，以免影響重量。
6. 將排出之水層及少量有機層重新倒入分液漏斗。
  7. 重複步驟 3 至 6 之萃取步驟 2 次，並合併萃取後之有機層。
  8. 再以約 10 mL 至 20 mL 正己烷加入分液漏斗內，沖洗分液漏斗後，移入乾燥管中一併收集於燒瓶內。
  9. 燒瓶內之正己烷，在  $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  水浴上蒸餾(正己烷可回收使用)並乾燥之，最後以真空抽氣機抽氣 1 分鐘。(註 7、註 8)
  10. 為避免燒瓶內仍殘存有正己烷或水氣，於蒸餾後，放入  $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  之烘箱內 10 分鐘。
  11. 取出燒瓶，放入乾燥器中冷卻後稱重並記錄之(至 0.1 mg);重複前述烘乾、冷卻及稱重步驟，直至前後 2 次重量差於小於 0.5 mg，此為空瓶重加油脂量。(保留燒瓶及內容物以測定礦物類油脂)。

## (二)礦物類油脂

1. 加入 100 mL 正己烷於檢驗油脂(正己烷抽出物)之燒瓶，以溶解油脂，或將水樣依步驟七(一)1 至 7 操作。
2. 於燒瓶中每 100 mg 油脂(正己烷抽出物)加入 3.0 g 矽膠，最多加入 30.0 g 矽膠(1000 mg 油脂(正己烷抽出物))，加栓後以磁石攪拌器攪拌 5 分鐘。
3. 以先用溶劑潤濕之濾紙過濾，收集濾液於已稱重之燒瓶內，再以 10 mL 正己烷洗滌濾紙及燒瓶，洗液併於燒瓶內。
4. 依七、步驟(一)8 至 10 操作。

## (三)動植物性油脂

七、步驟(一)項之油脂(正己烷抽出物)量減去七、步驟(二)項之礦物類油脂量即為動植物性油脂量。

## 八、結果處理

$$(一) \text{油脂(正己烷抽出物)}(\text{mg/L}) = \frac{A \times 10^6}{V}$$

A：檢驗油脂(正己烷抽出物)燒瓶增加之重量 (g)

V：水樣體積 (mL)

$$(二) \text{礦物類油脂}(\text{mg/L}) = \frac{B \times 10^6}{V}$$

B：檢驗礦物類油脂燒瓶增加之重量 (g)

V：水樣體積 (mL)

$$(三) \text{動植物性油脂}(\text{mg/L}) = \text{油脂(正己烷抽出物)}(\text{mg/L}) - \text{礦物類油脂}(\text{mg/L})$$

## 九、品質管制

(一)查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 次查核標準品分析，油脂(正己烷抽出物)回收率應介於 78% 至 114%，礦物類油脂回收率應介於 64% 至 132%。

(二)空白樣品分析：每批次樣品或每 10 個樣品至少執行 1 次空白樣品分析，空白分析值應小於法規管制標準值的 5%。

十、精密度與準確度單一實驗室執行查核標準品分析(分析次數 = 4)結果如表一所示。

## 十一、參考資料

(一) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed., Method 5520-oil and grease-A,B,F pp.5-41~5-47, 2017.

(二) U.S. EPA. n-Hexane extractable material (HEM; oil and grease) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM; non-polar material) by extraction and gravimetry. Method 1664, Revision B, 2010.

(三) 行政院環境保護署，水中油脂檢測方法—固相萃取重量法 NIEA W507.51C，中華民國 109 年。  
註 1：為避免無水硫酸鈉於沖提液中析出之干擾，亦可使用市售溶劑相分離濾紙 (Solvent phase separation paper) 來取代無水硫酸鈉。

註 2：溶液可能需要加溫以完全溶解硬脂酸，若有加溫，溶液使用前須在室溫冷卻至體積回復標線，因劇烈震盪所產生的熱會增加溶液體積，而導致低回收率，溶液加溫後至少冷卻 1 個小時可獲致較佳結果。

註 3：十六烷 / 硬脂酸標準溶液可以分成數等份分裝於已知容量之瓶中，但仍須於瓶上標示液面位置，室溫下貯存於暗處。

註 4：以移液管取 10 mL 標準溶液於已知重量之稱盤中，置於排煙櫃中蒸發至乾，增加之重量應為 40 mg ± 1 mg，否則需重新配製。使用大口徑平滑壁之鋁稱盤可獲致較佳結果。

註 5：十六烷為礦物類油脂(濃度 20 mg/L)，硬脂酸為動植物性油脂(濃度 20 mg/L)，兩者總和為油脂(正己烷抽出物)(濃度 40 mg/L)。

註 6：於樣品瓶中加入試劑水至水樣標線，再以量筒量測試劑水之體積，此即為水樣體積。

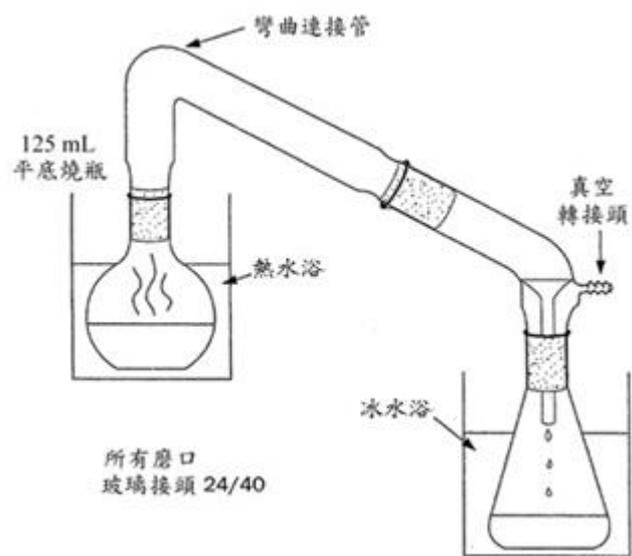
註 7：除使用水浴蒸餾，亦可使用減壓濃縮機或其他方式回收正己烷，惟溫度不可超過 85°C。

註 8：若使用減壓濃縮機，水浴溫度以 40°C 為宜，避免沸騰，轉速不宜太快，大約為每分鐘 60 轉至 80 轉 (60 rpm 至 80 rpm)。

註 9：廢液分類處理原則—本檢驗產生之廢液依一般無機廢液處理原則處理，產生之廢溶劑依一般不含氯廢溶劑處理原則處理。

表一 單一實驗室執行查核標準品分析(分析次數 = 4)結果

	油脂(正己烷抽出物)			礦物類油脂		
	回收率 (%)	平均回收率 (%)	標準偏差 (%)	回收率 (%)	平均回收率 (%)	標準偏差 (%)
樣品 1	94.8			89.7		
樣品 2	90.8			87.7		
樣品 3	88.8	91.2	2.6	84.7	87.2	2.1
樣品 4	90.3			86.7		



圖一 蒸餾回收裝置示意圖

# 水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析串聯式質譜儀法(NIEA W803.50B)

## 一、方法概要

水樣及毒性特性溶出程序萃出液經調整 pH 值後，以液相—液相萃取或固相萃取法取得萃出液；萃出液經除水、濃縮及定容後，以氣相層析串聯式質譜儀 (Gas chromatograph tandem mass spectrometer, GC/MS/MS) 檢測半揮發性有機化合物。

## 二、適用範圍

本方法適用於飲用水、飲用水水源、地面水體、地下水、放流水、廢(污)水及毒性特性溶出程序 (Toxicity characteristic leaching procedure, TCLP) 萃出液中半揮發性有機化合物，化合物如表一所列，未在表列中的化合物，經驗證後亦可適用。

## 三、干擾

- (一)當使用的溶劑、試藥、玻璃器皿及其他樣品處理過程中之器材與設備含有污染物時，會產生干擾，其結果可能為單一的污染物波峰或導致總離子圖譜的基線上升；必要時可進行試劑空白分析，以確認其干擾來源。
- (二)鄰苯二甲酸酯會引起分析上嚴重之干擾，此類污染常源自塑膠器皿，故在採樣及分析過程中，不可使用塑膠器皿。
- (三)玻璃器皿必須清洗以避免干擾；玻璃器皿使用完畢，以溶劑淋洗，再以清潔劑清洗，最後以自來水、試劑水或適當之有機溶劑淋洗。玻璃器皿晾乾或烘乾(僅限於非定容器皿)後，適當貯放，避免污染。
- (四)採用殘量級或高純度的試藥及溶劑有助於減少干擾的問題，必要時可將溶劑以玻璃蒸餾裝置予以純化。
- (五)當污染物質與待測物同時自樣品中被萃出時，將會造成基質干擾，其干擾程度視樣品來源的不同而有相當大的差異。
- (六)分析過程如遇到濃度特別高的樣品，可緊隨著分析試劑空白樣品以確認系統是否有跨次污染。
- (七)萃取過程中發生乳化現象時，可加入適量氯化鈉、攪拌或進行連續式液相-液相萃取等方式去除乳化。

## 四、設備與材料

- (一)採樣瓶：1 L 或以上，棕色玻璃材質，附螺旋瓶蓋，瓶蓋內襯為鐵氟龍墊片。若使用無色玻璃瓶，可以鋁箔紙包於瓶外，以避免照光。使用前，玻璃瓶及瓶蓋內襯應事先清洗乾淨，並以丙酮或二氯甲烷淋洗後晾乾，以避免污染。
- (二)分液漏斗：250 mL 或以上，硼矽玻璃材質，附鐵氟龍活栓，不得使用潤滑油脂。
- (三)固相萃取管 (Solid phase extraction cartridge) 或固相萃取膜 (Solid phase extraction disk) 裝置：固相萃取管(膜)組合裝置含蠕動馬達及幫浦或自動固相萃取管(膜)裝置或相同功能裝置者。
- (四)固相萃取膜(管)：親水親脂平衡 (Hydrophilic-lipophilic balance, HLB)、磺醯基強陽離子交換 (Sulfonyl group strong cation exchange, SCX)、二乙烯苯 (Divinylbenzene, DVB)、C18 等材質或同級品。
- (五)活性碳管柱：填充材質為活性碳，Carbon cartridge 或同級品。
- (六)pH 計或 pH 試紙：pH 範圍 0 至 14。
- (七)濃縮裝置：可使用減壓濃縮裝置、加熱減壓吹氮濃縮定量裝置、振盪減壓濃縮裝置、離心減壓濃縮裝置或其他相似功能之裝置。

- (八)除水裝置：無水硫酸鈉除水玻璃管柱、除水膜 (Dry disk membrane) 或其他相似具除水功能之材料或裝置。
- (九)分析天平：可精稱至 0.1 mg 。
- (十)注射針或微量移液管。
- (十一)氮氣吹乾裝置。
- (十二)氮氣及氬氣：純度為 99.999 % 以上，可使用去水、去有機物及去氧裝置淨化之。
- (十三)氣相層析串聯式質譜儀：

1. 氣相層析儀：具備管端注射及分流／不分流式注射口之完整配備的氣相層析儀分析系統及所有附件配備，包括注射針、層析管柱、氣體、數據處理系統。
2. 串聯式質譜儀：具電子游離化 (Electron ionization, EI) 離子源，四極柱質譜解析度設定須等於或優於單位質量解析度(能夠分離 1 個質量單位差異的 2 支質譜峰)。

## 五、試劑

- (一)試劑水：不含待測物之去離子水或市售純水。
- (二)10 M 氫氧化鈉溶液：溶解約 40 g 試藥級氫氧化鈉於少量試劑水中，定容至 100 mL。
- (三)50 % 硫酸溶液：緩慢將 50 mL 濃硫酸(比重 1.84)加入於 50 mL 試劑水中，或依比例配製。
- (四)1 % 氨水溶液：取 40 mL 25 % 氨水以試劑水定容至 1 L，或依比例配製。
- (五)丙酮：殘量級或同級品。
- (六)二氯甲烷：殘量級或同級品。
- (七)氯化鈉：試藥級。
- (八)無水硫酸鈉：試藥級。
- (九)硫代硫酸鈉：試藥級。
- (十)儲備標準溶液：稱取約 10 mg(精稱至 0.1 mg)之已知純度待測物標準品，個別置於 10 mL 量瓶中，以二氯甲烷或適當溶劑溶解後，定容至刻度，貯存於棕色之試藥瓶(瓶蓋須有鐵氟龍內襯)內，置於 -10 °C 以下冷凍保存。在計算儲備標準溶液之濃度時，若該化合物的純度為 96 % 或更高時，則所稱的重量可直接計算儲備標準溶液之濃度，而不需考慮因標準品純度不足 100 % 所造成之誤差。若能購得市售混合標準儲備液且具備藥品追溯證明文件亦可使用。
- (十一)中間標準溶液：將儲備標準溶液以二氯甲烷或適當溶劑稀釋，配製成所需之單一或混合化合物之中間標準溶液。
- (十二)擬似標準品：依檢測項目要求，選用表二中酸性或(及)鹼性擬似標準品或選擇合適擬似標準品，以丙酮或適當溶劑配製擬似標準品儲備溶液。若能購得市售擬似標準儲備液且具備藥品追溯證明文件亦可使用。
- (十三)內標準品：將表二所列之內標準品或依檢測項目選擇適當內標準品，以二氯甲烷或適當溶劑配製內標準品儲備溶液。若能購得市售內標標準儲備液且具備藥品追溯證明文件亦可使用。各化合物對應之內標準品請參考表三。

## 六、採樣與保存

- (一)以乾淨之棕色玻璃採樣瓶收集水樣約 1 L(採樣瓶不得以擬採之水預洗)。
- (二)所有樣品在採集後到萃取前，必須冷藏在 4 °C ± 2 °C ；如樣品中含有餘氯，每公升樣品加入約 80 mg 硫代硫酸鈉，並混合均勻。
- (三)所有樣品必須在採集後 7 天內完成萃取，並在萃取後 40 天內完成分析，萃取液裝於密閉玻璃瓶，要避光並儲存於 -10 °C 以下。

(四)毒性特性溶出程序萃出液之採樣與保存依「事業廢棄物毒性特性溶出程序 (NIEA R201.1) (註 1)」執行。

## 七、步驟

### (一)檢量線製備

1. 以二氯甲烷或適當溶劑稀釋半揮發性有機化合物之中間標準溶液，配製至少 5 種不同濃度之檢量線標準溶液，最低一點標準品的濃度宜與方法定量極限(約為 3 倍方法偵測極限)之濃度相當。每一濃度之檢量線標準溶液，於上機前需添加一定量的內標準品。檢量線之線性相關係數  $r$  應達 0.99 以上。
2. 檢量線確認：檢量線製備完成，應即以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度之標準品(若無第二來源標準品時，至少應使用另一獨立配製之標準品)進行確認，其相對誤差不得超過 $\pm 30\%$ 。

### (二)樣品前處理

#### 1. 液相—液相萃取(可依需要調整酸鹼萃取順序)

- (1) 取約 100 mL 或適當體積水樣於分液漏斗(須記錄分析水樣之體積)，添加適當濃度之擬似標準品，以 50% 硫酸溶液調 pH 值約至 2，量取 6 mL 二氯甲烷(二氯甲烷體積可依水樣體積比例調整)，倒入分液漏斗，搖動約 1 分鐘，靜置，俟水樣分層後，收集有機層，再重複二氯甲烷萃取步驟二次，有機層合併收集。(此為酸性半揮發性有機化合物之萃取液)
- (2) 剩餘之水層再以 10 M 之氫氧化鈉調 pH 值約至 12，量取 6 mL 二氯甲烷(二氯甲烷體積可依水樣體積比例調整)，倒入分液漏斗，搖動約 1 分鐘，靜置，俟水樣分層後，收集有機層，再重複二氯甲烷萃取步驟二次，有機層合併收集。(此為鹼性/中性半揮發性有機化合物之萃取液)
- (3) 除水(擇一使用)：酸性半揮發性有機化合物之萃取液與鹼性/中性半揮發性有機化合物之萃取液，分別以下述方式除水後，再合併於濃縮瓶中。
  - A. 無水硫酸鈉除水管柱除水：置少許玻璃棉於除水玻璃管柱底部，然後加入 5 公分至 10 公分高之無水硫酸鈉，將有機萃取液通過此除水玻璃管，收集於圓底燒瓶；再以 20 mL 至 30 mL 之二氯甲烷沖洗萃液收集瓶及除水玻璃管，合併洗液於濃縮瓶。
  - B. 除水膜除水。
  - C. 其他類似除水功能之材料或裝置。
- (4) 以適當濃縮裝置或氮氣吹乾裝置濃縮萃取液，以二氯甲烷定容至適當體積，於上機前添加一定量的內標準品。

#### 2. 固相萃取(依待測物特性選擇適當材質及沖提條件，亦可參考「水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析質譜儀法(NIEA W801.5)前處理條件執行」)(註 2)

- (1) 將 HLB 及 SCX 串接或使用 HLB+SCX 合併之固相萃取膜(管)(註 3)與活性碳管柱串聯並固定於固相萃取裝置。
- (2) 萃取系統活化：依序以 2 次 5 mL 丙酮及 2 次 5 mL 試劑水浸泡及流洗，活化過程萃取膜均須保持濕潤。
- (3) 樣品萃取：取約 200 mL 或適當體積水樣(須記錄分析水樣之體積)，添加適當濃度之擬似標準品，以 50% 硫酸溶液調 pH 值約至 2，置入樣品儲存槽，抽取樣品，待全部水樣依序通過固相萃取膜(管)及活性碳管柱。
- (4) 萃取膜(管)沖提收集：

- A. 第一段沖提：依序以 5 mL 丙酮浸泡萃取膜(管)3 分鐘後流洗收集，5 mL 二氯甲烷浸泡萃取膜(管)3 分鐘後流洗收集，5 次 5 mL 二氯甲烷浸泡萃取膜(管)1 分鐘後流洗收集，所有流洗液合併收集，萃取收集液 A。
- B. 第二段沖提：依序以 5 mL 丙酮浸泡萃取膜(管)1 分鐘後流洗收集，5 mL 1 % 氨水溶液浸泡萃取膜(管)2 分鐘後流洗收集，5 mL 丙酮浸泡萃取膜(管)3 分鐘後流洗收集，4 次 5 mL 二氯甲烷浸泡萃取膜(管)2 分鐘後流洗收集，所有流洗液合併收集，萃取收集液 B。
- (5) 活性碳管柱沖提收集：依序以 2 次 5 mL 丙酮浸泡萃取管柱 1 分鐘後流洗收集，8 次 5 mL 二氯甲烷浸泡萃取管柱 1 分鐘後流洗收集，所有流洗液合併收集，萃取收集液 C。
- (6) 除水(擇一使用)：萃取收集液 A、萃取收集液 B 與萃取收集液 C，分別以下述方式除水後，再合併於濃縮瓶中。
  - A. 無水硫酸鈉除水管柱除水：置少許玻璃棉於除水玻璃管柱底部，然後加入 5 公分至 10 公分高之無水硫酸鈉，將有機萃取液通過此除水玻璃管，收集於圓底燒瓶；再以 20 mL 至 30 mL 之二氯甲烷沖洗萃液收集瓶及除水玻璃管，合併洗液於濃縮瓶。
  - B. 除水膜除水。
  - C. 其他類似除水功能之材料或裝置。
- (7) 以適當濃縮裝置或氮氣吹乾裝置濃縮萃取液，以二氯甲烷定容至適當體積，於上機前添加一定量的內標準品。

### (三)儀器分析

1. 氣相層析串聯式質譜儀從事分析前，應先以儀器商建議之校正液(如全氟三丁胺 (Perfluorotributylamine, PFTBA))確認儀器是否符合質量解析度、準確度和靈敏度等品管要求。
2. 氣相層析儀分析條件(可視實際需要適當調整之)
  - (1) 層析管柱條件：
    - A. 2 支 15 m(長度)× 0.25 mm(內徑)× 0.25 μm(膜厚)DB-5MS 串接或 30 m(長度)× 0.25 mm(內徑)× 0.25 μm(膜厚)DB-5MS 或同級品。
    - B. 20 m(長度)× 0.18 mm(內徑)× 0.14 μm(膜厚)DBEUPAH 或同級品。
    - C. 20 m(長度)× 0.18 mm(內徑)× 0.18 μm(膜厚)DB5MS 或同級品。
  - (2) 注入口：分流或不分流，280 °C。
  - (3) 載流氣體與流率：氮氣，1.2 mL/min。
  - (4) 層析管柱升溫程式：起始溫度 40°C 維持 3 分鐘，以每分鐘 10°C 從 40°C 升溫至 100°C，維持 2 分鐘；再以每分鐘 20°C 從 100 °C 升溫至 300°C，最後維持 9 分鐘。
3. 串聯式質譜儀分析條件(可視實際需要適當調整之)
  - (1) 傳輸管溫度：280 °C。
  - (2) 碰撞氣體：氮氣。
  - (3) 離子化模式：電子游離 (70eV)。
  - (4) 離子源溫度：280 °C。
  - (5) 四極柱溫度：150 °C。
  - (6) 監測模式：多重反應監測 (Multiple reaction monitoring, MRM) 模式。

## 八、結果處理

### (一)定性分析

1. 使用氣相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式，前驅(Precursor ion)/產物離子 (Product ion) 對如表四所示。每一種待測物監測兩對前驅/產物離子對，以其中感度較高的前驅/產物離子對作為定量，第二前驅/產物離子對作為定性的依據。
2. 待測物與標準品的相對滯留時間 (Relative retention time, RRT)的差異必須在平均值  $\pm 0.06$  RRT(註 4)或  $\pm 0.03$  分鐘滯留時窗 (Retention time windows) 的時間單位內。RRT = RTs / RTis  
RTs : 待測化合物之滯留時間。RTis : 對應內標準品之滯留時間。
3. 待測物之兩監測前驅/產物離子對(積分面積或高度)的相對比率 (Ion ratio) 須落在可接受的離子比例範圍之內(如表五所示)，其相對比率須以檢量線查核分析或品管樣品的前驅/產物離子對的比率為基準計算之。

### (二)定量分析

由檢量線求得待測化合物之檢出濃度 C，依下列公式計算樣品濃度：

$$\text{樣品濃度(mg/L)} = \frac{C \times V \times D}{V_s} \times \frac{1}{1000}$$

其中

C：由檢量線求得之化合物檢出濃度 ( $\mu\text{g/L}$ )

V：定量體積 (mL)

Vs：水樣取樣量 (mL)

D：稀釋因子，無單位。若未經稀釋，D=1。

## 九、品質管制

- (一)檢量線查核：每 12 小時或每批次樣品須查核檢量線之適用性，所測得濃度之相對誤差不得超過  $\pm 30\%$ 。
- (二)空白樣品分析：每批次(當該批樣品少於 10 個時)或每 10 個樣品至少執行 1 個空白分析，空白樣品分析值應小於 2 倍方法偵測極限。
- (三)重複樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 個重複樣品分析。
- (四)查核樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 個查核樣品分析。
- (五)添加樣品分析：每批次或每 10 個樣品至少執行 1 個添加樣品分析。
- (六)內標準品監測：分析前及每 12 小時確認每一個內標準品的滯留時間與檢量線標準溶液中點濃度之內標準品滯留時間比較，差異應在  $\pm 0.4\%$  以內，而其離子尖峰面積變異，則應在  $-50\%$  至  $+100\%$  之間。
- (七)擬似標準品的回收率：應評估每個樣品中擬似標準品的回收率，並與本身所建立的品管要求比較，觀察有無異常情況出現。國內單一實驗室驗證所得擬似標準品回收率列於表六至九中。

## 十、精密度與準確度

- (一)表六及表七為單一實驗室以固相萃取檢測水中半揮發性有機化合物之查核樣品及添加樣品之精密度及準確度。
- (二)表八及表九為單一實驗室以液相—液相萃取檢測水中半揮發性有機化合物之查核樣品及添加樣品之精密度及準確度。

## 十一、參考資料

- (一)行政院環境保護署，分液漏斗液相－液相萃取法 NIEA R106.02C，中華民國 101 年。
- (二)行政院環境保護署，固相萃取方法 NIEA M188.00C，中華民國 93 年。
- (三)U.S. EPA. Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Method 8270E, 2018.
- (四)European Commission Decision of 12 August 2002 implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results (2002/657/EC), Off. Eur. Commun. L221/8-35, 2002.

註 1：本文引用之公告方法名稱及編碼，以行政院環境保護署最新公告者為準。

註 2：固相萃取步驟中沖提液種類、沖提液體積、浸泡時間及沖提流速，均可依實驗室設備及環境作適當調整。

註 3：Atlantic 8270 One Pass Disk 同時具備 HLB 及 SCX 材質功能，若選擇 HLB 及 SCX 單一材質固相萃取膜(管)，則須串接合併使用，方可同時萃取鹼性／中性半揮發性有機化合物與酸性半揮發性有機化合物。

註 4：平均值  $\pm 0.06$  RRT 係指待測物 RRT 之間的誤差必須在 0.06 以內，例如，待測物的 RRT 平均值為 0.92，則樣品分析中待測物峰之 RRT 必須在 0.86 至 0.98 的 RRT 範圍內。

表一 半揮發性有機化合物一覽表

英文名稱	中文名稱	CAS No.
N-Nitrosodimethylamine	N-亞硝基二甲胺	62-75-9
Phenol	酚	108-95-2
Bis(2-chloroethyl) ether	雙-2-氯乙醚	111-44-4
2-Chlorophenol	2-氯酚	95-57-8
1,3-Dichlorobenzene	1,3-二氯苯	541-73-1
1,4-Dichlorobenzene	1,4-二氯苯	106-46-7
1,2-Dichlorobenzene	1,2-二氯苯	95-50-1
2-Methylphenol	2-甲基酚	95-48-7
Bis(2-chloroisopropyl) ether	雙-2-氯異丙基醚	108-60-1
N-Nitroso-di-n-propylamine	N-亞硝基二丙基胺	621-64-7
4-Methylphenol	4-甲基酚	106-44-5
Hexachloroethane	六氯乙烷	67-72-1
Nitrobenzene	硝基苯	98-95-3
Isophorone	異佛爾酮	78-59-1
2-Nitrophenol	2-硝基酚	88-75-5
2,4-Dimethylphenol	2,4-二甲基酚	105-67-9
Bis(2-chloroethoxy)methane	雙-2-氯乙氧基甲烷	111-91-1
Benzoic acid	苯甲酸	65-85-0
2,4-Dichlorophenol	2,4-二氯酚	120-83-2
1,2,4-Trichlorobenzene	1,2,4-三氯苯	120-82-1
Naphthalene	萘	91-20-3
4-Chloroaniline	4-氯苯胺	106-47-8

Hexachlorobutadiene	六氯丁二烯	87-68-3
4-Chloro-3-methylphenol	4-氯-3-甲基酚	59-50-7
2-Methylnaphthalene	2-甲基萘	91-57-6
Hexachlorocyclopentadiene	六氯環戊二烯	77-47-4
2,4,5-Trichlorophenol	2,4,5-三氯酚	95-95-4
2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-三氯酚	1988/6/2
2-Chloronaphthalene	2-氯萘	91-58-7
2-Nitroaniline	2-硝基苯胺	88-74-4
Dimethyl phthalate	鄰苯二甲酸二甲酯	131-11-3
2,6-Dinitrotoluene	2,6-二硝基甲苯	606-20-2
Acenaphthylene	芴烯	208-96-8
3-Nitroaniline	3-硝基苯胺	88-74-4
2,4-Dinitrophenol	2,4-二硝基酚	51-28-5
Acenaphthene	芴	83-32-9
4-Nitrophenol	4-硝基酚	100-02-7
Dibenzofuran	二苯駢呋喃	132-64-9
2,4-Dinitrotoluene	2,4-二硝基甲苯	121-14-2
Diethyl Phthalate	鄰苯二甲酸二乙酯	84-66-2
Fluorene	芴	86-73-7
4-Chlorophenyl phenyl ether	4-氯苯基苯基醚	7005-72-3
4-Nitroaniline	4-硝基苯胺	100-01-6
4,6-Dinitro-2-methyl-phenol	4,6-二硝基-2-甲基酚	534-52-1
Azobenzene	偶氮苯	103-33-3
4-Bromophenyl phenyl ether	4-溴苯基苯基醚	101-55-3
Hexachlorobenzene	六氯苯	118-74-1
Pentachlorophenol	五氯酚	87-86-5
Phenanthrene	菲	1985/1/8
Anthracene	蒽	120-12-7
Carbazole	咔唑	86-74-8
Di-n-butyl phthalate	鄰苯二甲酸二丁酯	84-74-2
Fluoranthene	苯駢芴	206-44-0
Benzidine	聯苯胺	92-87-5
Pyrene	芘	129-0-0
Bisphenol A	雙酚 A	1980/5/7
Dihexyl phthalate	鄰苯二甲酸二己酯	84-75-3
Benzyl butyl phthalate	鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	85-68-7
3,3'-Dimethylbenzidine	3,3'-二甲基聯苯胺	119-93-7
Bis(2-ethylhexyl) adipate	己二酸二(2-乙基己基)酯	103-23-1
3,3'-Dichlorobenzidine	3,3'-二氯聯苯胺	91-94-1
Chrysene	蒽	218-01-9

Di(2-ethylhexyl) phthalate	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	117-81-7
Benzo[a]anthracene	苯(a)駢蔥	56-55-3
Dicyclohexyl phthalate	鄰苯二甲酸二環己酯	84-61-7
Di-n-octyl phthalate	鄰苯二甲酸二辛酯	117-84-0
Dibenzyl phthalate	鄰苯二甲酸二苄酯	523-31-9
Benzo[b]fluoranthene	苯(b)駢芘	205-99-2
Benzo[k]fluoranthene	苯(k)駢芘	207-08-9
Dinonyl phthalate	鄰苯二甲酸二壬酯	84-76-4
Benzo[a]pyrene	苯(a)駢芘	50-32-8
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	茛(1,2,3-cd)芘	193-39-5
Dibenz[a,h]anthracene	二苯(a,h)駢蔥	53-70-3
Benzo[g,h,i]perylene	苯(g,h,i)芘	191-24-2

註：得參考表六及表八選擇適當之前處理法

表二 半揮發性有機化合物之內標準品及擬似標準品

內標準品	酸性半揮發性有機化合物 之擬似標準品	鹼性/中性半揮發性有機 化合物之擬似標準品
Acenaphthene-d <sub>10</sub>	2-Fluorophenol	2-Fluorobiphenyl
Chrysene-d <sub>12</sub>	Phenol-d <sub>6</sub> 、Phenol-d <sub>5</sub>	Nitrobenzene-d <sub>5</sub>
1,4-Dichlorobenzene-d <sub>4</sub>	2,4,6-Tribromophenol	Terphenyl-d <sub>14</sub>
Naphthalene-d <sub>8</sub>		
Perylene-d <sub>12</sub>		
Phenanthrene-d <sub>10</sub>		

表三 半揮發性有機化合物參考對應之內標準品

1,4-Dichlorobenzene-d <sub>4</sub>	Naphthalene-d <sub>8</sub>	Acenaphthene-d <sub>10</sub>
Bis(2-chloroethyl)ether	Benzoic acid	Acenaphthene
Bis(2-chloroisopropyl)ether	Bis(2-chloroethoxy)methane	Acenaphthylene
2-Chlorophenol	4-Chloroaniline	2-Chloronaphthalene
1,3-Dichlorobenzene	4-Chloro-3-methylphenol	4-Chlorophenyl phenyl ether
1,4- Dichlorobenzene	2,4-Dichlorophenol	Dibenzofuran
1,2- Dichlorobenzene	2,4-Dimethylphenol	Diethyl phthalate
2-Fluorophenol (surr.)	Hexachlorobutadiene	Dimethyl phthalate
Hexachloroethane	Isophorone	2,4-Dinitrophenol
2-Methylphenol	2-Methylnaphthalene	2,4-Dinitrotoluene
4-Methylphenol	Naphthalene	2,6-Dinitrotoluene
N-Nitrosodimethylamine	Nitrobenzene	Fluorene
N-Nitroso-di-n-propylamine	Nitrobenzene-d <sub>8</sub> (surr.)	2-Fluorobiphenyl (surr.)
Phenol	2-Nitrophenol	Hexachlorocyclopentadiene
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	1,2,4-Trichlorobenzene	2-Nitroaniline
		3-Nitroaniline
		4-Nitroaniline
		4-Nitrophenol
		2,4,6-Tribromophenol (surr.)
		2,4,6-Trichlorophenol
		2,4,5-Trichlorophenol
Phenanthrene-d <sub>10</sub>	Chrysene-d <sub>12</sub>	Perylene-d <sub>12</sub>
Anthracene	Benzidine	Benzo[b]fluoranthene
4-Bromophenyl phenyl ether	Benzo[a]anthracene	Benzo[k]fluoranthene
Di-n-butyl phthalate	Di(2-ethylhexyl)phthalate	Benzo[g,h,i]perylene
4,6-Dinitro-2-methyl-phenol	Benzyl butyl phthalate	Benzo[a]pyrene
Fluoranthene	Dihexyl phthalate	Dibenz[a,h]anthracene
Hexachlorobenzene	Chrysene	Ideno[1,2,3-cd]pyrene
Pentachlorophenol	3,3'-Dichlorobenzidine	Bis(2-ethylhexyl) adipate
Phenanthrene	3,3'-Dimethylbenzidine	Dicyclohexyl phthalate
Carbazole	Pyrene	Dibenzyl phthalate
	Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	Dinonyl phthalate
	Di-n-octyl phthalate	
	Bisphenol A	

表四 待測物滯留時間與監測前驅/產物離子對

化合物名稱	滯留時間* (min)	前驅離子 (m/z)	產物離子 (m/z)	碰撞能量** (eV)
1,4-Dichlorobenzene-d <sub>4</sub> (I.S.)	9.60	150	78	15
		150	115	35
Acenaphthene-d <sub>10</sub> (I.S.)	16.03	164	162	20
		162	160	25
Chrysene-d <sub>12</sub> (I.S.)	21.30	240	236	40
		236	232	40
Naphthalene-d <sub>8</sub> (I.S.)	13.04	136	108	25
		136	84	30
Perylene-d <sub>12</sub> (I.S.)	23.64	264	260	40
		260	256	40
Phenanthrene-d <sub>10</sub> (I.S.)	18.01	188	160	25
		188	158	35
N-Nitrosodimethylamine	4.30	74	42	15
		74	43	5
2-Fluorophenol (surr.)	6.90	112	63	30
		112	64	15
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	8.85	99	71	15
		99	42	40
Phenol	8.88	94	66	15
		94	65	20
Bis(2-chloroethyl) ether	9.05	93	63	5
		95	65	5
2-Chlorophenol	9.20	128	63	30
		128	64	15
1,3-Dichlorobenzene	9.45	146	111	15
		146	75	30
1,4-Dichlorobenzene	9.60	146	111	15
		146	75	30
1,2-Dichlorobenzene	10.00	146	111	15
		146	75	10
2-Methylphenol	10.37	107	77	15
		108	107	15
Bis(2-chloroisopropyl) ether	10.43	121	45	5
		121	41	20
N-Nitroso-di-n-propylamine	10.83	70	43	5
		70	41	15
4-Methylphenol	10.88	107	77	15

		108	107	15
Hexachloroethane	11.00	201	166	15
		119	84	35
Nitrobenzene-d <sub>5</sub> (surr.)	11.20	82	54	15
		128	82	10
Nitrobenzene	11.30	77	51	15
		123	77	10
Isophorone	12.00	82	54	5
		138	82	5
2-Nitrophenol	12.20	139	81	15
		139	109	5
2,4-Dimethylphenol	12.40	107	77	15
		121	77	15
Benzoic acid	12.40	77	51	15
		105	77	10
Bis(2-chloroethoxy)methane	12.63	93	63	5
		95	65	5
2,4-Dichlorophenol	12.80	162	63	30
		164	63	30
1,2,4-Trichlorobenzene	12.94	180	109	30
		180	145	15
Naphthalene	13.08	128	102	20
		128	78	20
4-Chloroaniline	13.27	127	65	20
		127	92	15
Hexachlorobutadiene	13.39	225	190	15
		227	192	15
4-Chloro-3-methylphenol	14.25	107	77	15
		142	107	15
2-Methylnaphthalene	14.42	141	115	20
		142	141	15
Hexachlorocyclopentadiene	14.70	235	141	35
		235	117	35
2,4,5-Trichlorophenol	14.92	196	97	25
		198	97	25
2,4,6-Trichlorophenol	14.97	196	97	30
		198	97	30
2-Fluorobiphenyl (surr.)	15.06	172	171	15
		172	170	35
2-Chloronaphthalene	15.21	162	127	20

		162	77	35
2-Nitroaniline	15.40	138	92	15
		138	65	25
Dimethyl phthalate	15.69	163	77	20
		163	92	30
2,6-Dinitrotoluene	15.76	165	63	25
		165	90	15
Acenaphthylene	15.82	152	126	30
		152	102	30
3-Nitroaniline	16.00	92	65	5
		138	92	15
2,4-Dinitrophenol	16.07	154	153	20
		154	152	40
Acenaphthene	16.07	152	126	30
		153	127	30
4-Nitrophenol	16.30	139	109	5
		109	81	10
Dibenzofuran	16.32	168	139	25
		139	63	35
2,4-Dinitrotoluene	16.33	165	63	45
		165	119	5
Diethyl Phthalate	16.67	149	65	20
		149	93	15
4,6-dinitro-2-methyl-phenol	16.67	121	65	10
		121	39	30
Fluorene	16.79	166	165	15
		165	163	35
4-Chlorophenyl phenyl ether	16.80	141	115	20
		204	77	30
4-Nitroaniline	16.83	138	108	5
		108	80	15
Azobenzene	17.01	77	51	15
		105	77	5
2,4,6-Tribromophenol (surr.)	17.11	330	141	40
		141	62	25
4-Bromophenyl phenyl ether	17.44	248	141	20
		250	141	20
Hexachlorobenzene	17.50	284	214	30
		249	214	15
Pentachlorophenol	17.77	266	167	25

		165	130	25
Phenanthrene	18.03	178	152	25
		176	150	25
Anthracene	18.10	178	152	25
		178	151	30
Carbazole	18.31	167	166	25
		167	139	40
Di-n-butyl phthalate	18.76	149	65	25
		149	121	15
Fluoranthene	19.53	201	200	15
		202	152	30
Benzidine	19.70	184	156	30
		184	183	20
Pyrene	19.81	201	200	15
		202	151	40
Bisphenol A	19.87	213	91	35
		213	119	20
p-Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	20.01	244	240	35
		244	242	25
Dihexyl phthalate	20.54	149	65	25
		149	93	20
Benzyl butyl phthalate	20.62	149	65	25
		91	65	15
3,3-Dimethylbenzidine	20.62	212	196	15
		212	211	10
Bis(2-ethylhexyl) adipate	20.71	129	55	20
		129	59	20
3,3'-Dichlorobenzidine	21.27	252	181	35
		252	182	30
Chrysene	21.30	228	226	30
		113	112	10
Di(2-ethylhexyl) phthalate	21.34	149	65	25
		167	149	5
Benzo[a]anthracene	21.34	228	226	30
		226	224	35
Dicyclohexyl phthalate	21.37	149	65	25
		149	93	20
Di-n-octyl phthalate	22.28	149	65	25
		149	93	20
Dibenzyl phthalate	22.58	107	79	10

		91	65	15
Benzo[b]fluoranthene	22.93	252	250	35
		126	113	10
Benzo[k]fluoranthene	22.97	252	250	30
		126	113	10
Dinonyl phthalate	23.46	149	65	25
		149	93	20
Benzo[a]pyrene	23.53	252	250	35
		125	124	10
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	26.22	276	274	40
		137	136	15
Dibenz[a,h]anthracene	26.30	278	276	35
		276	274	35
Benzo[g,h,i]perylene	27.00	276	274	40
		138	137	15

\* 使用層析管柱為 2 支 15 m(長度)×0.25 mm(內徑)×0.25 μm(膜厚)DB-5MS 串接，滯留時間供參考。

\*\* 碰撞能量：可依實際需要適當調整之。

表五 前驅/產物離子對之離子強度比率 (Ion ratio) 規範

相對強度 (% of base peak)	兩離子對比率的最高允許誤差(%)
> 50	± 20
> 20 至 50	± 25
> 10 至 20	± 30
≤ 10	± 50

表六 固相萃取法查核樣品之精密度與準確度

化合物名稱	回收率 (%)	標準偏差 (%)	分析次數
N-Nitrosodimethylamine	35.5	16.2	7
2-Fluorophenol (surr.)	65.1	10.2	7
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	78.2	8.5	7
Bis(2-chloroethyl) ether	43.3	11.5	7
2-Chlorophenol	79.5	12.3	7
1,3-Dichlorobenzene	21.2	10.8	7
1,4-Dichlorobenzene	18.8	6.6	7
1,2-Dichlorobenzene	37.6	12.4	7
2-Methylphenol	94.3	15.2	7
Bis(2-chloroisopropyl) ether	42.6	9.8	7
N-Nitroso-di-n-propylamine	90.4	25.0	7
4-Methylphenol	112.3	14.2	7
Nitrobenzene-d <sub>5</sub> (surr.)	56.2	9.0	7
Nitrobenzene	60.0	10.3	7
Isophorone	93.8	15.3	7
2-Nitrophenol	130.4	37.0	7
2,4-Dimethylphenol	101.0	16.3	7
Bis(2-chloroethoxy)methane	87.7	24.3	7
2,4-Dichlorophenol	122.5	23.2	7
1,2,4-Trichlorobenzene	31.1	5.8	7
Naphthalene	69.5	28.2	7
4-Chloro-3-methylphenol	112.6	20.7	7
2-Methylnaphthalene	76.0	18.5	7
2,4,5-Trichlorophenol	109.6	34.5	5
2,4,6-Trichlorophenol	97.5	27.1	7
2-Fluorobiphenyl (surr.)	52.4	6.3	7
2-Chloronaphthalene	58.6	8.0	7
2-Nitroaniline	127.6	22.9	7
2,6-Dinitrotoluene	110.2	11.6	7
2,4-Dinitrophenol	59.7	11.0	7
Dibenzofuran	59.2	9.6	7
2,4-Dinitrotoluene	114.2	19.6	7
Fluorene	79.1	11.2	7
4-Chlorophenyl phenyl ether	59.7	8.0	7
4-Nitroaniline	97.8	10.4	7
2,4,6-Tribromophenol (surr.)	139.0	32.8	7
4-Bromophenyl phenyl ether	81.2	13.7	7
Hexachlorobenzene	38.9	5.9	7

Phenanthrene	92.5	10.0	7
Carbazole	96.4	6.7	7
Fluoranthene	102.3	7.4	7
Pyrene	104.3	4.6	7
p-Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	94.6	7.5	7
3,3-Dichlorobenzidine	89.8	18.4	5
Chrysene	64.3	10.6	7
Benzo[a]anthracene	93.1	10.3	7
Benzo[b]fluoranthene	54.4	17.8	7
Benzo[k]fluoranthene	72.8	8.6	7
Dinonyl phthalate	80.6	13.2	7
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	69.8	28.9	7
Dibenz[a,h]anthracene	78.3	28.2	7
Benzo[g,h,i]perylene	60.9	26.6	7

註：查核樣品濃度為 0.25 µg/L

表七 固相萃取法添加樣品之精密度與準確度

化合物名稱	回收率 (%)	標準偏差 (%)	分析次數
N-Nitrosodimethylamine	63.6	31.3	7
2-Fluorophenol (surr.)	69.5	12.3	10
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	82.7	10.7	10
Bis(2-chloroethyl) ether	51.1	10.9	10
2-Chlorophenol	62.4	16.9	10
1,3-Dichlorobenzene	19.9	6.9	9
1,4-Dichlorobenzene	14.6	4.9	9
1,2-Dichlorobenzene	22.4	10.2	9
2-Methylphenol	64.5	12.6	10
Bis(2-chloroisopropyl) ether	32.7	9.9	10
N-Nitroso-di-n-propylamine	113.5	37.7	10
4-Methylphenol	91.1	20.4	10
Nitrobenzene-d <sub>5</sub> (surr.)	55.2	8.7	10
Nitrobenzene	40.4	9.3	10
Isophorone	68.6	14.9	10
2-Nitrophenol	76.9	18.9	10
2,4-Dimethylphenol	50.1	13.3	10
Bis(2-chloroethoxy)methane	82.0	11.5	10
2,4-Dichlorophenol	115.4	31.8	10
1,2,4-Trichlorobenzene	20.3	6.3	10
Naphthalene	31.7	14.1	10
4-Chloro-3-methylphenol	60.8	11.0	9
2-Methylnaphthalene	39.6	11.0	10
2,4,5-Trichlorophenol	130.2	9.0	9
2,4,6-Trichlorophenol	137.0	10.9	9
2-Fluorobiphenyl (surr.)	40.5	9.9	10
2-Chloronaphthalene	42.9	10.3	10
2-Nitroaniline	115.8	23.2	10
2,6-Dinitrotoluene	80.2	14.2	10
2,4-Dinitrophenol	27.1	6.9	10
Dibenzofuran	52.3	9.9	10
2,4-Dinitrotoluene	88.4	20.6	10
Fluorene	73.2	13.8	10
4-Chlorophenyl phenyl ether	46.0	7.5	10
4-Nitroaniline	71.2	9.6	10
2,4,6-Tribromophenol (surr.)	168.1	9.3	9
4-Bromophenyl phenyl ether	66.4	8.8	10
Hexachlorobenzene	29.6	5.7	10

Phenanthrene	62.1	10.0	10
Carbazole	44.3	5.8	10
Fluoranthene	68.8	8.9	10
Pyrene	49.9	6.0	10
p-Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	73.2	8.7	10
3,3-Dichlorobenzidine	69.9	0.2	9
Chrysene	25.9	7.7	10
Benzo[a]anthracene	80.8	8.0	10
Benzo[b]fluoranthene	56.2	9.5	10
Benzo[k]fluoranthene	76.6	16.9	10
Dinonyl phthalate	121.7	18.4	10
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	58.4	8.5	10
Dibenz[a,h]anthracene	48.8	9.2	10
Benzo[g,h,i]perylene	88.2	12.8	7

註：添加樣品濃度為 0.25 µg/L

表八 液相-液相萃取法查核樣品之精密度與準確度

化合物名稱	回收率 (%)	標準偏差 (%)	分析次數
N-Nitrosodimethylamine	44.0	9.3	7
2-Fluorophenol (surr.)	70.3	8.0	7
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	48.9	7.0	7
Phenol	42.9	11.8	7
Bis(2-chloroethyl) ether	76.3	22.3	7
2-Chlorophenol	75.0	21.0	7
1,3-Dichlorobenzene	46.8	12.7	7
1,4-Dichlorobenzene	48.2	12.0	7
1,2-Dichlorobenzene	54.3	15.0	7
2-Methylphenol	66.3	18.5	7
Bis(2-chloroisopropyl) ether	71.0	19.8	7
N-Nitroso-di-n-propylamine	63.1	17.8	7
4-Methylphenol	70.5	22.5	7
Hexachloroethane	42.2	11.0	7
Nitrobenzene-d <sub>5</sub> (surr.)	78.3	26.7	7
Nitrobenzene	77.4	21.5	7
Isophorone	63.9	16.4	7
2-Nitrophenol	75.1	21.7	7
2,4-Dimethylphenol	57.8	21.3	7
Bis(2-chloroethoxy)methane	38.1	24.7	7
Benzoic acid	76.1	18.0	7
2,4-Dichlorophenol	74.1	22.3	7
1,2,4-Trichlorobenzene	53.9	14.2	7
Naphthalene	69.0	19.3	7
4-Chloroaniline	121.3	22.9	7
Hexachlorobutadiene	39.8	9.8	7
4-Chloro-3-methylphenol	78.6	25.5	7
2-Methylnaphthalene	63.5	18.6	7
Hexachlorocyclopentadiene	46.3	8.8	7
2,4,5-Trichlorophenol	74.8	26.3	7
2,4,6-Trichlorophenol	67.9	21.5	7
2-Fluorobiphenyl (surr.)	73.1	24.3	7
2-Chloronaphthalene	66.7	18.8	7
2-Nitroaniline	69.9	15.5	7
Dimethyl phthalate	82.1	18.9	7
2,6-Dinitrotoluene	74.9	15.0	7
Acenaphthylene	62.8	18.8	7
3-Nitroaniline	83.3	19.0	7

2,4-Dinitrophenol	68.9	15.6	7
Acenaphthene	68.8	14.1	7
4-Nitrophenol	81.4	7.0	7
Dibenzofuran	56.1	9.6	7
2,4-Dinitrotoluene	76.9	12.2	7
Diethyl Phthalate	90.5	16.4	7
Fluorene	69.0	16.6	7
4-Chlorophenyl phenyl ether	72.5	12.8	7
4-Nitroaniline	78.7	15.1	7
4,6-dinitro-2-methyl-phenol	154.4	31.5	5
Azobenzene	66.3	16.5	7
2,4,6-Tribromophenol (surr.)	84.1	12.0	7
4-Bromophenyl phenyl ether	70.5	15.7	7
Hexachlorobenzene	77.2	9.9	7
Pentachlorophenol	88.2	25.8	7
Phenanthrene	78.3	16.9	7
Anthracene	72.5	12.9	7
Carbazole	80.1	19.4	7
Di-n-butyl phthalate	88.1	25.8	7
Fluoranthene	73.7	21.5	7
Benzidine	121.5	47.8	7
Pyrene	76.1	20.7	7
Bisphenol A	126.0	16.3	7
p-Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	76.0	30.8	7
Dihexyl phthalate	72.1	11.5	7
Benzyl butyl phthalate	69.2	14.4	7
Bis(2-ethylhexyl) adipate	82.8	10.9	7
3,3-Dichlorobenzidine	106.9	18.0	7
Chrysene	56.0	12.3	7
Benzo[a]anthracene	114.3	29.6	7
Dicyclohexyl phthalate	145.0	36.1	6

註：查核樣品濃度為 1.9 µg/L

表九 液相—液相萃取法添加樣品之精密度與準確度

化合物名稱	回收率 (%)	標準偏差 (%)	分析次數
N-Nitrosodimethylamine	36.7	10.5	7
2-Fluorophenol (surr.)	61.1	9.3	7
Phenol-d <sub>6</sub> (surr.)	42.3	7.5	7
Phenol	37.9	11.2	7
Bis(2-chloroethyl) ether	70.8	21.4	7
2-Chlorophenol	65.6	19.1	7
1,3-Dichlorobenzene	47.0	15.1	7
1,4-Dichlorobenzene	45.9	12.5	7
1,2-Dichlorobenzene	53.7	17.3	7
2-Methylphenol	55.5	16.4	7
Bis(2-chloroisopropyl) ether	67.3	19.5	7
N-Nitroso-di-n-propylamine	57.1	12.9	7
4-Methylphenol	58.7	17.9	7
Hexachloroethane	43.8	13.8	7
Nitrobenzene-d <sub>5</sub> (surr.)	73.0	22.7	7
Nitrobenzene	73.6	19.6	7
Isophorone	57.6	11.7	7
2-Nitrophenol	68.4	15.8	7
2,4-Dimethylphenol	46.4	19.3	7
Bis(2-chloroethoxy)methane	36.6	12.4	7
Benzoic acid	70.2	14.9	7
2,4-Dichlorophenol	65.7	14.7	7
1,2,4-Trichlorobenzene	53.5	16.3	7
Naphthalene	66.7	20.0	7
4-Chloroaniline	99.4	26.8	7
Hexachlorobutadiene	41.6	14.4	7
4-Chloro-3-methylphenol	68.9	21.8	7
2-Methylnaphthalene	60.5	18.1	7
Hexachlorocyclopentadiene	48.3	9.2	7
2,4,5-Trichlorophenol	66.3	16.4	7
2,4,6-Trichlorophenol	58.4	16.0	7
2-Fluorobiphenyl (surr.)	70.1	24.7	7
2-Chloronaphthalene	63.3	18.7	7
2-Nitroaniline	63.4	11.1	7
Dimethyl phthalate	75.6	14.5	7
2,6-Dinitrotoluene	71.1	12.7	7
Acenaphthylene	57.5	14.6	7
3-Nitroaniline	71.2	16.8	7

2,4-Dinitrophenol	65.0	16.3	7
Acenaphthene	65.6	15.0	7
4-Nitrophenol	76.8	18.5	7
Dibenzofuran	50.7	7.0	7
2,4-Dinitrotoluene	74.4	12.2	7
Diethyl Phthalate	85.9	9.0	7
Fluorene	64.1	15.5	7
4-Chlorophenyl phenyl ether	69.3	16.9	7
4-Nitroaniline	69.9	10.3	7
4,6-dinitro-2-methyl-phenol	152.9	16.4	5
Azobenzene	60.7	10.9	7
2,4,6-Tribromophenol (surr.)	74.4	8.6	7
4-Bromophenyl phenyl ether	67.5	12.7	7
Hexachlorobenzene	76.2	19.2	7
Pentachlorophenol	66.6	16.7	7
Phenanthrene	73.4	15.6	7
Anthracene	67.6	13.1	7
Carbazole	73.6	12.4	7
Di-n-butyl phthalate	77.9	10.2	7
Fluoranthene	65.8	14.0	7
Benzidine	115.4	44.6	6
Pyrene	68.4	13.5	7
Bisphenol A	116.4	22.7	7
p-Terphenyl-d <sub>14</sub> (surr.)	65.2	20.6	7
Dihexyl phthalate	65.5	5.5	7
Benzyl butyl phthalate	63.1	6.4	7
Bis(2-ethylhexyl) adipate	75.9	9.8	7
3,3-Dichlorobenzidine	87.8	19.2	7
Chrysene	49.9	7.6	7
Benzo[a]anthracene	105.0	21.1	7
Dicyclohexyl phthalate	110.4	12.0	7
Di-n-octyl phthalate	127.9	25.3	7
Benzo[b]fluoranthene	84.3	9.5	7
Benzo[k]fluoranthene	112.4	13.4	7
Dinonyl phthalate	153.4	30.5	7
Benzo[a]pyrene	85.3	16.9	7
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	78.3	21.3	7
Dibenz[a,h]anthracene	70.5	14.8	7
Benzo[g,h,i]perylene	74.1	15.0	7

註：添加樣品濃度為 1.9 µg/L

# 底泥採樣方法(NIEA S104.32B)

## 一、方法概要

底泥(Sediment)指因重力而沉積於地面水體(註 1)底層之物質。表面 0 公分至 15 公分厚之底泥稱表層底泥(Surface sediment)，超過 15 公分厚之底泥稱為深層底泥(Deep sediment)(註 2)。底泥採樣可使用採樣鏟、抓取式採樣器(Grab sampler)或岩心採樣器(Core sampler)。底泥之採樣必須依其採樣目的，以及考量底泥、污染物質和現場周圍環境等特性而定。一般底泥之採樣可分為抓樣與混樣二種方式。本方法說明底泥採樣設備、材料、採樣、樣品保存、安全作業方式、安全措施與品質管制等。

## 二、適用範圍

本方法適用於地面水體底泥之採樣。

## 三、干擾

(一)若所採底泥要分析揮發性有機物含量時，不可使用混樣方法，以避免發生待測物逸散而低估其含量。

(二)採樣器材之交互污染會造成干擾。

## 四、設備及材料

### (一) 採樣器材

#### 1. 採樣鏟、採樣杓及土鑽採樣組：

A：採樣鏟：常用不銹鋼材質製品，或其表面具有塑膠、鐵氟龍塗佈者。規格大型者如水泥拌合用，小型者如園藝用。如樣品僅檢測重金屬時亦可使用塑膠材質之採樣鏟代替。

B：採樣杓：附有長柄且可伸縮式之不銹鋼材質製品，且底部為 10 mesh(2 mm)不銹鋼網，如圖一。

C：土鑽採樣組(Hand - held auger)：不銹鋼製或其他金屬製螺旋狀或中空採樣器，如圖二。

#### 2. 抓取式採樣器：

A：艾克曼採泥器(Ekman dredge)，市售商品，如圖三。

B：范恩採泥器(Van Veen dredge)，市售商品，如圖四。

C：其他與上述 A、B 同級品。

#### 3. 岩心採樣器：

A：重力岩心採樣器(Gravity corer)，市售商品，如圖五。

B：同級品。

### (二) 樣品容器

1. 塑膠(袋)瓶。

2. 直(廣)口玻璃瓶附鐵氟龍墊片。

3. 不銹鋼或鐵氟龍盤。

4. 不銹鋼勺。

### (三) 攜帶式氧化還原電位計。

## 五、試劑

(一) 試劑水：比電阻值大於 16 MΩ·cm 之純水。

(二) 氧化還原電位計標準溶液：校正用，可使用市售之商品溶液，保存期限依商品規定。

## 六、採樣及保存

底泥之採集應依據採樣目的、現勘之狀況、可疑污染物之種類與查證、後續監測或整治工作之不同分別擬訂採樣計畫，據以執行。採樣作業之各項步驟說明如下：

### (一)採樣基本原則

1. 採樣作業前，應先就預定採樣河川、灌溉渠道、湖泊、水庫、港口及其他中央主管機關指定公告特定地面水體等進行收集其地理環境、流域背景及歷年水質資料。
2. 依資料研判或辦理採樣現場初勘，瞭解現場地形、水流情況、附近主要污染源及適合的採樣點，測站上游是否有水利設施如水庫、堰壩及每日放水時間以避免危險。
3. 依據現勘紀錄或依據收集的資料及地形圖擬定採樣計畫。採樣計畫內容應包括：採樣目的、背景資料、計畫採樣點數及佈點方式、使用之採樣器具、採樣人員組織與分工、樣品容器與保存運送、待檢測項目及其他相關品管規範等。

### (二)採樣佈點建議原則

河川全流域、灌溉渠道系統、水庫、湖泊及港口等之調查區域，建議佈點原則如下(如圖六):

1. 簡單隨機採樣(Simple random sampling)：針對調查區域配合亂數表進行採樣佈點。
2. 網格採樣(Grid sampling)：針對調查區域依固定間距進行採樣佈點。
3. 分區採樣(Stratified sampling)：將調查區域切分為數個不重疊的均質分區，以分區面積權重分配採樣佈點。
4. 多階段採樣(Multistage sampling)：利用初步大範圍系統調查結果，逐步向高污染區作細密採樣。

### (三)採樣點選取建議原則

採樣點除須考量現場採樣作業之可行性、方便性、經濟性及安全性外，採樣點選取應符合以下原則：

1. 採樣點應優先考慮能安全作業之處。
2. 河川及灌溉渠道之底泥沉積與水流(Current)及流量(Flow)有關，因此採樣點應選擇流速小於 0.3 m/sec，懸浮物易沈澱的地區，如彎道水段、水道變寬段、水道束縮處上游段、分叉型水段、分流水段及支流匯入水段等。建議水道寬小於 6 公尺時於中央處設置採樣點，若水道寬大於 6 公尺時，則分左岸、右岸及河中央各設置採樣點，並依調查目的或特殊需求以抓樣或混樣方式執行。
3. 水庫、湖泊及港口等水體之採樣點，建議選該水域較深之處。
4. 特定水體水深、流量、水質有明顯變化處，如河川支流匯流處、農業、都市或工業污染源注入處、民眾遊憩區域等，或有其它特殊考量之地點，應評估設置採樣點。
5. 若擬採樣之附近有堤堰時或橋樑有消波塊或蛇籠保護橋墩時，均應在其上游選取緩流處採樣。
6. 選取之採樣點應避開不規則物堆積如消波塊或廢棄物等。
7. 採樣點應盡量避免在有施工及採砂作業之處。
8. 港口採樣點應盡量避開岸邊有沉積物累積之處。

### (四)採樣器材選取原則

視水深及採樣目的需要，選取底泥採樣器材種類。一般使用抓取式採樣器收集表面底泥，用以分析水平之底泥特性分佈及瞭解近期沈積的底泥性質。岩心採樣器一般用在水道較深之河川及水庫湖泊，可採取較深層之底泥，可作為分析污染的垂直分佈，及瞭解底泥形成期間之污染特性。底泥採樣器材選取原則如下：

1. 採樣位置水體水深小於 1 公尺，可涉水採樣者，使用採樣杓採樣。

2. 採樣位置水體水深介於 1 公尺至 10 公尺，需利用膠筏採樣時，使用抓取式採樣器進行採樣。
3. 採樣位置水體水深大於 10 公尺時，需利用膠筏採樣時或其它船隻，使用岩心採樣器進行採樣。
4. 河川港口採樣時，水深大於 10 公尺時，同時遭遇強勁水流時，應使用足夠承受強勁水流之岩心採樣器採樣。

#### (五)採樣器具之除污作業

與樣品接觸的器具使用後須更換或清理乾淨，方能重複使用。採樣過程之清洗方法為先用毛刷或鋼刷將附著的底泥刷除(以目視判定)後，以無磷清潔劑及清水沖洗，再分別以試劑水及有機溶劑(丙酮及酒精)潤洗，下一採樣點再以採樣水體之水樣潤洗。實驗室內之清洗方法為先用毛刷或鋼刷將附著的底泥刷除(若採集分析有機成份底泥樣品時，尚需以無磷清潔劑、或有機溶劑(丙酮及正己烷)、或熱水清洗)，最後以去離子水或不含待測物的試劑水潤洗之，風乾後以鋁箔包裹備用。

#### (六)樣品保存及運送

底泥樣品分析最少樣品數、容器及保存規定如表一及各待測物檢測方法中規定。檢測揮發性有機化合物樣品在分析前，不應作任何處理以免擾動樣品造成分析誤差。另外對於光線敏感度高之物質，需盛裝在不透明的容器中或將容器以鋁箔包覆。

#### (七)採樣安全注意事項

採樣人員應該具有水上安全知識，在作業時領隊應嚴格要求隊員遵守安全規則及緊急事件連絡的方式。有關水上安全知識及相關安全要求如下：

1. 採樣人員需穿著救生衣或備有其他救生裝備。
2. 採樣人員在採樣時應有適當的防護設備保護。
3. 採樣時至少要有二人同行。
4. 水體流速過快時，禁止涉水採樣。
5. 橡皮筏採樣時，應用繩索固定，以免橡皮筏流走。
6. 暴雨或洪水暴漲時，應即刻停止作業，改期再執行採樣。
7. 河川底泥沉積過深時，應儘量避免涉水採樣。

### 七、步驟

底泥採樣依計劃書規劃之採樣點進行並記錄其 GPS 座標。採樣時，採集 0 公分至 15 公分厚之表層底泥，如經多次採集樣品時，建議依樣品需求量依序選擇氧化還原電位測值中負值最大者(沉積較久之底泥)為該採樣點之代表性樣品。但如無法取得負值底泥，依序選擇正值最低者為樣品。依調查目的或特殊需求可進行混樣，但如分析揮發性有機物(如 AVS 等)，或分析微型無脊椎動物之群聚性質，或經評估發現其具特定污染潛勢位置時，則不宜混樣。採樣過程之採樣器具操作及底泥氧化還原電位測定步驟如下：

#### (一)採樣鏟、採樣杓及土鑽採樣組採樣

1. 選擇採樣位置水體水深小於 1 公尺，穿著連身涉水雨褲採樣。
2. 將採樣器深入水底挖取 0 公分至 15 公分厚之表層底泥樣品，再將取出樣品全數倒入不銹鋼或鐵氟龍盤內並測定氧化還原電位並記錄。

#### (二)抓取式採樣

##### 1. 艾克曼採泥器採樣

- (1)先將連接採樣器的鋼索，固定在絞盤上。
- (2)將艾克曼採泥器之抓柄先固定於卡樺上，使採樣器之抓斗呈現開啟之狀態。

- (3)將採樣器舉起，鬆開絞盤，自作業船之船緣垂直沉入水中。
- (4)待採樣器沉至水體底部，將鋼索拉直，但不可將採樣器拉離底部，再沿鋼索送出信錘，觸動卡榫使採樣器之抓斗關閉。
- (5)以絞盤將採樣器緩慢拉起，置於不銹鋼或鐵氟龍盤內，以虹吸管或輕輕倒出上層水後，緩慢將抓斗拉開，儘量避免樣品散落於盛裝容器外。測定底泥氧化還原電位並記錄。

## 2. 范恩採泥器採樣

- (1)先將連接採樣器的鋼索，固定在絞盤上。
- (2)將范恩採泥器之抓柄先固定於卡榫上，使採樣器之抓斗呈現開啟之狀態。
- (3)將採樣器舉起，鬆開絞盤，自作業船之船緣垂直沉入水中。
- (4)待採樣器沉至水體底部，觸動卡榫鬆脫後，緩慢將鋼索拉直上提使採樣器之抓斗關閉抓取底泥樣品。
- (5)以絞盤將採樣器緩慢拉起，置於不銹鋼或鐵氟龍盤內，以虹吸管或輕輕倒出上層水後，緩慢將抓斗拉開，儘量避免樣品散落於盛裝容器外。測定底泥氧化還原電位並記錄。

## (三)重力式岩心採樣器採樣

1. 將連接採樣器的鋼索，固定在絞盤上。
2. 將重錘鎖至採樣器上。
3. 打開採樣器底部的蛋形捕捉器(Eggshell core catcher)，將採樣管裝入採樣器內。
4. 鎖緊採樣管底部的套蓋(Nose piece)，並將採樣器上之活塞固定於卡榫上，使採樣器之活塞呈現開啟之狀態。
5. 舉起採樣器，鬆開絞盤，自作業船之船緣垂直將採樣器沉入水中。
6. 採樣器鑽入底泥層中會有氣泡產生，待氣泡消失，沿鋼索放下信錘，以關閉活塞。
7. 關閉活塞後，利用絞盤緩慢拉回採樣器。
8. 採樣器拉回後平放，打開採樣器底部的套蓋，取出採樣管，並用橡皮塞塞住二端。採樣管需垂直放置，以使懸浮微粒沉澱及避免破壞底泥層。
9. 採樣管送至樣品分樣處進行分樣及檢測作業。
10. 底泥採樣器拉回時，必須將活塞緊閉，以免採樣管中的底泥在拉回的過程中流失。
11. 利用塑膠管或定量滴管將底泥樣品上層的水導出，樣品上層水導出過程中，儘可能不要擾動固液界面。
12. 將採樣管置於盛樣之塑膠淺盤中。
13. 打開一邊的橡皮塞，利用橡皮塞控制，將採樣管內的底泥樣品送至採樣管頂部。
14. 用不銹鋼片或不銹鋼刮勺切取出欲分析層的樣品至不銹鋼或鐵氟龍盤內，測定底泥氧化還原電位並記錄。
15. 如以採樣襯管作為樣品保存容器時，樣品如無法完全充滿襯管，需用清潔之不銹鋼鋸切除襯管空心部分再密封，如切除後之剩餘長度無法滿足分析需要，此樣品應視為無效樣品，須重新採樣。

## (四)氧化還原電位測定

1. 氧化還原計測定前，需進行校正並將校正資料記錄於採樣紀錄表中。
2. 以攜帶式電位測定儀測定時，將測定儀使用模式設定為 mV 模式，用試劑水潤濕沖洗電極棒後，將電極棒直接插入現採的底泥 5 公分深度，待氧化還原電位讀值穩定後，記錄氧化還原電位值。每次使用後必須用試劑水將電極棒上的底泥沖洗乾淨，然後置於含有飽和氯化鉀

(Potassium chloride)溶液之塑膠套筒中，以避免電極棒內之玻璃薄膜乾裂。另外，電極棒插入過程不可擾動底泥樣品，且為避免空氣之影響，插入之電極棒需與底泥緊密接觸。

## 八、結果處理

底泥採樣進行期間，應針對底泥採樣器材及實施之作業流程保持連續、正確、完整之紀錄，紀錄應至少包含下列資料：

- (一)日期及天候狀況。
- (二)採樣人員。
- (三)採樣位置簡圖及佈點位置、採樣地點及其編號、以及相關之資料。
- (四)樣品編號。
- (五)採樣器材及方法。
- (六)採樣深度。
- (七)氧化還原電位測值。

## 九、品質管制

(一) 所有樣品之運送時，應包裝完妥置於適當運送容器內。

(二) 所採之樣品應有樣品標籤及封條。

1. 樣品標籤之內容至少應包括：

- (1)樣品編號。
- (2)採樣者姓名及所屬單位名稱。
- (3)採樣時間。
- (4)採樣地點。
- (5)檢測項目。
- (6)樣品保存方式。

2. 樣品封條：採樣後樣品容器應加上封條，封條的粘封須使打開容器者必須撕破封條者；現場採樣人員並應於封條上簽名。

3. 採樣時，為確保樣品之品質，應製備現場品管樣品(Field QC samples)，並與採集之樣品一同攜回檢驗室檢測。

(1)現場空白(Field Blank)：將不含待測物且類似樣品基質的樣品(如試劑水等)於檢驗室配製裝入樣品瓶密封後，攜至採樣地點，曝露於採樣狀況下(例如打開瓶蓋、加入保存劑等)，可用於判知整個採樣、運送過程之污染情形。執行揮發性有機物或低濃度之檢測採樣時，每一採樣現場應有一現場空白樣品。

(2)設備空白(Equipment Blank)：採樣前，應對採樣設備做一設備空白，其方法是將試劑水導入清潔之採樣設備中，再將試劑水移入樣品瓶中，依規定加入保存劑後，密封之，可用於判知採樣設備是否污染情形。如為可棄式採樣設備，並經確認未受污染時，則可不作設備空白。

(3)運送空白(Trip Blank)：將不含待測物之試劑水於檢驗室配製裝入樣品瓶密封後，攜至現場再與其他採集之樣品送回檢驗室檢測，過程中均不打開，可用於判知運送過程之污染情形。執行揮發性有機物或低濃度之檢測採樣時，每一採樣行程應製備一運送空白樣品。

## 十、精密度與準確度

略

## 十一、參考資料

- (一)行政院環境保護署，底泥品質管理計畫，EPA-99-GA101-03- A205，中華民國 100 年。
  - (二)Resources Inventory Committee, British Columbia (Canada),Lake and Stream Bottom Sediment Sampling Manual, 1997.
  - (三)U.S. EPA. Sediment Sampling: SOP#:2016, 1994.
  - (四)U.S. EPA. Environmental Investigations Standard Operating Procedures and Quality Assurance Manual, 2001.
  - (五)International Organization for Standardization, Guidance on Sampling of Bottom Sediments: ISO 5667-12, 1995.
  - (六)U.S. EPA. Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA-823-B-01-002, 2001.
  - (七)Washington State Department of Ecology, Sediment Sampling and Analysis Plan Appendix, Ecology Publication No. 03-09-043, 2003.
  - (八)U.S. EPA. Sediment Sampling: SOP#:1215, 1999.
  - (九)行政院環境保護署，環境檢驗室樣品採集及保存作業指引，中華民國 93 年。
- 註 1：依水污染防治法第二條第二款地面水體之專用名詞定義。
- 註 2：依美國環保署之定義。表層底泥為底棲生物主要棲息區，適用底泥污染調查；而深層底泥則適用於污染歷史之追蹤調查。

表一、底泥樣品最少樣品量、容器與保存方式

檢測項目	建議最少 樣品量 (克-濕重)	容器*	保存方法	最長保存期限
汞	100	直(廣)口玻璃瓶附 鐵氟龍墊片	4±2 °C 冷藏	乾燥後可保存 28 天
重金屬 (汞除外)	500	塑膠(袋)瓶或直 (廣)口玻璃瓶附鐵 氟龍墊片	4±2 °C 冷藏	乾燥後可保存 180 天
半揮發性有機 物、有機氯系農 藥	250 × 2	直(廣)口棕色玻璃 瓶或無色玻璃瓶以 鋁箔包覆，附鐵氟 龍墊片	4±2 °C 冷藏， 暗處	14 天(採樣至 萃取) 40 天(萃取至 分析)
揮發性有機物、 總有機碳	125 × 2	直(廣)口棕色玻璃 瓶或無色玻璃瓶以 鋁箔包覆，附鐵氟 龍墊片	4±2 °C 冷藏， 暗處，水封	14 天(採樣至 分析)
底泥生物毒性、 生物累積毒測試	3,000	直(廣)口玻璃瓶附 鐵氟龍墊片	4±2 °C 冷藏， 暗處	14 天

\*：採樣襯管或採樣管：亦可作為樣品容器。

(1) 塑膠襯管：適用於檢測無機項目(如重金屬)之採樣。若使用塑膠襯管採集有機項目分析之樣品時，則不可作為保存容器。

(2) PETG、鐵氟龍襯管及金屬管：適用於各種成分。但銅管不適用於檢測銅的樣品。



圖一、採樣杓



圖二、土鑽採樣組



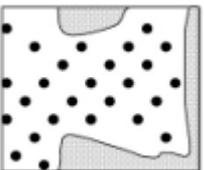
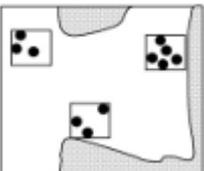
圖三、艾克曼採泥器(Ekman dredge)



圖四、范恩採泥器(Van Veen dredge)



圖五、重力岩心採樣器(Gravity corer)

簡單隨機採樣	針對調查區域配合亂數表進行採樣佈點	
網格採樣	針對調查區域依固定間距進行採樣佈點	
分區採樣	將調查區域切分為數個不重疊的均質分區，以分區面積權重分配採樣佈點	
多階段採樣	利用初步大範圍系統調查結果，逐步向高污染區作細密採樣	

圖六、底泥採樣點佈點建議原則

# 土壤及廢棄物中油分(脂)檢測方法—索氏萃取重量法(NIEA M501.00C)

## 一、方法概要

樣品與無水硫酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 或硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 混合乾燥並研細後，置入一萃取圓形濾筒中，用正己烷以索氏(S Soxhlet)萃取器萃取，將正己烷蒸發後之餘留物稱重，即得油分(脂)量。

## 二、適用範圍

本方法適用於土壤、沉積物、污泥及固體廢棄物中油分(脂)之檢測。

## 三、干擾

- (一) 溶劑、試劑、玻璃器皿及其他樣品處理過程中所用之器皿，皆可能對樣品分析造成誤差或干擾。所有這些物質必須在設定的分析條件下，進行方法空白分析，證明其無干擾。有需要在全是玻璃的系統內進行特定試劑及溶劑之蒸餾純化。
- (二) 某些有機物可能會一併被萃取出而被誤判為油分(脂)。
- (三) 殘量重油可能含有相當多無法萃取之物質。
- (四) 因萃出物可能會蒸發或吸收氧氣而減少或增加重量，故需要適當的乾燥保存方法及快速的秤重。

## 四、設備及材料

- (一) 索氏萃取設備。
- (二) 濾紙：Whatman 40 號或同等品。
- (三) 真空抽氣機或其他抽氣設備。
- (四) 分析天平：可精秤至 0.1 mg。
- (五) 圓筒濾紙 (Extraction thimble)。
- (六) 水浴：能設定溫度 85°C。
- (七) 蒸餾設備。
- (八) 玻璃綿：無干擾物質。
- (九) 乾燥器。
- (十) 沸石。
- (十一) 研磨設備。
- (十二) 磁石攪拌器。
- (十三) 磁石：以鐵氟龍 (Teflon) 塗覆。
- (十四) 廣口玻璃瓶。

## 五、試劑

- (一) 所有檢測時使用的無機化合物必須是試藥級，若須使用其他等級試藥，則在使用前必須確認該試藥的純度，俾使檢測結果準確度不致降低。
- (二) 試劑水：不含有干擾物質之蒸餾水或去離子水。
- (三) 濃鹽酸。
- (四) 無水硫酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) (粒狀)：置於淺盤中於 400 °C 加熱 4 小時；或以二氯甲烷預洗硫酸鈉純化之，存放於密封玻璃瓶中。若以二氯甲烷預洗法純化硫酸鈉，則須進行方法空白測試，證明硫酸鈉中無干擾存在。
- (五) 硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )：將其鋪於盤中成一薄層，在 150°C 烘箱中乾燥隔夜，存放於密封玻璃瓶中。

(六) 正己烷：殘量級。

(七) 十六烷( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ )/硬脂酸( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ ) (用於製備查核或添加樣品)：各稱取  $200 \pm 2$  mg 的十六烷與硬脂酸至 100 mL 定量瓶中，以丙酮稀釋至刻度，其油脂濃度為 4000 mg/L。儲存於玻璃瓶，瓶蓋附鐵氟龍墊片，室溫並避免光照。

## 六、採樣與保存

(一) 採集至少 100 g 的樣品，儲存於廣口玻璃瓶( Widemouth glass container )，瓶蓋附鐵氟龍墊片。樣品若可與鹽酸均勻混合，如污泥或沉積物，則每 100 g 樣品加入 1mL 濃鹽酸，並保存於  $4 \pm 2$  °C；若是乾燥樣品，如土壤，則不須添加濃鹽酸，保存於  $4 \pm 2$  °C。但須知會實驗室於萃取前酸化。

(二) 樣品保存期限為 28 天。

## 七、步驟

(一) 樣品乾重百分比測定：在某些狀況，樣品測試結果須以乾重為計算依據，若需此種數據，則於稱取樣品進行分析的同時，另外稱一份樣品作為水分含量測定之用。可參照「土壤水分含量測定方法—重量法 NIEA S280」或「廢棄物含水分測定方法—間接測定法 NIEA R203」。

(二) 樣品前處理 (註 1)

1. 污泥/廢棄物樣品：稱取  $20 \pm 0.5$  g 樣品至 150 mL 燒杯中，若樣品未酸化，加入 0.3 mL 鹽酸，添加 25 g 硫酸鎂並攪拌之，若有需要可額外多加硫酸鎂，待乾燥後研磨樣品，直至樣品呈乾燥細粉狀為止，以浸過正己烷之小片濾紙擦拭燒杯和研鉢，將樣品與濾紙置入圓筒濾紙中，以玻璃綿填塞濾筒。

2. 沉積物/土壤樣品：將沉積物樣品中的水層倒出並丟棄，將樣品充份混合，尤其是混合組成的樣品；除去樹枝、樹葉或石塊等雜物。將 10 g 樣品 (若樣品未酸化，加入 0.3 mL 鹽酸) 與 10 g 無水硫酸鈉混合，若有需要可額外多加無水硫酸鈉，待乾燥後研磨樣品，直至樣品呈乾燥細粉狀為止，以浸過正己烷之小片濾紙擦拭燒杯和研鉢，將樣品與濾紙置入圓筒濾紙中，以玻璃綿填塞濾筒。

(三) 將圓筒濾紙置入索氏萃取裝置，於一燒瓶中，放入正己烷及 1 或 2 粒乾淨沸石，將燒瓶接至萃取設備，進行樣品萃取，以每小時 15~20 循環之速率，萃取 4~5 小時。

(四) 稱取燒瓶之空重 (先放入 90°C 之烘箱中烘約 10 分鐘，取出放入乾燥器中冷卻後稱重並記錄之 (至 0.0001 g)；重複前述烘乾、冷卻及稱重步驟，直至前後兩次重量差小於 0.01 g)。

(五) 將萃取液以玻璃棉過濾，之後用正己烷清洗玻璃棉和燒瓶，將萃取液和洗液收集於預先稱重的燒瓶 (如萃取液澄清且無懸浮物質則可省略此過濾步驟)。

(六) 燒瓶內之正己烷，在 85°C 水浴上蒸餾 (正己烷可回收使用) 並乾燥之，最後以真空抽氣機抽氣 1 分鐘。(註 2)

(七) 為避免燒瓶內仍殘存有正己烷或水氣，於蒸餾後，放入 85 °C 之烘箱內烘乾。

(八) 取出燒瓶，放入乾燥器中冷卻後稱重並記錄之 (至 0.0001 g)；重複前述烘乾、冷卻及稱重步驟，直至前後兩次重量差小於 0.01 g。

## 八、結果處理

$$A = B \times 10^3 / C$$

A：油分 (脂) 量 (mg/kg w.w) 濕基 (註 3)

B：檢驗油分 (脂) 之燒瓶增加之重量 (mg)

C：樣品重量 (g)

## 九、品質管制

- (一) 空白分析：每 20 個樣品或每一批次（當每批次樣品少於 20 個時）至少執行一空白樣品分析，空白分析值應小於法規管制標準值的 5%。空白樣品可以惰性物質（如乾淨的沙或類似物質）製備。
- (二) 重複分析：每 20 個樣品或每一批次（當每批次樣品少於 20 個時）至少執行一個重複樣品分析，並求其相對差異百分比，其差異百分比應在 20% 以內。（註 4）
- (三) 查核樣品分析：每 20 個樣品或每一批次（當每批次樣品少於 20 個時）至少執行一個查核樣品分析，並求其回收率，回收率應在 75 ~ 125% 範圍內。查核樣品可添加十六烷/硬脂酸於惰性物質來製備。
- (四) 添加分析：每 20 個樣品或每一批次（當每批次樣品少於 20 個時）至少執行一個添加標準品分析，並求其回收率，回收率應在 75 ~ 125% 範圍內。

## 十、精密度與準確度

略。

## 十一、參考資料

- (一) U.S. EPA. Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, Method 9071B “n-Hexane Extractable Material(HEM) for Sludge, Sediment, and Solid Samples”. Revision 2. April 1998.
- (二) 行政院環境保護署，索氏萃取法 NIEA M165。
- (三) 行政院環境保護署，水中油脂檢測方法—索氏萃取重量法 NIEA W505。

註 1：如樣品為黏著性、纖維性或油狀物質等不適合研磨的樣品，須切、撕、碎裂成小塊或較小的體積，以便萃取時，樣品與溶劑混合接觸面最大。

註 2：除使用水浴蒸餾，亦可使用減壓濃縮機或其他方式回收正己烷，惟溫度不可超過 85°C。

註 3：本方法若以乾基表示時，請參考 NIEA S280 或 NIEA R203 之水分測定計算之。

註 4：萃取時的速率和時間、乾燥和冷卻萃出物的時間宜相同，並確實執行各項步驟方可得到良好的精密度。

註 5：本檢驗相關樣品廢液，依有機溶劑廢液處理。

# 生物調查方法相關規範及法規

## 水中浮游植物採樣方法—採水法(NIEA E505.50C)

### 一、方法概要

本方法是以採水瓶採水，以供植物性浮游生物之定量分析。

### 二、適用範圍

本方法適用於地面水體、海域水質等浮游植物之採樣。

### 三、干擾

- (一) 器具受到污染。
- (二) 水中懸浮顆粒含量過高。
- (三) 其他可能造成水中植物性浮游生物分布不均勻之因素，會對結果造成干擾。

### 四、設備及材料

- (一) 定位設備：能確定採樣位置之座標，如全球定位系統(GPS)。
- (二) 安全設備：依據採樣地點所需之基本安全設備，如救身衣、救身圈。
- (三) 採水瓶：
  - (1) 表層採水：附有長柄之採樣器，或其他適用於表層水樣之採集器具。
  - (2) 深層採水：制式採水器，如：
    - 1. 甘末爾(Kemmerer，如附圖一)採水器。
    - 2. 范多恩(van Dorn，如附圖二)採水器。
    - 3. 尼斯金(Niskin，如附圖三)採水器。
    - 4. 郭福洛(Go-flo，如附圖四)採水器。
- (四) 廣口塑膠瓶：1 L。
- (五) 過濾器：附有氣壓表。
- (六) 濾膜：孔徑 0.45  $\mu\text{m}$ ，直徑 2 mm 之硝酸纖維濾膜。
- (七) 酸鹼試紙。
- (八) 沉澱管：如附圖五。

### 五、試劑

- (一) 試劑水：蒸餾水或超純水。
- (二) 冰醋酸：試藥級。
- (三) 碘：試藥級。
- (四) 碘化鉀：試藥級。
- (五) 20%福馬林：試藥級。
- (六) 硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )：試藥級。
- (七) 路戈氏碘液 (Lugol's solution)
  - 1. 10%冰醋酸溶液：取 20 mL 冰醋酸加入 200 mL 定量瓶內，再加蒸餾水至 200 mL 標記處。
  - 2. 取 20 g 碘化鉀及 10 g 碘結晶溶於含 200 mL 10%冰醋酸溶液。
  - 3. 操作過程應在抽氣櫃中，試劑應裝於褐色玻璃瓶及暗處冷藏。
- (八) 中性福馬林 (neutralized formalin)：將市售 20%福馬林 200 mL 加入 0.5 g 硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 使其成中性，以酸鹼試紙測試。

(九) 浸油：能使硝酸纖維濾膜透明化之產品。

## 六、採樣及保存

(一) 選定採樣點，以定位設備確定採樣點位置，並記錄採樣位置之座標。

(二) 以採水瓶採集水樣，取 1 L 注入廣口塑膠瓶中，上面標示採樣地點、深度。

(三) 採得水樣立即加入路戈氏碘液，最終濃度為 1% (即加入 10 mL) 或中性福馬林，最終濃度為 3-5 %。

(四) 水樣瓶標記後放置暗處 4°C 冷藏保存。水樣保存以三個月為限。

## 七、步驟

(一) 過濾濃縮法(供一般顯微鏡觀察)

1. 以鑷子夾起一片濾膜，放在過濾裝置之有孔平板上，小心將漏斗固定，再將過濾裝置接上抽氣幫浦。
2. 將前述 1 公升之水樣混搖均勻後，以量筒取 50 mL 或 100 mL 水樣倒入過濾裝置後啟動抽氣幫浦，並將壓力控制在 50 kPa(kN/m<sup>2</sup> 即 10-2 bar) 以下。
3. 當水樣剩下約 0.5 公分高度時，關掉抽氣幫浦，再將壓力降低至 12 kPa 繼續抽氣過濾至水乾。
4. 將載玻片標記好後用滴管滴 2 滴顯微鏡用浸油在玻片中央。
5. 用鑷子將過濾後之濾膜夾起，放在載玻片之油滴上，再加 2 滴顯微鏡用浸油，置於無塵處，令其乾燥。
6. 待濾紙呈透明狀後，再加一滴顯微鏡用浸油後用蓋玻片蓋住，以一般顯微鏡觀察。

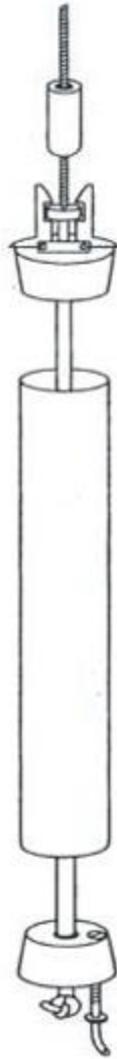
(二) 沉澱管法(供倒立顯微鏡觀察)

1. 將水樣充分混勻後，取適量的水樣倒入沉澱管(如圖五)，蓋上蓋子，靜置 16 至 24 小時。
2. 將上層水移除後，在倒立顯微鏡下觀察。

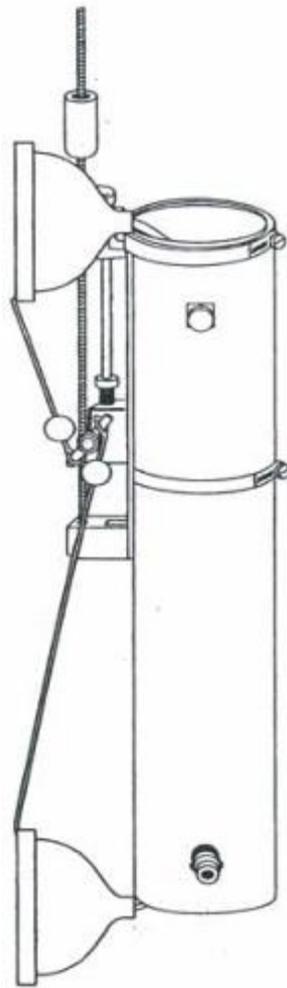
(註) 實驗報告需載明所採用的步驟。

## 八、參考文獻

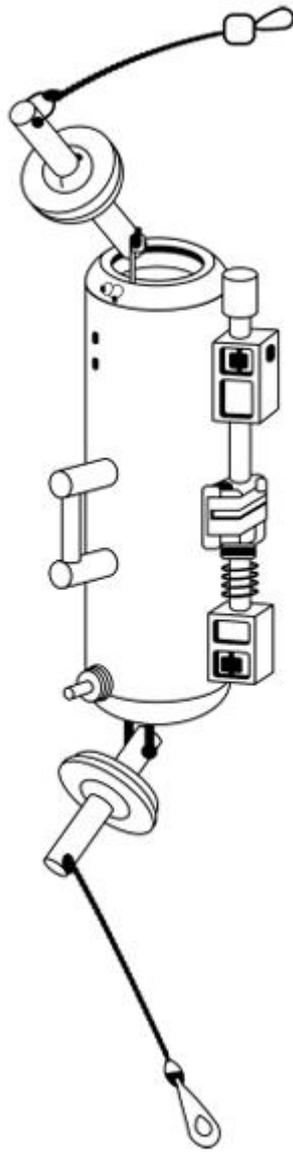
- (一) American Public Health Association , American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination water and wastewater, 20th ed., Method 10200 Plankton ,pp.10-2 ~10-17. APHA, Washington, DC.,USA, 1998.
- (二) Sournia ,A., UNESCO, Phytoplankton manual, 327,Paris, 1981.
- (三) Greason P. E., USGS, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Britton L.J. and Greason P. E.(eds), Methods For Collection and Analysis of Aquatic Biological and Microbiological Samples. pp. 1 ~126, 1977.
- (四) 行政院環境保護署，海域監測站設置及廢污水排放審查許可辦法等海洋污染防治相關規定研訂計畫，EPA-90-FA11-03-A043，2001。
- (五) 中華民國九十一年十一月十三日行政院環境保護署環署水字第 0 九一 0 0 七七五 0 九號令訂定發布「海域環境監測及監測站設置辦法」



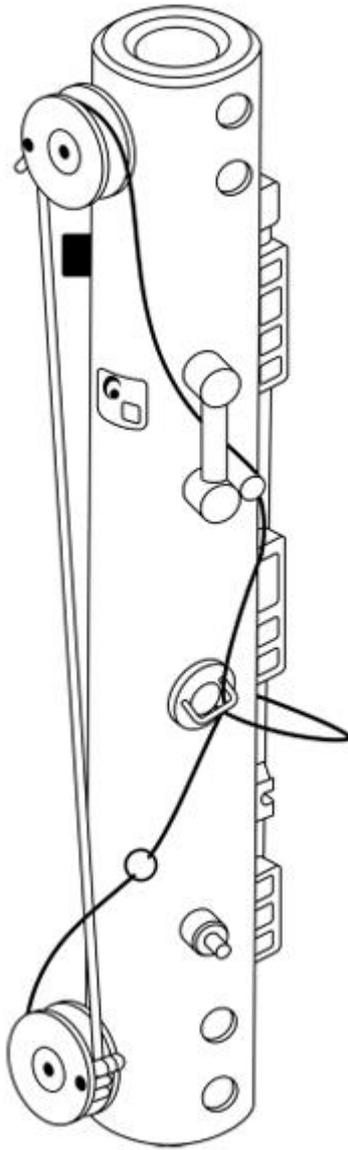
圖一、甘末爾(Kemmerer)採水器



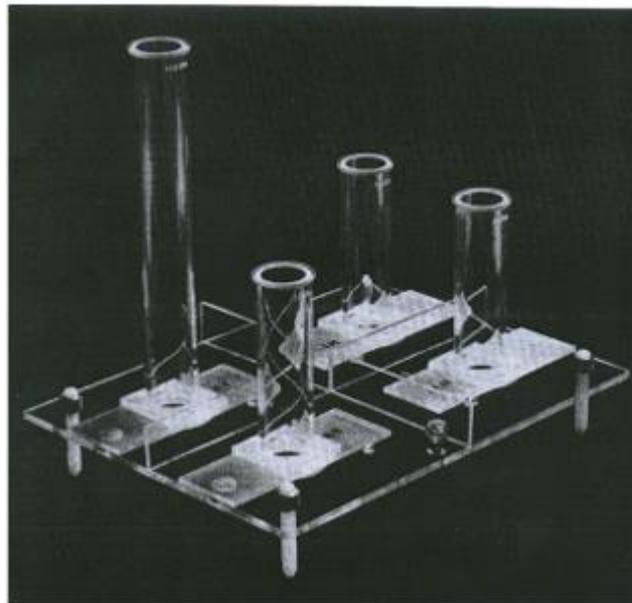
圖二、范多恩(van Dorn)採水器



圖三、尼斯金(Niskin)採水器



圖四、郭福洛(go-flo)採水器



圖五、沉澱管

# 水中葉綠素 a 檢測方法—丙酮萃取法／分光光度計分析法(NIEA E507.04B)

## 一、方法概要

樣品經玻璃纖維濾紙過濾後，濾紙以研磨器於 90% 丙酮溶液中研磨萃取葉綠素 a，萃取液再以分光光度計測得吸光值，計算樣品中葉綠素 a 濃度。

## 二、適用範圍

本方法適用於地面水體。

## 三、干擾

- (一) 樣品具濁度時會產生干擾。
- (二) 浮游藻類之其他色素，如葉綠素 b、葉綠素 c、葉綠素之分解物如葉綠素酸酯(Chlorophyllides)、脫鎂葉綠甲酯酸(Pheophorbides)和脫鎂葉綠素(Pheophytins)等、葉黃素(Xanthophyll)、藻膽色素(Phycobilins)及類胡蘿蔔素(Carotenoids)等會產生干擾。
- (三) 萃取後的萃取液易受溫度、光、酸及濁度影響，應避免強光照射或接觸酸性物質，上機分析時，均須回溫至室溫。

## 四、設備與材料

- (一) 量筒：100 mL 至 1 L 之量筒。
- (二) 玻璃纖維濾紙：直徑 47 mm 或 25 mm，平均孔徑約 0.7  $\mu\text{m}$  (使用 Whatman GF/F 或同級品)。
- (三) 薄膜過濾裝置。
- (四) 真空抽氣裝置：水壓式、吸氣式或手動式，壓力差低於 0.2  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (20 kPa) 者為佳。
- (五) 鑷子。
- (六) 濾紙存放容器：能避光，在運送過程及儲存時，可以存放含過濾樣本之濾紙，不受環境污染者。
- (七) 運送儲存器：能保持溫度在 10°C 以下之儲存器。
- (八) 冷凍櫃：可長期維持在 -10°C 以下。
- (九) 研磨器：具研磨效果，且能耐丙酮者。
- (十) 震盪器。
- (十一) 攜帶式 pH 計或 pH、石蕊試紙。
- (十二) 離心管：15 mL，具螺紋蓋，能耐丙酮者。
- (十三) 離心機：懸臂式、可容納 15 mL 離心管、離心力可達 675 g 以上 (g 為離心力，註 1)，具冷卻系統為佳。
- (十四) 分注器或移液管。
- (十五) 分光光度計：波長能設定在 750 nm、664 nm、647 nm 及 630 nm，其透光率讀值需至小數點下 3 位。樣品槽光徑可為 1 cm、2 cm、5 cm 或 10 cm(註 2)。

## 五、試劑

- (一) 試劑水：電阻值須大於 1  $\text{M}\Omega\text{-cm}$ 。
- (二) 丙酮：HPLC 級(或同級品)。
- (三) 90% 丙酮溶液：試劑水與丙酮以體積比 1:9 配製。

## 六、採樣與保存

- (一) 視水中浮游藻類密度而定，採取適量樣品，記錄採樣體積、採樣時間及地點等，並測試樣品之 pH 是否  $\geq 7$ 。

- (二) 採樣後將樣品混合均勻，隨即量取適量樣品進行過濾，若無法立即進行過濾時，應將樣品以小於 10°C 且不得凍結方式保存，但須在採樣後 24 小時內進行過濾。
- (三) 過濾時須避免強光直射，以減壓過濾方式進行，將浮游藻類過濾於玻璃纖維濾紙上。當樣品抽濾近乾時，關閉抽氣裝置避免過度抽乾。樣品之過濾體積以使濾紙呈現微綠色或褐色者為佳。以鑷子夾取濾紙，應避免夾到內含物，並將濾紙面朝內摺，將濾紙置放於濾紙存放容器內避光，待進行萃取步驟。
- (四) 樣品或過濾後之濾紙運送時，溫度應維持在小於 10°C 且不得凍結。
- (五) 若樣品 pH ≥ 7，過濾後之濾紙未能即刻進行葉綠素 a 之萃取時，應將濾紙保存於低於 -10°C 之冷凍櫃，保存期限不可超過四週。樣品 pH < 7，過濾後之濾紙須即刻進行葉綠素 a 之萃取和分析，以避免葉綠素 a 在酸性環境下分解而造成誤差。

## 七、步驟

- (一) 萃取葉綠素 a 1. 將濾紙移入離心管內（如濾紙存放在冷凍櫃中，應先在暗處回溫），加入 A mL 90% 丙酮溶液，以研磨器將濾紙研磨成泥狀（注意：研磨過程不可過熱，註 3）。再加入 B mL 90% 丙酮溶液潤洗研磨器後(A+B 共 10 mL)，將潤洗液與泥狀物混合，旋緊離心管蓋震盪充分混合後，置於 4°C ± 2°C 暗處浸泡至少 2 小時，最好隔夜，但不得超過 24 小時，在此過程中至少應從 4°C ± 2°C 暗處取出震盪混合一次。處理另一濾紙前，研磨器須用丙酮溶液清洗，以清除殘留之物質最後再以丙酮潤洗，才得進行下一個樣品濾紙研磨。2. 浸泡後，取出再震盪混合之，再以離心力 675 g 離心 15 分鐘或以 1,000 g 離心 10 分鐘，如離心機具冷卻系統，離心溫度控制低於室溫可延長離心時間。於暗處回溫至室溫後，取其上清液，進行分光光度計測定。
- (二) 分光光度計分析
1. 將分光光度計選定波長（750 nm、664 nm、647 nm 及 630 nm），以 90% 丙酮溶液進行儀器歸零。
  2. 將七、步驟（一）萃取液放入分光光度計之樣品槽中，分別讀取其在波長 750 nm、664 nm、647 nm 及 630 nm 之吸光值並記錄之。
  3. 萃取液於波長 664 nm 之吸光值以介於 0.1~1.0 之間為原則，若萃取液於波長 664 nm 之吸光值小於 0.1，可適當增加樣品過濾體積或改用較長光徑之樣品槽，以提高吸光值。如樣品雜質過多無法增加過濾體積或樣品過濾體積達 4 L，使用分光光度計可用之最長樣品槽光徑下，吸光值仍小於 0.1 時，於分析結果加註說明。
  4. 萃取和上機分析時必須在避光下進行，並使用不含酸容器以避免葉綠素 a 分解。

## 八、結果處理

(一) 萃取液中葉綠素 a 之濃度(C)(mg/L) = 11.85 X - 1.54 Y - 0.08 Z

X：波長 664 nm 吸光值-波長 750 nm 吸光值

Y：波長 647 nm 吸光值-波長 750 nm 吸光值

Z：波長 630 nm 吸光值-波長 750 nm 吸光值

(二) 樣品中葉綠素 a 之濃度(µg/L 或 mg/m<sup>3</sup>)

$$= \frac{\text{萃取液濃度 } C \times \text{萃取液體積(mL)}}{\text{樣品過濾體積(L)} \times \text{樣品槽光徑(cm)}/1(\text{cm})}$$

## 九、品質管制

- (一) 空白分析：每批次或每 10 個樣品須以同批號玻璃纖維濾紙執行空白分析，空白分析過濾試劑水體積應與該批次樣品過濾體積最大量者相同，分析結果不得高於該批次任一樣品濃度的 10%(樣品雜質過多無法增加過濾量或樣品過濾量超過 4 L 者除外)。

## 十、精密度與準確度

略

## 十一、參考文獻

- (一) APHA, AWWA and WPCF, Standard methods for the examination of water and Wastewater, 23rd ed., American Public Health Association, Washington D.C., 2017.
- (二) ASTM, Standard practices for measurement of chlorophyll content of algae in surface waters, Designation:D3731-87, pp.15-18., 1987.
- (三) Parsons, T.R., Maita, Y. and Lalli, C.M. Determination of chlorophylls and total carotenoids, Spectrophotometric method. In "A manual of chemical and biological methods for seawater analysis", Pergamon Press.N.Y. U.S.A. pp.101-104., 1984.
- (四) Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C. and Wright, S.W. Phytoplankton pigments in oceanography : guidelines to modern methods. UNESCO Press, 1995. (五) U.S.EPA, In vitro determination of chlorophylls a, b, c1 + c2 and pheopigments in marine and freshwater algae by visible spectrophotometry. Method 446.0, 1997.

註 1：離心力 g 與離心機轉速之關係，如下列公式。

$$\text{離心力}(g) = \frac{1.118 \times (\text{rpm})^2 \times R}{10^5}$$

式中 rpm 為離心機每分鐘之轉速、R 為離心機半徑以公分(cm)表示。

註 2：本方法應每季執行分光光度計功能測試。使用 5 cm 或 10 cm 樣品槽時，請確認萃取液液位高於偵測高度。

註 3：進行研磨萃取濾紙時，應在抽風櫃中操作。本方法所使用之各種試劑其毒性或致癌性並不明確，可能對人體健康有害，應儘量避免可能的曝露並減少或消除廢棄物的量。

註 4：檢驗室應有勞工主管機關對於各化合物之安全操作規定，並將有關資料分送實驗人員。

註 5：檢測產生之廢液依丙酮廢液處理原則處理。

註 6：本文引用之公告方法及編碼，以環保署最新公告者為準。

# 海洋浮游動物檢測方法(NIEA E701.20C)

## 一、方法概要

本方法是以浮游網採集海洋浮游動物，作為個體量、生物量與種類組成分析。

## 二、適用範圍

本方法適用於海洋浮游動物之採樣檢測。

## 三、干擾

- (一) 干擾可能源自於網具遭受污染，網目阻塞。
- (二) 當水中懸浮顆粒含量過高時，妨礙顯微鏡下的觀察。
- (三) 其他可能因素(如日照、污染等)，會對結果造成干擾，因為有些浮游動物具趨光或避光的行為，日照強弱會影響結果。

## 四、設備及材料

- (一) 船舶：如進行水平採樣時，船速應低於 3 節。
- (二) 定位設備：能確定採樣位置之座標，如全球定位系統(GPS)。
- (三) 安全設備：依據採樣地點所需之基本安全設備，如救生衣、救生圈。救生衣及救生圈之材料、結構及標示必須符合經濟部標準檢驗局所訂之國家標準。
- (四) 流量計：如德製水生物流量計(Hydro-Bios)，為量測浮游生物網濾水流量的裝置，使用時安裝於網口半徑的中點，通過水流驅動其葉輪轉動，記錄器記錄轉數，轉數經換算，可得出其拖行距離，再乘以網口面積，即可計算出流經網具之實際流量。流量計應採用數字直讀式種類。
- (五) 網具(需於報告上載明所使用的網具規格)
  - 1. 標準網：採用聯合國教科文組織(UNESCO)所定之北太平洋標準浮游生物採集網(NORPAC net)，其網目為 330  $\mu\text{m}$ ，網身長 180 cm，網口徑為 45 cm，並於網口綁附流量計以測定過濾之水量。水平及垂直方式採集均可使用。
  - 2. 關閉式採集網：應用在水平採集時使用，此種網具係在標準網網身上半層部位外圍加裝一圈外部套繩，使得套繩收縮時，可將網身曲折而合在一起，如此即可阻止網身進行過濾之作用。但是此種網當然是要配合一種曳繩的曳索釋放裝置(通稱為開關器)，當網下放至欲採集的深度後，打下第一個信錘撞擊開關器，使網具鬆脫並開始拖曳 5 至 10 分鐘，再打下第二個信錘撞擊開關器卡榫鬆脫，使拉住網身之曳繩被釋放而脫離，此時僅餘網身上半部外圍所環繞之曳索受力而被拉緊，則拉著網口收縮，並使網口下垂，如此使得以後的網身上升時，也不再進行過濾作用，這樣就可採集到某一深度水層的浮游生物。此類網具尚有改良式的丸川式關閉採集網。水平及垂直採集方式使用較多。關閉採集網的信錘打下之時間控制，須依採樣水深及收網速度經精確計算。
  - 3. 分層式採集網：將 3 組至 7 組相同採集網身組合一起，利用開網裝置來控制各個網口的張開，每當一個網口因開網裝置之作用而張開，同時將另一網身的網口關閉，如此就可用不同的網身採集不同水層的浮游動物標本。水平及垂直方式採集均可使用。
- (六) 水桶：潮間帶採集時搯水用，廣口、塑膠、有提環。
- (七) 樣品瓶：500 或 1000 mL 塑膠瓶。
- (八) 沉澱管：管柱體積為 75 mL、50 mL 或 10 mL 如圖一。
- (九) 分隔器：500 mL 以上，需含水平氣泡儀及調整鈕，如圖二。
- (十) 量筒：100 或 500 mL，具刻度。

(十一) 濾網：網目 50  $\mu\text{m}$ 、100  $\mu\text{m}$ ，大小需能覆蓋所使用量筒的管口。

(十二) 立體解剖顯微鏡：接目鏡 10 倍以上，物鏡 2 倍以上。

(十三) 乾燥箱：內附乾燥劑。

(十四) 烘箱：可調整溫度至 65~70°C。

(十五) 碼錶：量測至秒。

## 五、試劑

(一) 中性甲醛溶液：將市售甲醛溶液 200 mL 加入 0.5 g 硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 使其成中性，以酸鹼試紙測試。

(二) 70%酒精：將市售 95%酒精 500 mL 加水 178 mL 即為 70%酒精。

## 六、採樣與保存

### (一) 測站配置與測站數

1. 測站配置：應能涵蓋計畫基地區位及其周邊可能影響海域範圍以及影響範圍外之對照站。測站位置經全球定位系統(GPS)定位，並記錄正確之經緯度座標，不應輕易更改。

#### 2. 測站數(註一)

(1) 外海海域評估範圍內每 5  $\text{km}^2$  一個測站，最少 5 個測站(註二)。

(2) 沿海海域評估範圍內每 1  $\text{km}^2$  一個測站，最少 4 個測站(註二)。

(3) 潮間帶應考量不同底質特性，最少 3 個測站。

### (二) 調查時間與頻率

為掌握海域生態背景現狀，以確立正常生態背景監測指標體系與生態環境評估的背景值。海洋生態的背景調查，調查頻率應涵蓋在春、夏、秋、冬四季進行，每次調查之時間應至少相隔一個半月。

### (三) 採樣方法 以垂直採樣為主，水深淺於 7 公尺，則以水平採樣方式。

1. 垂直採樣：以網口綁附流量計之採集網具，緩慢下放至近底層後，再垂直向上慢速(每秒不超過 3 m)拉回至海面。利用此網具所採集各測站之浮游動物標本，將網具上之標本以清水沖入收集器，再裝入樣品瓶，上述沖洗過程至少進行兩次。

(1) 單一垂直採集：即由一採集網，由某一水層向上垂直採集到海面，如圖三的 A 所示。

(2) 多次垂直採集：即利用同一採集網，由不同深度的水層分次向上垂直採集到海面，如圖三的 B 所示。

(3) 分層垂直採集：亦即利用關閉網或多層網以垂直方式，採集各水層之標本。如圖三的 C 所示。

2. 水平採樣：以網口綁附流量計之採樣網具，於測站進行水平拖曳採樣，船速應低於 3 節，採樣時控制網具拖曳速度，或加掛重錘，以確保採樣進行中，網口能沒入水中。各測站水平拖曳時間應當一致。

(1) 單層水平採集：單一水層的水平方式採集。

(2) 分層水平採集：利用多個水平採集網同時進行多個水層的水平採集，如圖四所示。

3. 分層採樣：需要更進一步了解其垂直分布，可按不同水深層次作垂直分層採樣。採樣時，應使用關閉式採集網具，並配合開關器(係分層採集時控制浮游生物網網口張開、關閉的裝置)及信錘採樣，亦可以分層式採集網直接進行分層採樣。

4. 潮間帶採樣：以定量水桶掬水經網目為 100  $\mu\text{m}$  之小型浮游生物採集網過濾，過濾水量 100 公升。網具經沖洗，將標本沖入收集器，再裝入樣品瓶，上述清洗過程至少進行兩次。

5.河口及瀉湖水域採樣應考慮相同潮汐時段。

#### (四)鋼纜上收速度與採集的關係

當浮游生物網在進行垂直方式採集標本時，若上升的垂直速度太快時，造成溢流現象，降低標本採集效率，故在垂直採集時，鋼纜的上升速度不能太快，一般以每秒鐘 0.5~1.0 公尺為最理想。

#### (五)信錘的關閉網具使用方法

當利用網口關閉裝置或放索裝置進行垂直採集，以採集某一水層的浮游生物標本時，例如採集 50~100 m 水層內的生物標本時，則將網下放至 100 m 後，再上升進行採集，當採集上升時鋼纜為 50 m 時，網口需要利用關閉裝置來將網口關閉，結束採集。而關閉網口之方法，除可利用電子控制式的關閉外（例如德製水生(Hydro-Bios)多層浮游生物採集網），尚可使用打下的信錘利用機械式方法，將網口關閉。當利用打下信錘的方式關閉網口時，由於採集網的上升速度不可停止，否則因網身的突然停止，則反作用力的反流效果，將使網身內的浮游生物標本會被反流的水沖洗出網身外。

##### 1.信錘的構造：

信錘的構造為一銅或不銹鋼製之長圓筒狀體，高度大約為 5~10 公分，在圓筒狀體的中心部份有一中空之圓洞，以利圓筒狀體之信錘能在鋼纜上滑動。此外圓筒狀體的信錘之一側尚有一缺口，方便信錘能從鋼纜上取出或放入，在此缺口處有一以彈簧控制的卡鎖，帶動一片門栓可將此缺口關閉或打開，方便信錘從鋼纜上取下。

##### 2.信錘的功能：

信錘的功用是將網具在某一深度時，欲命令其進行某一動作，以執行某一特殊功能時用之。包括關網或開網或關閉採水器以執行採水作業時均用之。當信錘沿著鋼纜下降在網具或採水器時，由於信錘的重力，撞擊附於鋼纜上的卡鎖開關，而使卡鎖打開後，即可使一聯桿或連線脫離，再加上適當的機械設計，即能執行某一種特殊動作及某一特定功能。現今有關信錘的動作功能，有些已被其他電子裝置所取代，此方法係利用鋼纜中的電纜線來傳遞電子信號，配合精密的電子裝置，完成特殊動作。HH 3.打下信錘的時間控制：(參閱表一) 信錘下放深度或距離(H,單位 m)之計算即可由下列公式算出：

$$\frac{H}{v+V} = \frac{H-D}{V} \text{ 式 1}$$

H(m): 信錘下放時之鋼纜距離。V(m/秒): 鋼纜上升速度。v(m/秒): 信錘下降速度。D(m): 水深 D 或鋼纜長度。式 1 經整理後，則可改為

$$H = \frac{D(v+V)}{v} \text{ 式 2}$$

一般信錘之下放速度約為 200 m/分，亦即 3.3 m/秒，若當鋼纜或網身的上升速度(V)為每 3.3 分鐘 100 m，或每秒 0.5 公尺，此時 H=1.152D。而若網口關閉之深度，亦即採樣水深 D=50 m 時，則此時 H 值=1.152×50=57.6≐58 m 的深度。

#### (六)樣品固定與保存

浮游動物可用中性甲醛固定，只須按標本瓶容量加入適量中性甲醛溶液。如市售甲醛溶液為 20%，則加入硼酸鈉使其成為中性後，20%中性甲醛溶液加入所採集得的樣品瓶內約佔種體積的 1/4 即可。如需保存超過六個月需更換至 70%酒精溶液保存之。

## 七、步驟

### (一)浮游動物量測定(註三)

1. 浮游動物種類及數量分析：浮游動物樣品若固定液水量過多時，可以靜置於沉澱管(靜置 24 小時以上)，或直接以 50  $\mu\text{m}$  網目之濾網予以過濾進行濃縮，若浮游動物標本數量過多時，可利用分隔器將浮游動物樣品分割成 1/2、1/4、1/8、1/16 或 1/32 的子樣品(子樣品約含 2000 個之個體數為宜)。於實驗室內，將裝於標本瓶中待檢測的浮游動物樣品，以較大口徑吸管吸取出部份的浮游動物樣品，再置於立體解剖顯微鏡下，檢視及計數海水中所含浮游動物種類及數量，以進行定性種類組成及定量密度分析，如此經重複吸取出部份的浮游動物樣品，重複檢視及計數，直至待檢測之浮游動物樣品，檢測完畢為止。檢測分類應依聯合國教科文組織 UNESCO 的黑潮探測(CSK)所訂定之項目分類標準(Tham, 1973)編製分類標準外，並考量沿岸、河口經常出現幼生類群，對於樣品中有大量出現的優勢種(佔總量 30% 以上或前 3 至 5 個優勢種)則最好鑑定至種。
  2. 沉澱容積法(Settling volume)：將樣品倒入具有刻度之量筒，經過 24 小時沉澱，讀取沉澱之容積。
  3. 排水容積法(Displacement volume)：將適量樣品過濾後倒入 100 或 500 mL 之量筒內，加海水至 100 或 500 mL (刻度 A) 後，再將此量筒之樣品連同海水倒入另一上套有濾網(50  $\mu\text{m}$  網目)漏斗(自製)量筒(100 或 500 mL)內，待一分鐘後，水位刻度為 a，浮游動物容積量即為 A-a。
  4. 濕重(Wet weight)：浮游動物樣品經以 50  $\mu\text{m}$  (<200  $\mu\text{m}$  即可，如以 330  $\mu\text{m}$  網目採樣的話) 網目之濾網予以過濾，再將吸水紙或吸水布置於濾網下吸去殘留之水份約 60 秒後，將其置於分析天平稱重，所得重量減去濾網的重量，即得濕重(g)，再將濕重除以過濾水量，即得單位體積的濕重(g/m<sup>3</sup>)或再乘以 1,000 倍，調整成 g/1,000 m<sup>3</sup> 的單位。
  5. 乾重(Dry weight)：將上述濾在濾網上的浮游動物標本用蒸餾水沖洗，置於 65~70°C 烘箱中烘乾 48 小時以上後稱重，所得重量減去濾網的重量，即為乾重。
- (二)資料整理:浮游動物種類及數量分析項目分類除幼生外，原則上鑑定至屬，優勢種(佔總量 30% 以上或前 3 至 5 個優勢種)則最好鑑定至種。

## 八、結果處理

(一)濾水量計算(以 Hydro-Bios 流量計為例) 依據流量計的轉數與網口徑計算濾水量，計算公式如下式：

$$\text{濾水量(m}^3\text{)} = (\text{採樣完成之流量計讀數} - \text{採樣前之流量計讀數}) \times d(\text{流量計讀數}) \\ \times A(\text{網口截面積, m}^2)$$

1. d(流量計係數):指流量計每轉一整圈，需移動的距離，例如德製 Hydro-Bios, model 438 110 流量計的係數為 0.3 m/圈。
2. A(網口截面積,m<sup>2</sup>):例如 NORPAC 採集網，網口直徑為 0.45 m,網口截面積為  $3.14159 \times (0.45/2)^2 = 0.159 \text{ m}^2$

(二)單位個體量計算

$$\text{單位個體量計算} = \frac{\text{子樣品經立體顯微鏡計算各種浮游動物個體量}}{\text{子樣品佔總樣品的比率} \times \text{濾水量}}$$

單位以 ind./m<sup>3</sup> 表示，或將 ind./m<sup>3</sup> 的浮游動物個體量乘以 1,000 倍，調整成 ind./1,000 m<sup>3</sup> 的單位。有效位數為三位。

## 九、品質管制

(一) 採樣作業記錄表 海上作業均需填寫海上作業記錄表，該記錄表中，至少必須登載包含採樣分類、作業站名、作業日期、測站位置，作業或採樣時間（當地時間）、採樣水深，流量或流量計讀數，表面海水溫度及鹽度、記錄人員、標本瓶編號等資料在內，以供日後查核之用。

(二) 流量計功能檢查管制

1. 每次採樣作業前，需再次核對流量計讀數，是否與前次收回時讀數相同，若有不同，則另行記載其讀數。使用前先以目視檢視流量計外部是否受擠壓、破損等，若正常，則再以手動方式，測試流量計轉輪等內部功能是否能正常運轉及正確記錄轉數，若有疑問，則須立即更換。
2. 每次採樣作業，當網具收上船以後，首先檢查流量計讀數是否正常，並記錄其讀數，以防因各種因素導致流量計讀數有所變動，造成誤差。
3. 每次採樣結束後，均需核對流量計讀數值是否正常（先以目視檢視流量計外部是否受擠壓、破損等，若正常，則再以手動方式，測試流量計轉輪等內部功能是否能正常運轉及正確記錄轉數），若不正常，則檢查流量計是否卡住或已損害，或裝置不正常（因繩索被鉤住或其他各種因素等），流量計若有不正常則須立即更換預備品，或是調整網具中流量計之裝置方式等。

(三) 採樣網具的檢修

1. 使用前：均需先行檢視網身及採收器等有否破損，若有，則需予以適當修補或更換。檢視正常後，將網具裝入適當之袋中，以備運送。
2. 使用後：使用之網具，於每次出海採樣使用後，清洗乾淨並陰乾後裝袋收藏，以防網具被蟲鼠損壞或不慎鉤破。

(四) 採樣水深管制

1. 鋼纜或纜繩下放至網口接近海水面時，停止下放並將碼錶歸零，以確保下放鋼纜長度正確性。
2. 採樣水深使用附於鋼纜上之碼錶讀數加以控制，另於控制絞車上亦有絞車的轉數可互相校對。
3. 如船上具有漁探機，探測網具下放之深度，並檢視是否與碼錶讀數相同，確保深度之正確性。
4. 採用固定之採樣深度時，可於鋼纜或纜繩上於每一固定採樣距離作一標記予以識別。

## 十、參考文獻

(一) 行政院環境保護署「海域環境監測及監測站設置辦法」中華民國九十一年十一月十三日。

(二) 黃哲崇，海洋生態環境影響評估技術規範，EPA-92-E101-02-104，2003。

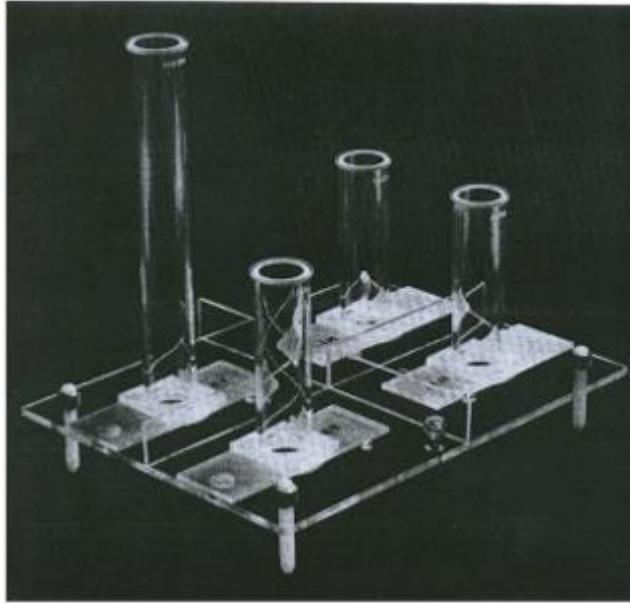
(三) Tham A. K., Zooplankton report No.3, Singapore University Press, Singapore. C.S.K. 1973.

(四) 經濟部標準檢驗局，救生圈國家標準（CNS 11501,F 4014），中華民國七十五年二月。

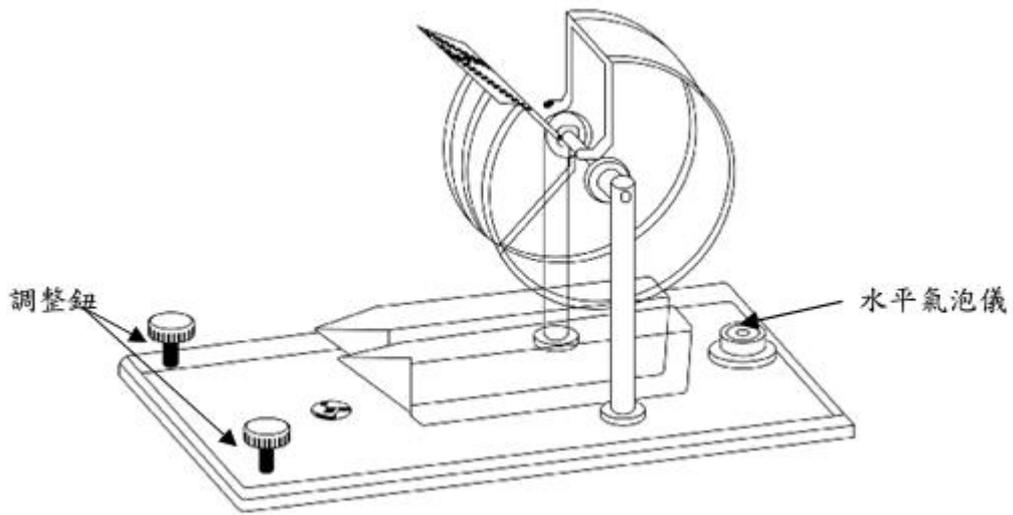
註一：依採樣目的不同，測站配置與站數可做適度調整。

註二：沿海海域離岸 3 海浬以內，外海海域離岸 3 海浬以外。

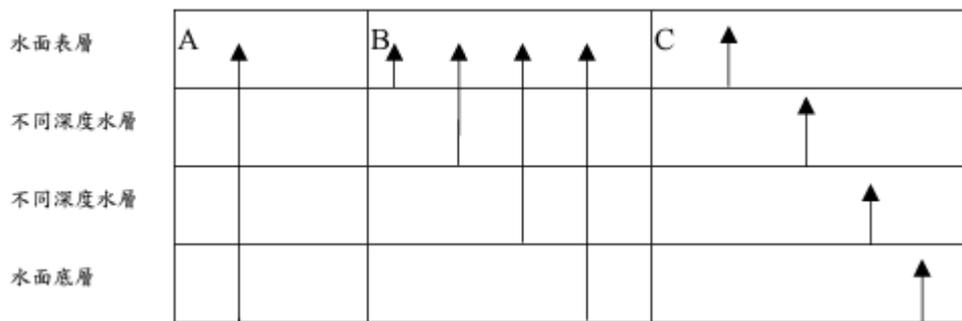
註三：一般國際調查如(UNESCO)除了檢測浮游動物種類及個數外，其他檢測項目以乾重居多。



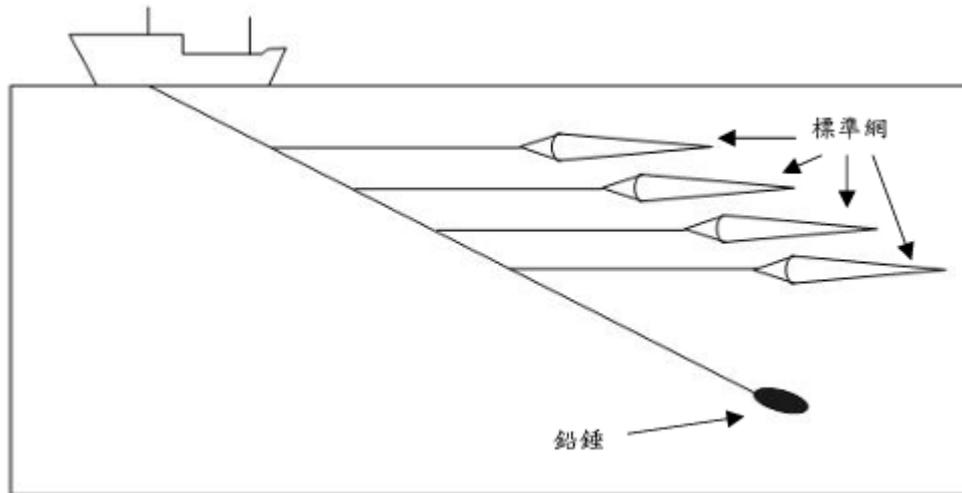
圖一 沉澱管及其支撐架



圖二 分隔器



圖三 垂直採樣方式：A：單一垂直採樣，B：多次垂直採樣，C：分層垂直採樣，箭頭代表浮游網由深水層向上採集。



圖四 分層水平採集，船舶拖數個標準網一起作業(示意圖)

表一 為在不同的鋼纜上收速度(V)下，D 值與 H 值的比較

錘下降速度 V=3.3 m/秒	鋼纜上收速度 V=0.5 m/秒	纜上收速度 V=0.8 m/秒	纜上收速度 V=1.0 m/秒
口關閉深度 D(m)	信錘之深度 H(m)1.152D	信錘之深度 H(m)=1.242D	信錘之深度 H(m)=1.303D
50	58	62	65
100	115	124	130
200	230	248	260
300	346	373	391
500	576	621	651
1000	1152	1241	1301
2000	2304	2484	2606
3000	3456	3726	3909

# 硬底質海域表棲生物採樣通則(NIEA E104.20C)

## 一、方法概要

依據海域環境的特性，選擇適當的採樣工具，採集該海域表棲生物，藉以調查表棲生物之種類、密度、豐度和分布，並估計表棲生物群聚的物種多樣性及群聚結構。

## 二、適用範圍

本方法適用硬底質海域如珊瑚礁、硬底質潮間帶等之表棲生物採樣。

## 三、干擾

- (一) 採集工具如造成表棲生物之驚嚇或傷害時，無法獲得完整或具代表性的樣本。
- (二) 表棲生物分布不均勻，以致取樣偏差。

## 四、設備及材料

- (一) 定位設備：能確定採樣位置之座標，如全球定位系統(GPS)。
- (二) 水肺潛水設備：為水面下操作時所需，於潮間帶作業時需著救生衣，其材料、結構及標示必須符合經濟部標準檢驗局所訂之國家標準。
- (三) 度量工具：使用一定長度(如 10 m 以上)或一定面積(如 50 cm × 50 cm 以上)之度量工具，一旦決定量測方式，就不再更改。
- (四) 樣品保存裝置：樣品瓶(500 mL、1000 mL)。
- (五) 能保持溫度於 0-4°C 之容器：如冰箱或冰桶。
- (六) 水下照相機或攝影機：具有時間顯示。

## 五、試劑

- (一) 試劑水：去離子水。
- (二) 固定、保存液
  - 1. 70%酒精：將市售 95%酒精 500 mL 加水 178 mL 即為 70%酒精。
  - 2. 5%中性甲醛溶液：將甲醛溶液加入硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )，使其成中性甲醛溶液，以酸鹼試紙測試。此溶液之配製係將市售之 40%甲醛溶液視為 100%來使用。例如將 5 mL 40%的中性甲醛加水 95 mL 即為 5%中性甲醛溶液；如中性甲醛溶液濃度為 20%，則視為 50%，將 10 mL 20%的中性甲醛加水 90 mL 即為 5%中性甲醛溶液；依此類推。
- (三) 麻醉劑
  - 1. 薄荷腦 menthol (1-甲基-3 羥基-4-異丙基環己烷， $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_9(\text{C}_3\text{H}_7)\text{OH}$ )：固體，無色透明結晶。
  - 2. 氯化鎂( $\text{MgCl}_2$ )：使用試劑水配製成濃度為重量百分率 7 %的溶液，不可用海水配製，因海水中所含高量的鈣離子會妨礙鎂離子的作用，而無法達到麻醉的目的。
  - 3. 其它可使生物麻醉之藥品。

## 六、步驟

### (一) 採樣基本原則

- 1. 採樣安全注意事項：
  - (1) 隨時收聽氣象報導，當遇有豪雨、颱風警報或風浪過大時，應立即停止採樣。
  - (2) 採樣人員需穿著救生衣或備有其他救生裝備。
  - (3) 在作業時應嚴格要求恪遵安全規則及緊急事件的連絡方式。

2. 採樣作業前，應先收集預定採樣海域之地理環境、背景等資料，且採樣者須熟習採樣工具、方法、底棲生物棲息習性及鑑定種類的知識。地理環境資料包括地形圖、航照圖、潮汐和潮位等資料。
3. 依資料研判或辦理採樣現場初勘，瞭解現場地形、海流情況、附近主要污染源及適合的採樣位置。必要時進行現場勘查。
4. 依據所收集的所有資料擬定採樣計畫。採樣計畫內容應包括計畫名稱、採樣日期、工作時程、監測站及採樣點位置、採樣器材及樣品保存方式、分析項目、人員調派及交通工具的安排及辦理人員出海公文等。

#### (二) 測站配置與測站數(註一)

1. 測站配置：應能涵蓋計畫基地區位及其周邊可能影響海域範圍以及影響範圍外之對照站。測站位置經全球定位系統(GPS)定位，並記錄正確之經緯度座標，不應輕易更改。

#### 2. 測站數

- (1) 離岸 3 海裡外之外海海域評估範圍內每 5 km<sup>2</sup> 一個測站，最少 5 個測站。每一測站要有 3 個重複的樣品。
- (2) 離岸 3 海裡內之沿海海域評估範圍內每 1 km<sup>2</sup> 一個測站，最少 4 個測站。每一測站要有 3 個重複的樣品。

(三) 調查時間與頻率(註一) 為掌握海域生態現狀，以確立生態體系的背景值，調查頻率至少應涵蓋春、夏、秋、冬等四季，而二次調查之間隔時間應至少相隔一個半月。

#### (四) 採樣步驟(二種採樣方式擇一)

1. 橫截線調查法：係使用固定長度(如 10 m 以上) 之度量工具，呈一直線置於測點的硬底質上，直接記錄橫截線上的表棲生物種類、數量及其覆蓋度。必要時，採集部份標本，進行種類鑑定。
2. 方框測量法：將固定面積(如 50 cm x 50 cm 以上) 度量工具置於測點的硬底質上，直接記錄方框內的表棲生物種類、數量及其覆蓋面積，並以拍照或攝影記錄方式，再進行種類判讀及計算其覆蓋面積或群體數量。

### 七、 樣品處理及保存

#### (一) 處理

1. 採集的標本應儘速處理，避免標本損壞。
2. 生物標本經分類、稱重、照相及記錄後，為避免取走不必要的樣本，僅可自樣本中取部份樣本做為其他分析或測定之用，其餘回歸海中。
3. 發現具保育類之生物(參考農委會公布(註二)之保育類生物名錄)，應及時拍照，並進行有關生物學(如體長、體重、性別…等形態特徵)的觀察及測量，並隨即記錄之。

#### (二) 固定、保存

1. 需培養和麻醉的生物，應以海水沖洗乾淨，並儘量減少刺激、損傷。需麻醉的生物裝於瓶內，加入麻醉劑，直至生物肌肉鬆弛。
2. 將各標本分離，按個體大小分裝於不同規格之標本瓶。
3. 標本除海綿動物類用 70% 以上酒精固定外，其餘各類均可用 5% 中性甲醛溶液固定保存，或是直接將標本瓶以冰塊冷藏於冰箱中。

## 八、結果處理

(一)生物種類應儘可能鑑定至種的層級，並列出學名。

(二)生物密度估算：以單位採樣面積之個體數或生物量(群體型生物，如海綿、腔腸動物)表示。

(三)底棲生物群聚結構分析，包括：物種多樣性(diversity)、均勻度、優勢性指數等(有效位數小數點下二位)。

1. 多樣性指數之計算可採下列公式：

(1)香農韋納指數(Shannon-Wiener index,  $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$H'$ ：多樣性指數

$S$ ：樣品中的種類總數

$P_i$ ：第  $i$  種的個體數( $n_i$ )與總個體數( $N$ )的比值( $n_i/N$ )

(2)辛普森指數(Simpson's index,  $\lambda$ )

可採下列兩種不同計算方式，但應用時考慮其一致性：

$$A \quad \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N}\right)^2$$

$$B \quad \lambda = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

$\lambda$ ：多樣性指數

$S$ ：樣品中的種類總數

$P_i$ ：第  $i$  種的個體數( $N_i$ )與總個體數( $N$ )的比值( $N_i/N$ )

2. 均勻度可採用皮耶諾均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J$ )，其計算式如下：

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$J$ ：均勻度指數

$H'$ ：多樣性指數

$H'_{\max}$ ：為  $\log_2 S$ ，表示多樣性指數的最大值， $S$  為樣品中總種類數。

$J$  值範圍為 0~1 之間， $J$  值大時，顯示種間個體數分佈較均勻；反之， $J$  值小則表示種間個體數分佈欠均勻。

3. 優勢度與均勻度是相對應的指數，可以下列公式計算之：

$$D_2 = \frac{N_1 + N_2}{N}$$

$D_2$ ：優勢度

$N_1$ ：樣品中第一優勢種的個體數

$N_2$ ：樣品中第二優勢種的個體數

$N$ ：樣品中的總個體數

(四)底棲生物檢測結果應與環境(含棲地環境)因子如水溫、酸鹼度、鹽度或底質粒度等進行分析。

## 九、品質管制

- (一) 採樣作業各項紀錄應完整。
- (二) 同一測站重複的樣本間物種差異大於 50%以上，即代表樣品量不足。
- (三) 至少 80%樣本須鑑定至種的層級，並列出學名(屬名要明確，種名如未明確可以以 *sp1*、*sp2* 等表示之)。
- (四) 每一種標本都需照相及保留驗證標本，以供未來其他研究人員比對。

## 十、精密度與準確度

略

## 十一、參考資料

- (一) American Public Health Association , American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination water and wastewater, 20th ed., Method 10500 Benthic macroinvertebrates , pp.10 - 60 ~ 10 - 74. APHA, Washington, DC.,USA, 1998.
- (二) 黃哲崇，海洋生態環境影響評估技術規範，EPA-92-E101-02-104，2003。
- 註一：依採樣目的不同，測站配置、站數及頻度可做適度調整。
- 註二：農委會網站([http:// www.tesri.gov.tw/content6](http://www.tesri.gov.tw/content6))。

# 軟底質海域底棲生物採樣通則(NIEA E103.20C)

## 一、方法概要

依據海域環境的特性，選擇適當的採樣工具，採集該海域之底棲生物，藉以調查底棲生物之種類、密度、豐度和分布，並估計表棲或底質之生物群聚的物種多樣性及群聚結構。

## 二、適用範圍

本方法適用於河口、海灣、瀉湖、沙灘或泥灘等軟底質海域的底棲生物採樣。

## 三、干擾

- (一) 採集工具操作不當或損壞，會降低樣本之代表性。
- (二) 採集時如造成底棲生物之驚嚇或傷害時，無法獲得完整或具代表性的樣本。
- (三) 底棲生物分布不均勻，導致取樣偏差。

## 四、設備及材料

- (一) 船舶：船上應備有絞車(盤)，如進行拖網時，船速應低於 2 節。潮間帶採樣船舶為非必要設備。
- (二) 定位設備：能確定採樣位置之座標，如全球定位系統(GPS)。
- (三) 安全設備：依據採樣地點備置所需之基本安全設備，如救生衣、救生圈等，其材料、結構及標示必須符合經濟部標準檢驗局所訂之國家標準。

### (四) 底棲生物採樣器：

#### 1. 表棲生物採樣器：

- (1) 底拖網：適用於外海海域。網寬 6 m，網身網目 6 cm，收集網網目 2 cm。
- (2) 矩形底棲生物採樣器(Naturalist's anchor dredge)：適用於港灣、瀉湖及沿岸水深 5m 以淺之海域。採樣器規格為 45 cm (長) × 18 cm (高)，或 75 cm (長) × 25 cm (高)，收集網網目 5 mm，以船尾拖網方式採樣。採樣器收集網外層可另行加裝一層帆布套，以防止收集網鈎住海底雜物或礁石而破損。

#### 2. 底質內之抓斗式底棲生物採樣器：如艾克曼採泥器(Ekman dredge，如圖一)、幫能採泥器(Ponar grab，如圖二)、史密斯-麥金泰採泥器(Smith McIntyre grab)。 活塞式採集器或箱形採樣器。

#### 3. 潮間帶採集工具：鏟子、夾子、度量工具等。

(五) 聲納探測器或魚探機：可觀察監控網具的操作是否正常。

(六) 樣品保存裝置：樣品瓶 (500 mL, 1000 mL)、冰箱。

(七) 照相機：具有時間顯示。

(八) 篩網：網目大小依取樣目的而選定，一般採用 0.5 至 1 mm。 (九) 能保持溫度於 0-4°C 之容器：如冰箱或冰桶。

## 五、試劑

(一) 試劑水：去離子水。

(二) 固定、保存液

1. 70%酒精：將市售 95%酒精 500 mL 加水 178 mL 即為 70%酒精。

2. 5%中性甲醛溶液：將甲醛溶液加入硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )，使其成中性甲醛溶液，以酸鹼試紙測試。此溶液之配製係將市售之 40%甲醛溶液視為 100%來使用。例如將 5 mL 40%的中性甲醛加水 95 mL 即為 5%中性甲醛溶液；如中性甲醛溶液濃度為 20%，則視為 50%，將 10 mL 20%的中性甲醛加水 90 mL 即為 5%中性甲醛溶液；依此類推。

(三) 麻醉劑

1. 薄荷腦 menthol (1-甲基-3-羥基-4-異丙基環己烷,  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_9(\text{C}_3\text{H}_7)\text{OH}$ ): 固體, 無色透明結晶。
2. 氯化鎂( $\text{MgCl}_2$ ): 用試劑水配製成濃度為重量百分率 7% 的溶液。不可用海水配製, 因海水所含之大量鈣離子會妨礙鎂離子的作用, 而無法達到麻醉目的。
3. 其它可使生物麻醉之藥品。

## 六、步驟

### (一) 採樣基本原則

1. 採樣安全注意事項:
  - (1) 隨時收聽氣象報導, 當遇有豪雨、颱風警報或風浪過大時, 應立即停止採樣。
  - (2) 採樣人員需穿著救生衣或備有其他救生裝備。
  - (3) 在作業時應嚴格恪遵安全規則及緊急事件的連絡方式。
2. 採樣作業前, 應先收集預定採樣海域之地理環境、背景等資料, 且採樣者須熟習採樣工具、方法、底棲生物棲息習性及鑑定種類的知識。地理環境資料包括地形圖、航照圖、潮汐和潮位等資料。
3. 依資料研判或辦理採樣現場初勘, 瞭解現場地形、海流情況、附近主要污染源及適合的採樣位置。
4. 依據所收集的所有資料擬定採樣計畫。採樣計畫內容應包括計畫名稱、採樣日期、工作時程、監測站及採樣點位置、採樣器材及樣品保存方式、分析項目、人員調派及交通工具的安排及辦理人員出海公文等。

### (二) 測站配置與測站數(註一)

1. 測站配置: 應能涵蓋計畫基地區位及其周邊可能影響之海域範圍, 以及影響範圍外之對照站。測站位置經全球定位系統(GPS) 定位, 並記錄正確之經緯度座標, 不可輕易更改。
2. 測站數
  - (1) 離岸 3 海浬外之外海海域評估範圍內, 每  $5 \text{ km}^2$  一個測站, 最少 5 個測站。
  - (2) 離岸 3 海浬內之沿海海域評估範圍內, 每  $1 \text{ km}^2$  一個測站, 最少 4 個測站。

(三) 調查時間與頻率(註一) 為掌握海域生態現狀, 以確立生態體系的背景值, 調查頻率至少應涵蓋春、夏、秋、冬等四季, 而二次調查之間隔時間應至少相隔一個半月。

### (四) 採樣步驟

1. 當調查船航抵測站時, 下錨固定船位。
2. 使用底拖網或矩形底棲生物採樣器拖網時, 放出繩長需達水深 3 倍以上, 拖網採樣必須在低速 (1~2 節) 下進行, 每站拖網時間 (以網具著底開始算起至起網止) 視測站間距離及底棲生物分布而定 (一般為 10 分鐘); 拖網過程中, 由聲納探測器或魚探機判斷網具是否著底, 並運作正常。
3. 使用抓斗式採樣器採樣時, 應確保繩索一端緊綁住採樣器, 另一端固定在船上, 將抓斗緩慢降至海面下, 到達海底時, 幫能(Ponar)或彼得森(Petersen grab)採泥器由於張力卡鎖被釋放而下挖, 俟鋼索上收時, 則藉由抓斗重量而閉合, 將底棲生物採集於抓斗內; 若為艾克曼採泥器(Ekman grab)則需將訊錘下放, 讓抓斗關上。之後, 再緩慢將抓斗上拉, 以減少干擾。
4. 使用活塞採樣器時, 將採樣器繫於鋼索下放, 當採樣器到達海底時, 因反作用力使釋放器打開, 卡鎖跳脫, 利用重錘落下的重力作用, 將採樣鋼管插入海底, 採樣器鋼管內的底棲生物即為樣本。為了便於取出採樣器鋼管內的底質與生物, 通常於採樣器鋼管內附加一層塑膠管。

5. 使用箱形採樣器時，於採樣器外附加重力鐵製支架，當箱形採樣器下放至海底時，因鐵製支架之重量，將箱形盒壓入海底，當鋼索上收時之拉力拉動採樣器箱形盒之下層盒蓋，游移至箱形盒底下，如此箱形盒內所挖掘之底質與其內之底棲生物，即被留存於採樣盒內。
6. 採樣器收回後，將採樣器內的泥砂樣本，放入篩網內(網目大小依取樣目的而選定)，以水沖洗出標本，檢取生物標本。

## 七、樣品處理及保存

### (一)處理

1. 採集的標本應儘速處理，避免標本損壞。
2. 生物標本經分類、稱重、照相及記錄後，為避免取走不必要的樣本，僅可自樣本中取部份樣本做為其他分析或測定之用，其餘回歸海中。
3. 發現具保育類之生物(參考農委會公布(註二)之保育類生物名錄)，應及時拍照，並進行有關生物學(如體長、體重、性別…等形態特徵)的觀察及測量，並隨即記錄之。

### (二)固定、保存

1. 需培養和麻醉的生物，應以海水沖洗乾淨，並儘量減少刺激、損傷。需麻醉的生物裝於瓶內，加入麻醉劑，直至生物肌肉鬆弛。
2. 將各標本分離，按個體大小分裝於不同規格之標本瓶。
3. 標本除海綿動物類用 70%以上酒精固定外，其餘各類均可用 5%中性甲醛溶液固定保存，或是直接將標本瓶以冰塊冷藏於冰箱中。

## 八、結果處理

(一)生物種類應儘可能鑑定至種的層級，並列出學名。

(二)生物密度估算：以單位採樣面積之個體數或生物量(群體型生物，如海綿、腔腸動物)表示。

(三)底棲生物群聚結構分析，包括：物種多樣性(diversity)、均勻度、優勢性指數等(有效位數小數點下二位)。

1. 多樣性指數之計算可採下列公式：

(1)香農韋納指數(Shannon-Wiener index,  $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$H'$ ：多樣性指數

$S$ ：樣品中的種類總數

$P_i$ ：第  $i$  種的個體數( $n_i$ )與總個體數( $N$ )的比值( $n_i/N$ )

(2)辛普森指數(Simpson's index,  $\lambda$ )

可採下列兩種不同計算方式，但應用時考慮其一致性：

$$A \quad \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N}\right)^2$$

$$B \quad \lambda = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

$\lambda$ ：多樣性指數

$S$ ：樣品中的種類總數

$P_i$ ：第  $i$  種的個體數( $N_i$ )與總個體數( $N$ )的比值( $N_i/N$ )

2. 均勻度可採用皮耶諾均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J$ )，其計算式如下：

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$J$ ：均勻度指數

$H'$ ：多樣性指數

$H'_{\max}$ ：為  $\log_2 S$ ，表示多樣性指數的最大值， $S$  為樣品中總種類數。

$J$  值範圍為  $0 \sim 1$  之間， $J$  值大時，顯示種間個體數分佈較均勻；反之， $J$  值小則表示種間個體數分佈欠均勻。

3. 優勢度與均勻度是相對應的指數，可以下列公式計算之：

$$D_2 = \frac{N_1 + N_2}{N}$$

$D_2$ ：優勢度

$N_1$ ：樣品中第一優勢種的個體數

$N_2$ ：樣品中第二優勢種的個體數

$N$ ：樣品中的總個體數

(四) 底棲生物檢測結果應與環境(含棲地環境)因子如水溫、酸鹼度、鹽度或底質粒度等進行分析。

## 九、品質管制

(一) 採樣作業各項紀錄應完整。

(二) 同一測站重複的樣本間物種差異大於 50% 以上，即代表樣品量不足。

(三) 至少 80% 樣本須鑑定至種的層級，並列出學名(屬名要明確，種名如未明確可以以  $sp1$ 、 $sp2$  等表示之)。

(四) 每一種標本都需照相及保留驗證標本，以供未來其他研究人員比對。

## 十、精密度與準確度

略

## 十一、參考資料

(一) American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination water and wastewater, 20th ed., Method 10500 Benthic macroinvertebrates, pp.10 - 60 ~ 10 - 74. APHA, Washington, DC., USA, 1998.

(二) 黃哲崇，海洋生態環境影響評估技術規範，EPA-92-E101-02-104，2003。

註一：依採樣目的不同，測站配置、站數及頻度可做適度調整。

註二：農委會網站(<http://www.tesri.gov.tw/content6>)。



圖一 艾克曼採泥器



圖二 幫能採泥器(ponar drap)

# 海域魚類採樣通則(NIEA E102.20C)

## 一、方法概要

依據海域環境的特性，選擇適當的採樣網具或水肺潛水調查方式，調查該海域之魚種及其數量分佈。

## 二、適用範圍

本方法適用於海域魚種調查。

## 三、干擾

略。

## 四、設備及材料

(一) 拖網網具（註1）。

(二) 刺網類網具。

(三) 延繩釣網具。

(四) 定置網或其他網具。

(五) 水肺潛水設備。

(六) 安全設備：依據採樣地點所需之基本安全設備，如救生衣、救生圈。救生衣及救生圈之材料、結構及標示必須符合經濟部標準檢驗局所訂之國家標準。

(七) 全球定位系統。

(八) 冰桶。

## 五、試劑

(一) 5% 甲醛水溶液

## 六、採樣及保存

(一) 採樣基本原則

1. 採樣安全注意事項：

(1) 隨時收聽氣象報導，當遇有豪雨、颱風警報或風浪過大時，應立即停止採樣。

(2) 採樣人員需穿著救生衣或備有其他救生裝備。

(3) 在作業時領隊應嚴格要求隊員遵守安全規則及緊急事件連絡的方式。

2. 採樣作業前，應先收集預定採樣海域之地理環境、背景及歷年漁獲量等資料，且採樣者需具備漁具漁法及魚種鑑定知識者。地理環境資料包括地形圖、航照圖、潮汐和潮位等資料。

3. 依資料研判或辦理採樣現場初勘，瞭解現場地形、海流情況、附近主要污染源及適合的採樣位置。必要時進行現場勘查。

4. 依據所收集的所有資料擬定採樣計畫。採樣計畫內容應包括計畫名稱、採樣日期、工作時程、監測站及採樣點位置、採樣器材及樣品保存方式、分析項目、人員調派及交通工具的安排及辦理人員出海公文等。

5. 採樣器材之選擇視調查海域棲地環境之不同而有不同方式，珊瑚礁海域一般使用水肺潛水採樣且採樣者需具備開放海域水肺潛水執照。非珊瑚礁海域則使用網具採樣，可參酌調查海域當地漁民慣用之網具規格採樣。

(二) 測站配置與測站數

1. 測站配置：

(1) 應優先考慮人員安全作業的位置，排除影響工作安全之因素。

(2) 定期監測時，應選擇同一採樣位置。

2.測站數：依所使用之採樣網具不同而分別訂之。

3.使用拖網、流刺網及延繩釣等漁具採樣時應設採樣線

(1) 海域水深小於 200 公尺海域：調查範圍內每 10 平方公里設一條採樣線，最少二條採樣線。

(2) 海域水深大於 200 公尺海域：調查範圍內每 20 平方公里設一條採樣線，最少二條採樣線。

4.水肺潛水採樣：調查範圍內每 1 平方公里設一個測站，最少 4 個測站。

(三) 調查時間與頻率 為便掌握調查區位的海域生態現狀，以確立正常生態背景監測指標體系與生態環境評估的背景值。海水魚的調查，調查頻率應涵蓋在春、夏、秋、冬四季進行，每次調查之時間至少應相隔一個半月以上。

(四) 調查內容 調查海水魚種類組成、數量分佈及其生物學特性等。

(五) 採樣方式：海水魚之採樣方式基本上分為網具採樣與非網具採樣，網具採樣可配合當地漁民慣用之網具漁法採樣，分述如下：

1.網具採樣包括使用拖網網具、刺網類及延繩釣等三種方式。

(1) 拖網網具：建議採用調查當地慣用之網具規格，每站拖網時間為半小時，拖網速度應控制在 3 節。

(2) 刺網類：建議採用調查當地慣用之網具規格。

(3) 延繩釣：建議採用調查當地慣用之網具規格。

2.非網具採樣：以水肺潛水方式採樣，利用攝影或直接計數進行調查。

(六) 樣品保存：需要帶回實驗室進一步分析之樣品，可直接放入 4℃冰桶冷藏，或現場以 5% 甲醛溶液固定保存。

## 七、步驟

略。

## 八、結果處理

採樣現場使用防水紙張及防水筆進行採樣記錄，採樣記錄包括：

(一) 採樣人員姓名。

(二) 測站編號及魚獲種類及數量。

(三) 測站位置描述，包括全球定位系統經緯度資料。

(四) 取樣深度及採樣方式。

(五) 採樣日期及時間。

(六) 其他環境描述及現場檢測結果，包括水溫、氣候條件，如氣溫、晴雨狀況等。

## 九、品質管制

略。

## 十、精密度與準確度

略。

## 十一、參考資料

(一) 行政院環境保護署，海洋生態環境影響評估技術規範，中華民國九十二年十月。

(二) American Public Health Association , American Water Works, Association & Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed. Biological Examination 10600 Fish, pp.10-92~10-107 , 1998

(三) 經濟部標準檢驗局，船用充氣救生衣（成人用）國家標準（CNS 10269,F 4011），中華民國七十二年十月。

(四) 經濟部標準檢驗局，船用非充氣救生衣國家標準（CNS 11518,F 4017），中華民國七十五年三月。

(五) 經濟部標準檢驗局，救生圈國家標準（CNS 11501,F 4014），中華民國七十五年二月。

註 1：台灣沿岸三海哩均為拖網禁止水域，實施拖網前應先取得漁業主管機關之核准，以免觸犯漁業法。

## 岩礁海岸潮池魚類調查方法

### 一、調查方法

- (一) 利用麻醉方式捕捉魚隻，如此可以降低採集時對環境造成的傷害。
- (二) 將麻醉劑-丁香油 (clove oil)與酒精依 1 5 之比例混和，濃度約 100 ppm 滴入潮池中(潮池不應過大避免採集困難，亦不可過小避免池中無魚)。
- (三) 待麻醉劑作用後，用手抄網捕捉移動變得緩慢或失去游泳能力的魚隻，進行魚種組成及數量計算。
- (四) 經過約 10-20 分鐘後，再仔細尋找縫隙及石頭下，是否有遺漏的魚隻。
- (五) 收集到之魚類低溫保存帶回實驗室進行鑑定以進行後續之分析。

### 二、資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。  
國家海洋研究院委託研究。

## 軟底質海岸底棲無脊椎動物調查方法

底棲無脊椎動物分為底表無脊椎動物及底內無脊椎動物兩項調查，其中底表無脊椎動物又分為蟹類計數及其它底表無脊椎動物計數。調查動物包含所有海洋無脊椎動物，包括甲殼類、螺貝類、頭足類、棘皮動物等。

### 一、底表無脊椎動物

#### (一) 蟹類計數

退潮(潮間帶調查狀況)時在泥灘樣區內進行調查，至少 3 個樣區。大部分蟹類會躲藏於地面以下，建議調查招潮蟹、和尚蟹則以方框 (如 50x50 cm<sup>2</sup>)內進行挖掘並計數，其它蟹類則照現場狀況及習性使用大型採樣管採集或設置方框進行挖掘。

#### (二)其它底表無脊椎動物計數

此部份採樣方式及後續樣本處理建議參考軟底質海域底棲生物採樣通則。退潮 (潮間帶調查狀況)時在泥灘樣區內進行調查，至少 3 個樣區。建議以方框觀察並記錄樣區左右單位面積 (如 50x50 cm<sup>2</sup>)內出現之底表無脊椎動物。若無法辨識該物種，則以拍攝或徒手進行採集製成標本，以利後續鑑種。豐富度資料以單位面積內的物種數或大類群進行表示。此方法針對體型 5 mm 以上的大型無脊椎動物調查。

### 二、底內無脊椎動物

乾潮(潮間帶調查狀況)時在泥灘樣區內進行調查。視實驗需求及樣區狀況而定，建議使用定量不鏽鋼採樣管(樣區複雜度大)或 50x50 cm<sup>2</sup> 方形樣框配合鏟子(樣區開闊平坦)在樣區周圍進行採樣，至少 3 重複。採集時由底土表面垂直取 10 cm 深的底土，採集的土樣在海水中以 0.5 mm 網目之篩網進行初步過篩。

### 三、資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。  
國家海洋研究院委託研究。

軟底質海岸底棲無脊椎動物調查方法對應表

	泥灘	沙灘	沙洲潟湖 (註 1)	河口 (註 1)	海草床 (淺水域)	鹽沼	紅樹林
蟹類	○	○					
底表無脊椎動物	○	○			○	○	○
底內無脊椎動物	○	○			○	○	○

○：適用該生態系之調查方法。

註 1：沙洲潟湖及河口採樣規劃建議參考軟底質海域底棲生物採樣通則。

## 軟底質海岸魚類調查方法

### 一、魚類物種名錄(含物種、組成、生物學特性)

- (一)建議運用籠具捕獲法。
- (二)設置於大潮最乾潮時尋找樣區潮濕區域，即為大潮時會潮水浸淹之位置。
- (三)每個樣區進行一個潮次之魚類收集 (約 12 小時；以防陸域動物掠食)。
- (四)收集到之魚類低溫保存帶回實驗室進行鑑定以進行後續之分析。

### 二、魚類豐度資料(含物種、數量、組成及密度)

- (一)建議使用待袋網(Fyke net)於灘地旁之潮溝架設兩個方向相反的待袋網。開口分別朝向潮溝上游及下游，可以分別捕捉退潮與漲潮時所帶進來的魚類。
- (二)每個樣區進行兩個潮次之魚類收集 (約 24 小時)。設置時待袋網應垂直，兩側網翼與開口呈 45 度夾角，且兩側邊緣接近潮溝的寬度，網袋在設置後保持在水面下，並以浮球標示待袋網的位置。
- (三)收集到之魚類低溫保存帶回實驗室進行鑑定與測量生物量以進行後續之分析。

### 三、資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。  
國家海洋研究院委託研究。

註：上兩項鑑定作業之執行者須為魚類分類學家或具備辨識魚類之專長者。

軟底質海岸魚類調查方法對應表

	泥灘	沙灘	沙洲潟湖	河口	海草床 (淺水域)	鹽沼	紅樹林
籠具	○	○			○	○	○
待袋網	○	○				○	○
底拖網			○	○			

○：適用該生態系之調查方法。

## 珊瑚礁底質及附生藻調查方法

### 一、珊瑚礁底質調查方法

- (一) 底質調查以錄影的橫截線或穿越線調查法進行，調查範圍依照樣區大小劃設同樣長度的穿越線3-5條。
- (二) 保持好中性浮力，頭稍微朝下。
- (三) 以2 m/min的速度沿著該次穿越線長度的橫截線拍攝底質，攝影機或相機需依深度調整白平衡或使用水下攝影燈，以確保影像焦距正確。
- (四) 在電腦上播放影片並記錄每公分下的底質類別。
- (五) 除了硬珊瑚外，其餘底質類別以珊瑚礁體檢的標準。
- (六) 將硬珊瑚區分為軸孔珊瑚及非軸孔珊瑚，再進一步依形態區分功能群，包括封閉的分枝形、開放的分枝形、柱形、繖形、指形、表覆形、葉片形、團塊形、亞團塊形、桌形。
- (七) 新添入小珊瑚(直徑<5 cm)調查
  1. 調查範圍：每位潛水員負責其穿越線上該次穿越線長度(長) $\times$ 0.25 m(寬)的樣帶範圍。
  2. 調查方式：拍攝每顆新入添小珊瑚與比例尺的照片作為鑑定種類的依據，將珊瑚鑑定到屬。

### 二、珊瑚附生藻調查方法

比照藻礁殼狀珊瑚藻與非造礁藻種/其它大型海藻方法進行。全盤調查採樣以海藻相及經濟性藻種為主調查，並以亞潮帶調查方式進行。

### 三、資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。國家海洋研究院委託研究。

## 珊瑚礁體檢程序

(Reef Check)之標準作業程序根據 Reef Check Foundation 規範辦法包含四大項目 調查地點說明 (Site Description)、魚類樣帶調查 (Fish belt transect)、無脊椎動物樣帶調查 (Invertebrate belt transect)與底質穿越線調查(Substrate line transect)。紀錄表與資料上傳格式參照 Reef Check Foundation 網站 (<https://reefcheck.org/ecoaction/monitoring-instruction/>) 提供太平洋 (INDO-PACIFIC)地區之標準格式。

### 一、穿越線設置

選擇珊瑚礁生長完整、具代表性且水平能見度大於 10 公尺之地點，設置兩條平行海岸之穿越線，分別代表淺水(2-6 m)與深水(> 6-12 m)範圍。穿越線長度為 100 公尺，分為四段調查區：segment 1(0-20 m)、segment 2 (25-45 m)、segment 3 (50-70 m)與 segment 4(75-95)。調查區之間間隔 5 公尺作為空白區(21-25 m、46-50 m、71-75 m)，此區間不做調查(圖 1)。

### 二、調查項目

#### (一) 調查樣點描述

調查樣點描述項目包含三大項目：樣點基本資料 (Basic Information)、影響樣點的事件 (Impacts)與樣點保護狀況 (Protection)。

##### 1. 樣點基本資料

項目包含國家、縣市、地區名稱、調查日期、調查時間(開始時間、結束時間)、經度(度分秒)、緯度(度分秒)、穿越線方向(N-S、E-W、NE-SW、SE-NW)、氣溫、水溫(表面、水下 3m、水下 10 m)、起點與岸邊距離 (m)、起點與最近河川距離 (km)、河口寬度(< 10 m、11-50 m、51-100 m、101-500 m)、與最近聚落距離 (km)、聚落大小(千人)、天氣(晴天、多雲、雨天)、水下水平能見度 (m)、是否為該區域最佳珊瑚礁、選擇該地點原因 (海洋保護區、受人為影響、潛水區域、研究區域、其他)。

##### 2. 影響樣點的事件

事件與其判斷標準如表 1。

##### 3. 樣點保護狀況

項目包含該地區是否受法律保護(是/否)、法律是否實施(是/否)、受到盜獵頻率(無 /低：頻率小於每個月 1 次/中：頻率小於每個月 1 次，但大於每個禮拜 1 次/高：頻率大於每個禮拜 1 次)、禁止項目(魚叉捕魚、商業捕魚、遊憩捕魚、無脊椎動物採集、潛水、定錨、其他)。

#### (二) 魚類樣帶調查

由於魚類較無脊椎動物易受擾動，待穿越線設置完畢且靜置 15 分鐘後首先進行魚類調查。調查範圍為穿越線上 4 個調查區，以穿越線為中心左右各 2.5 公尺，共 400 平方公尺。調查人員以每 5 公尺為定點，靜止 1 分鐘後紀錄調查範圍內指標魚類(表 2)隻數。

#### (三) 無脊椎動物樣帶調查

待魚類調查人員出發 5 分鐘後開始調查。調查範圍為穿越線上 4 個調查區，以穿越線為中心左右各 2.5 公尺，共 400 平方公尺。調查人員以每 5 公尺為定點，靜止 1 分鐘後紀錄調查範圍內指標無脊椎動物(表 3)隻數與珊瑚礁狀態。其中，珊瑚礁狀態包含：破壞(船/船錨、炸藥、其他)、垃圾(漁網、其他)、疾病(白帶病、黑帶病、白化、麴黴病)等。

#### (四) 底質穿越線調查

待無脊椎動物調查人員出發 5 分鐘後開始調查。調查範圍為穿越線上 4 個調查區，調查人員以每 0.5 公尺為定點，調查穿越線下底質(表 4)類型。

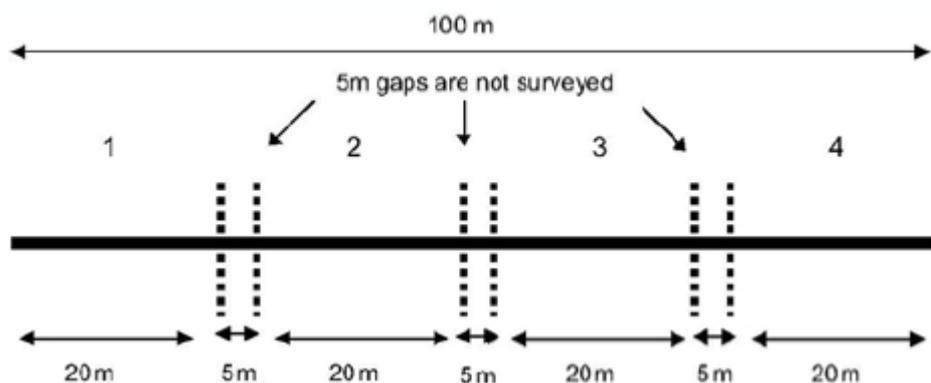


圖 1 穿越線設置

表 1 影響樣點的事件與其判斷標準

影響樣點事件	判斷標準
該地區是否受到庇護(sheltered)：總是/有時/暴露	
該地區是否受颱風影響：是/否	若”是”需紀錄颱風結束時間
該地區是否有淤積(siltation)問題：從不/偶爾/經常/總是	
炸魚(Blast fishing)：無/低/中/高	低：該地區有炸魚行為，調查地點無爆炸痕跡與爆炸聲響。 中：調查地點有爆炸痕跡但調查期間無爆炸聲響。 高：調查地點有爆炸痕跡且調查期間有爆炸聲響。
毒魚(Poison fishing)：無/低/中/高	低：頻率小於每個月 1 次
捕捉水族館魚類(Aquarium fishing)：無/低/中/高	中：頻率小於每個月 1 次，但大於每個禮拜 1 次 高：頻率大於每個禮拜 1 次
捕捉無脊椎動物為食：無/低/中/高	低：一位漁夫獵捕頻率小於每個禮拜 1 次
捕捉無脊椎動物販售：無/低/中/高	中：多位漁夫獵捕頻率小於每日 1 次，但大於每個禮拜 1 次 高：多位漁夫獵捕頻率大於每日 1 次
旅遊/潛水/浮潛(旺季每日平均)：無/低/中/高	低：每日 1-5 次 中：每日 6-20 次 高：每日大於 20 次
汙水汙染：無/低/中/高	低：排放源與穿越線距離大於 500 公尺
工業汙染：無/低/中/高	中：排放源與穿越線距離大於 100 公尺，但小於 500 公尺

	高：排放源與穿越線距離小於 100 公尺
商業捕魚(以出售食物為目的)：無/低/中/高	低：頻率小於每個月 1 次 中：頻率小於每個禮拜 1 次，但大於每個月 1 次
活食用魚貿易：無/低/中/高	高：頻率大於每個禮拜 1 次
休閒、釣魚(個人消費)：無/低/中/高	低：頻率小於每個禮拜 1 次 中：頻率小於每天 1 次，但大於每個禮拜 1 次 高：頻率大於每天 1 次
遊艇位於該地區 1 公里範圍內：無/低/中/高	低：每天 1-5 艘 中：每天 6-10 艘 高：每天大於 10 艘
其他影響	

表 2 指標魚類名錄

中文名	俗名	學名或科名	備註
蝶魚	Butterfly fish	Chaetodontidae	所有物種
石鱸	Grunts/Margates	Haemulidae	
笛鯛	Snapper	Lutjanidae	
石斑	Grouper/coral trout	Serranidae	>30 cm
眼帶石斑魚	Nassau grouper	<i>Epinephelus striatus</i>	>30 cm
鸚哥魚	Parrotfish	Scaridae	>20 cm
裸胸鯨	Moray eel	Muraenidae	所有物種
其他稀有物種	鯊魚、海龜、魷、獅子魚、其他		類型、大小

表 3 指標無脊椎動物名錄

中文名	俗名	學名或分類位階
清潔蝦	Banded coral shrimp	<i>Stenopus hispidus</i>
魔鬼海膽	Long-spined black sea urchin	<i>Diadema</i> and <i>Echinothrix</i> spp.
鉛筆海膽	Pencil urchin	<i>Eucidaris</i> spp.
馬糞海膽	Collector urchin /sea egg	<i>Tripneustes</i> spp.
袖扣海兔螺	Flamingo tongue	<i>Cyphoma gibbosum</i>
柳珊瑚目	Gorgonian (sea fan, sea whip)	Gorgonacea
大法螺	Triton	<i>Charonia tritonis</i>
龍蝦	Lobster (spiny and slipper/rock)	Malacostraca (Decapoda)

表 4 底質類型

底質	備註
硬珊瑚 Hard Coral (HC)	
軟珊瑚 Soft Coral (SC)	
新死珊瑚 Recently Killed Coral (RKC)	
藻類 Nutrient Indicator Algae (NIA)	
海綿 Sponge (SP)	
岩石 Rock (RC)	任何硬質基材(包含附著生物)
碎石 Rubble (RB)	粒徑大小：0.5-15 cm
沙 Sand (SD)	粒徑大小 < 0.5 cm
泥沙 Silt/Clay (SI)	淤泥厚度 > 1 mm 無法辨識下方基材
其他 Other (OT)	

### 三、資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。

國家海洋研究院委託研究。

# 殼狀珊瑚藻與非造礁藻種/其它大型海藻調查方法

## 一、建議調查方法

- (一) 潮間帶依地形設置垂直海岸穿越線 3-5 條，依潮間帶寬度就高、中、低潮帶分為三區塊，以 50cm x 50cm 的不鏽鋼方框進行拍攝海藻覆蓋情況並採樣調查，每潮位隨意採取 10 個方框樣本，除現場確認方框內之海藻種類外，再以數位相機垂直拍攝海藻覆蓋情況，再換算各海藻種類之平均覆蓋率。
- (二) 亞潮帶調查視現場地形而定，水深超過 2 m 較不易於陸地操作之部份，利用浮潛或水肺潛水方式進行之。穿越線在海藻覆蓋率較高的淺水區設置平行海岸穿越線 3-5 條，沿穿越線兩側以 25x 25cm 樣框取樣至少 50 個樣框並以數位相機垂直拍攝海藻覆蓋情況。
- (三) 回實驗室以電腦繪圖軟體將每一樣框的影像切割為 25 格來計算 殼狀珊瑚藻及其他大型海藻的藻種的分別覆蓋率。
- (四) 拍照之後並以鐵鎚及鑿子來取樣框內每一藻種的部份藻體，以供後續鑑定框內所有大型藻之種類及其生長附著基質現況。

## 二、藻體建議取樣方式

### (一) 殼狀珊瑚藻取樣方法

以鐵鎚及鑿子來取樣方框內每一具不同顏色的殼狀珊瑚藻的個別藻體 (約 5 cm 寬x5 cm 長x3 cm 深的團塊)，放入已有標籤 (註明採集地點、採集人員、採集日期、方框的編號、潮位等等的資訊)的塑膠封口袋並加入海水放置於低溫的冰桶內，在短時間(12 小時內)攜回實驗以利藻種的鑑定。

### (二) 非造礁藻種 /其它大型海藻的藻種取樣方法

1. 以鑿子來取樣方框內每一具不同形態的藻體，若是草皮狀藻種(小於 2-3 cm 長或是絲狀藻體)一取 5 cm 寬x5 cm 長，若是肉質性大型藻(大於 2-3 cm，非絲狀的藻體)各採 3-5 株的藻體。
2. 每一藻種分別放入已有標籤(註明採集地點、採集人員、採集日期、方框的編號、潮位等等的資訊)的塑膠封口袋並加入海水放置於低溫(攝氏 10 度以下)的冰桶內，在短時間(12 小時內)攜回實驗以利藻種的鑑定。

## 三、覆蓋率計算

覆蓋度的估算以覆蓋百分比(%)表示。覆蓋度的估算係利用電腦影像處理軟體 Photoshop 將在野外拍攝的方框照打開，以肉眼檢視方框照內每一藻種出現在方框照的面積比例。舉例來說，利用 Photoshop 的功能在方框照上面繪出 100 個等大的小方格，再以肉眼數出方框照內每一個不同藻種“覆蓋”住在方框照的小方格數量，即為每一個別藻種的「覆蓋率」。

註：大部分的殼狀珊瑚藻種的外型十分相像，要能準確的判別出是否為不同殼狀珊瑚藻種，需先有殼狀珊瑚藻種的鑑定訓練。

## 四、藻種鑑定方式

### (一) 藻體取樣/藻種保存方式

自野外取得的每一不同藻種，在實驗室內以過濾的海水沖泡乾淨之後，每一不同藻體均分別以 5%福馬林—海水溶液以及 95%酒精保存做為分子 (DNA)定序和藻種鑑定之用。

- (二) 一般藻種藉由每一不同藻體取部份藻體在實驗室內在解剖顯微鏡或是光學顯微鏡下觀察來判定是藻種。台灣的大型藻類分類不易，此過程需有一定的大型藻分類的專門人員，方可正確鑑定。
- (三) 不易鑑定藻種藉由定序葉綠體中的二磷酸核酮糖羧化酶的大次單元基因 (Chloroplast-encoded gene ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit gene rbcL)或是第二光系統 D1

蛋白基因(photosystem II reaction center protein D1, psbA)進行殼狀珊瑚藻種間與屬間的分子親源關係分析

(四) 從美國醫學中心所發展建立的 GenBank 資料庫中找出相關物種基因序列來比較,以利藻種鑑定。

#### **五、資料來源**

林幸助、邵廣昭、黃守忠,2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。

國家海洋研究院委託研究。

# 海草種類組成及覆蓋率調查方法

## 一、海草種類組成

建議參照海草種類篩選程序圖進行兩段二分法篩選，分別為潮間帶與亞潮帶型二分法、線葉型與卵葉型二分法。兩二分法分類完成後可參照前面海草圖片與辨識特徵進行分類。卵葉型海草特徵不易辨識，目前可以潮間帶型及亞潮帶型分類，必要時需進一步再以 DNA 進行鑑定，可先以 *Halophila* sp. (調查物種為同屬且同種) 或 *Halophila* spp. (調查物種為同屬但有不同種) 表示。記錄海草床中的種類數及各別學名。

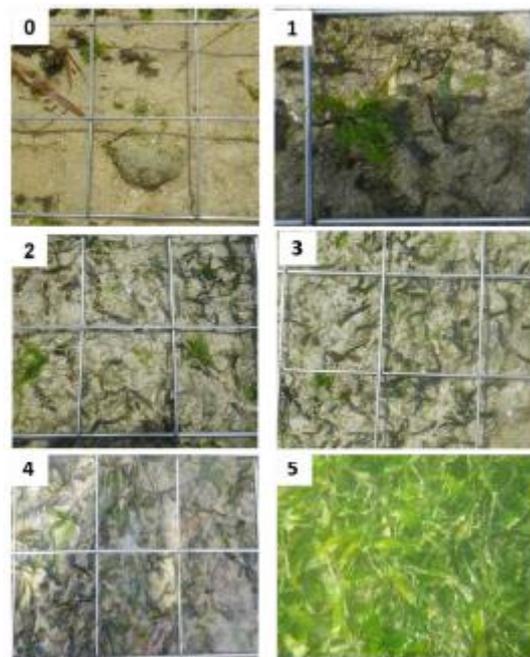
## 二、覆蓋度

於退潮時(潮間帶調查)在海草床樣區有海草處進行調查，找到先前標記之營釘，於穿越線上所有觀察點進行調查，即至少 5 重複。依照實驗目的或樣區差異維持等距進行實驗，在測線兩側放置不鏽鋼網格樣框 (50x50 cm<sup>2</sup>；每小格為 10x10 cm<sup>2</sup>，共 25 小格)。根據基質與海草覆蓋的比例，以覆蓋度級數 (0, 1, 2, 3, 4, 5) 給予每小格評分，每個樣框共有 25 個評分，將評分記錄於記錄板上。

覆蓋度之平均數=(75a+37.5b+18.75c+9.38d+4.69e+0f)/25，即為代表該樣框的覆蓋度。

評分級數與覆蓋度算法

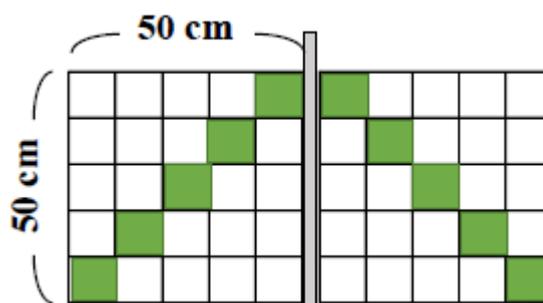
評分級數	覆蓋百分比(中位點)	小格數	覆蓋度
5	50-100%(75%)	a	75a
4	25-50%(37.5%)	b	37.5b
3	12.5-25%(18.75%)	c	18.75c
2	6.25-12.5%(9.38%)	d	9.38d
1	<6.25%(3.13%)	e	4.69e
0	0%(0%)	f	0f



評分級數與海草覆蓋度實際狀況參考

### 三、 植株密度

計算左右樣框對角線上小格(共 10 小格；10 重複)內海草株數，最後將 10 小格的數值進行平均，即為該位置的植株密度 (shoots  $\text{cm}^{-2}$ )。



測量植株密度所用小格示意圖

### 四、 資料來源

林幸助、邵廣昭、黃守忠，2020。我國海洋生態調查監測網與監測規範建立之整體規劃-期末報告書。  
國家海洋研究院委託研究。