

# 海洋生態評估技術規範

行政院環境保護署  
中華民國 96 年 8 月

# 海洋生態評估技術規範

中華民國 96 年 8 月 2 日

環署綜字第 0960058664A 號公告

- 一、依據開發行為環境影響評估作業準則第四十九條規定訂定之。
- 二、辦理環境影響評估作業時，涉及海洋生態之評估應依本規範之規定辦理。
- 三、本規範適用範圍包括海灣、河口、潮間帶、海岸及我國轄屬海域。
- 四、海洋生態評估作業步驟、內容、方法，依下列規定辦理：
  - (一)與海洋生態有關之環境現況說明，其項目包括地理位置、水文、水質、海象、海底地形、底質、海域使用現況、棲地環境及生態相關之特殊地區等，其作業內容、方法參考附件一辦理。
  - (二)海洋生態調查、分析，其作業內容、方法參考附件二辦理。
  - (三)海洋生態影響評估，應依開發行為對海洋生物棲息環境變動的影響、重要物種影響等，進行海洋生態影響分析與預測，並對生態影響進行綜合評估分析，評估內容參考附件三辦理。
  - (四)海洋生態影響減輕對策及替代方案，應考量對重要棲地及海洋生物之影響，參考附件四之原則擬定。
  - (五)海洋生態監測計畫應參考附件五之原則辦理。
- 五、因區位或開發行為特性，其與影響海洋生態因子無顯著關聯，經敘明理由者，得免依上述規定辦理。

## 附件一 環境現況說明

### 壹、環境現況說明

海洋生態評估應依開發行為的範疇、可能影響範圍，就生態評估所須之水文、水質、海象、海底地形、底質、海域使用現況、棲地環境…等環境現況資料，進行說明。

#### 一、地理位置

說明開發行為所在地的正確地理位置、行政區域、鄰近鄉鎮與縣市、附近重要設施、海上與陸上交通系統，並以適當比例附圖標明。

#### 二、水文、水質與海象

內容應包括與海洋生態有關之水文與水質特性(包括水溫、鹽度、酸鹼值、溶氧量、營養鹽、懸浮固體物等)，及歷年統計之海象資料(包括流向與流速、潮汐、波浪、颱風及降雨量)等，並儘可能以圖表解說。

#### 三、海底地形

內容應包括開發行為所處之地形(包括海域及海岸)，並說明其與海洋生態之關聯性。如有特殊的地形，如懸崖、潮間帶灘地、沙丘或沙洲、岩礁、珊瑚礁、海蝕平台、海溝、漂沙活動等，均應特別註明，並附適當比例地形圖解說。

#### 四、底質

內容應包括開發行為所處海域及沿岸之底質狀況。

#### 五、海域使用現況

內容應包括開發行為所處及鄰近區域，有關沿岸及海域

目前使用狀況，如海洋牧場、海埔地開發、填海造地、海洋棄置區、港口與碼頭區、錨泊區、濱海工業區或工廠、海水浴場、海上娛樂區、海濱公園、海岸風景遊覽區、水產養殖場、海底採礦區、軍事禁區、航道區、取水區、污(廢)水放流區、廢棄土傾倒區、衛生掩埋場、漁業權範圍及其他功能等，應詳加說明其確實位置與範圍、使用單位及規模。

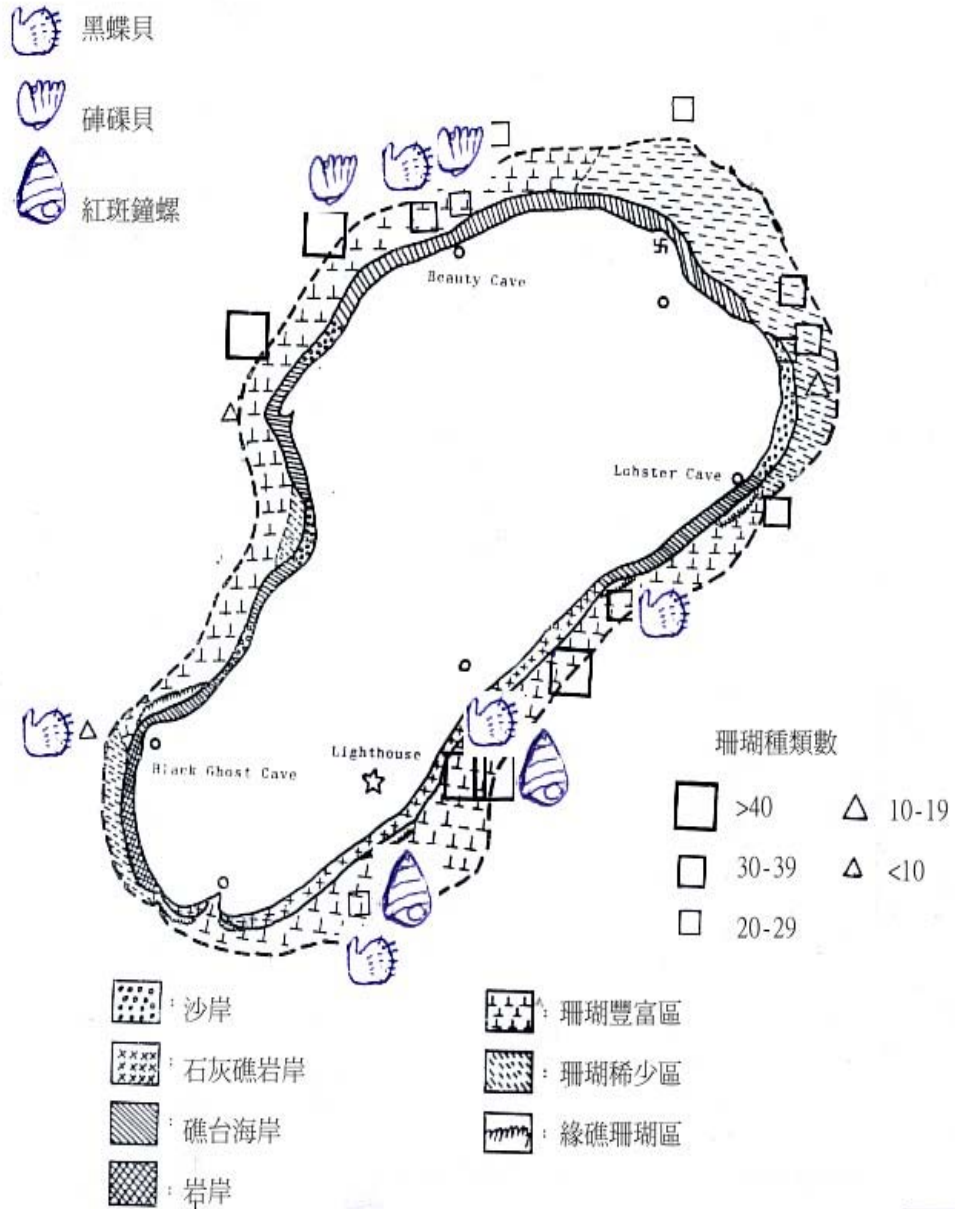
## 六、棲地環境說明

描述開發行為及可能影響範圍內之現有海洋生物棲地類型。繪製一幅適當比例的棲地地圖，顯示開發行為範圍內及其四周可能受影響的範圍(至少包含基地界線外 500 公尺範圍)的各個棲地環境與棲地特徵，於圖內須充分記載並註明各類棲地環境內的重要物種，及具有保護價值物種等資料。

## 七、生態相關之特殊地區

開發行為所處海域及相鄰地區與海洋生態有關之特殊保護區，如自然保留區、野生動物保護區、國家公園、野生動物重要棲息環境、沿海保護區、人工魚礁區、漁業資源保育區、海岸分區、海岸濕地、海域珊瑚礁區、保護礁區等；以及其他環境敏感區，如河口、海岸潟湖、紅樹林沼澤、草澤、沙丘、沙洲等，均應詳加說明其確實位置與範圍、主管機關及相關法規。

【範例 1-1】小琉球棲地環境特徵及具有保護價值重要物種（如黑蝶貝、磚碟貝、紅斑鐘螺、珊瑚）分佈圖



註：本圖重製自楊榮宗、季光三、胡舜智、陳秀珍(1975) 小琉球沿岸魚類和底棲生物調查報告。國立台灣大學海洋研究所專刊第七號。p.1-53.

## 附件二 生態調查、分析

海洋生態調查除應收集與開發地點、可能影響範圍相關的生態文獻外，應有實地調查或採樣，其調查、分析項目、測站配置與測站數、調查時間與頻率、採樣點深度配置等分述如下：

### 一、調查、分析項目

為評估海洋生態影響，應依下列原則辦理生態調查、分析，若因區位環境或個案特性，得敘明理由，調整調查、分析項目

(一)海洋生態調查，應依據各個開發行為之特性、棲地類型選擇下列適當之項目予以調查：

#### 1. 依據開發行為選項

不同開發行為之海洋生態調查選項，參考表 2-1 所示。

#### 2. 依據棲地類型選項

不同棲地類型之海洋生態調查選項，參考表 2-2 所示。

(二)海洋生態分析，應依據第一或第二階段環評作業、棲地類型，選擇下列適當之項目予以分析：

#### 1. 依環評階段選項

不同階段環境影響評估之生物統計與生態分析選項，參考表 2-3 所示。

#### 2. 依據棲地類型選項

不同棲地類型之生物統計與生態分析選項，參考表 2-4 所示。

二、海洋生態調查項目說明如下：

(一)微生物調查

測定海水中之大腸桿菌群落及總菌落數。

(二)葉綠素 a 調查

測定海水之葉綠素 a 含量。

(三)基礎生產力調查

測定海水之基礎生產力。

(四)植物性浮游生物調查

調查植物性浮游生物之種類、組成，細胞密度及總數量。

(五)動物性浮游生物調查

調查動物性浮游生物之種類、組成，個體量、生物量、密度及總數量。

(六)底棲動物調查

調查底棲動物種類和豐度、密度，生物量、群聚結構(分析數量較多或特定之類群)與物種多樣性。

(七)固著性植物(海藻、海草)調查

調查海藻與海草等大型固著性海洋植物的種類、藻體重量或藻體密度、相對豐度與群聚結構。

(八)魚類(成魚、魚卵及仔稚魚)調查

調查成魚種類、組成、數量及其生物學特性。調查魚卵及仔稚魚種類，密度與出現季節。

(九)爬蟲類調查

調查海蛇、海龜等海洋爬蟲類動物出現之種類與數量

(含出現時間、季節、體形大小、出現地點)。

#### (十)鳥類調查

調查海洋鳥類出現之種類與數量(含出現時間、季節、出現地點)。

#### (十一)哺乳類調查

調查鯨、海豚等海洋哺乳類動物出現之種類與數量、族群特徵(含出現時間、季節、出現地點與活動範圍)。

#### (十二)漁業資源調查

分析當地海域或鄰近海域漁業(含淺海養殖、箱網養殖)漁獲物的經濟種類(含經濟魚苗)、漁獲量及其季節變動，並分析其資源動態。

### 三、生物統計與生態分析項目說明如下

#### (一)生物群聚分析

##### 1. 豐度(Richness)分析

豐度是被用來表示生物群聚(或樣品)中種類豐富程度的指數。豐度指數適用於海洋中植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、固著性海洋植物及魚類等項目之海洋生態分析及評估。

##### 2. 均勻度(Evenness)分析

均勻度可顯示在整個群聚中個體數在物種間分佈的均勻程度。均勻度指數適用於植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、固著性海洋植物及魚類等項目之海洋生態分析及評估。



### 3. 多樣性(Diversity)分析

多樣性分析可顯示在整個群聚中物種的豐富程度，及整個群聚中個體數在物種間分佈的均勻程度。多樣性分析指數適用於海洋中植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、固著性海洋植物及魚類等項目之海洋生態分析及評估。

### 4. 優勢度(Dominance)分析

優勢度分析可顯示在整個群聚中存在有某些優勢物種的程度，優勢度與均勻度是相對應的指數。優勢度指數適用於海洋中植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、固著性海洋植物及魚類等項目之海洋生態分析及評估。

### 5. 相似度(Similarity)分析

分析或比較不同調查測站、地點、斷面或時間，生物樣本中種類或群聚相似程度。本指數適用於海洋中植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、固著性海洋植物及魚類等項目之海洋生態分析及評估。

### 6. 集群分析(Cluster analysis)

對不同測站或調查時間以不加權平均法(UPGMA)的分析方法，將具有多項變數的樣本區分歸類，使性質相近者予以歸類，整個分析的結果再以樹狀結構圖(Dendrogram)顯現，藉以呈現各樣本間之類緣關係。

### 7. 空間排序分析(Ordination)

樣本以不同測站或調查時間作為分類單位(operational taxonomic units)，各樣本特徵為物種之有無或豐度作為特徵，利用主成分分析(PCA)、

對應分析(Correspondence analysis)或多度空間尺度分析(MDS)等空間排序方法，將分析之對象在新的二度或三度空間上作分布圖，可顯示出各樣本間之類緣關係。此法可將類緣關係較遠距的類群間之關係表現得更好，此與聚類分析可忠實呈現較近類群間關係之特點正好相反但卻互補。

## (二)整合分析及其他分析

### 1. 整合分析

#### (1)生物群聚與環境因子相關性分析

為瞭解影響各項海洋生物群聚(如底棲生物、浮游植物等)分佈之生態特性，可進行生物與環境因子的相關性分析。例如：為判斷在不同測站間，或不同時間，因環境因子的差異，或豐度、均勻度、多樣性指數、優勢度、個體數、物種數等多種參數間之關係，應用變數分析(ANOVA)(包括單變數分析、雙變數及多變數分析)、相關性分析(Correlation analysis)或多變數統計分析方法，分析環境因子與特定生物的生物種密度、數量、分布等之相關性，以顯現其間之關聯性。

#### (2)生物物種間關聯性分析

生存於同一海域中之各類生物物種，存在著或多或少的某些關聯性，例如相互的攝食行為所產生的食物關聯，相互利益與共的共生關聯，甚或特殊的寄生關聯等。為瞭解影響各生物物種間或生物群聚間(如浮游植物與浮游動物間、浮游動物與魚卵及仔稚魚間、底棲動物與初級生產間等)之生態特性，可進行不同物種間之生物的生物種密度、

數量、分布等相關性分析。

### (3)攝食關聯(Predator and prey relationship)分析

經由海洋生物之獵物或胃內含物調查分析，瞭解海域內物種間之攝食關聯情形，再以食物鏈、食物塔或食物網予以顯現。

### (4)能流(Energy flow)分析

調查海域內各物種或重要物種之生物量，經轉換為生物能量單位，再配合各物種之攝食關聯，利用生態系統分析模式(例如 ECOPATH 模式)，進行調查海域內各物種間的生物能量流程，藉以得知調查海域內各物種間之相互依賴的程度。

## 2. 其他分析

### (1)指標物種分析

指標物種分析是以海域中重要或優勢物種，或對某些環境因子變動較為敏感之特殊物種進行分析。例如當環境因子有變動時，此類指標物種的個體數量或生物密度將大為減少或大幅變動。

### (2)種群比率分析(群聚結構分析)

種群比率分析是利用指標物種或指標生物種類對某些環境因子變動，因其敏感度的差異，產生不同的反映，分析其在群聚組成中比例關係的改變程度。例如：當海域水質受到過多耗氧性有機物污染時，多毛類種類及數量比例會趨向增加，而軟體動物、甲殼動物、棘皮動物的種類及數量比例趨向減少。

### (3)初級生產力(Primary productivity)分析

海洋生態系中，初級生產力是生物進行光合作用將無機物合成為含較高能量有機物的一種過程，生物能量再經由生物的攝食作用，進入浮游動物、底棲動物、魚類等消費者生物體內，最後經由分解者的作用，形成完整的海洋生態系。初級生產力易受溫度、光度及營養鹽、濃度等因素的影響而變動，因此進行海洋生態調查與評估時，必須考量環境因子的變動對海洋初級生產力的連帶影響。

### (4)生物體污染物累積分析

包括環境及海域中之重要或優勢物種體內污染物濃度分析。

### (5)生物毒性試驗(Bioassay)

利用海洋生物對水體污染物的毒性進行試驗，判斷污染物毒性之強弱。作為污染排放標準、水體涵容能力及水體環境品質標準之制定及檢討之依據。

### (6)魚類迴避試驗

魚類的迴避反應可明確得知魚類等游泳動物，對海域環境變動的迴避能力及忍受能力。作為制定最高容許排放濃度和診斷、評估生態系統品質之依據。

表 2-1 不同開發行為之海洋生態調查選項

調查選項	開發行為(註3)											
	港灣開發	濱海工業區	人工島嶼新市鎮	電廠	LNG接收站	天然氣油品管線	採礦及探勘	漁池開發	掩埋場或土石方資源堆置處理場	遊樂區風景區	核廢料儲存及處理	其他
1. 微生物	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	○	○	○	✓	✓
2. 葉綠素 <i>a</i>	○	○	○	○	○	✓	○	○	○	✓	○	○
3. 基礎生產力	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓
4. 植物性浮游生物	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5. 動物性浮游生物	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6. 底棲動物	6a. 軟底質											
	6b. 硬底質(含珊瑚)											
7. 固著性海洋植物	○	○	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	○	✓
8. 魚類	8a. 成魚(註5)											
	8b. 魚卵, 仔稚魚											
9. 海洋爬蟲類	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10. 海洋鳥類	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11. 海洋哺乳類	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12. 漁業資源	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
其他(如生物污染物累積分析、生物毒性試驗、魚類迴避試驗)	得依區位環境或個案特性, 自行選擇辦理。											

註1: 成魚調查若無法進行時, 可以選用魚卵、仔稚魚替代。

註4: 任何期間若發現保育類種類之固定棲所, 則需進行專案調查。

註2: ○指必需性調查項目, ✓指選擇性調查項目, 若因區位環境或個案特性, 得敘明理由, 調整或刪減項目

註5: 上述開發行為若有填海造陸者調查選項應包含珊瑚、底棲生物及魚卵、仔稚魚。

註3: 所列開發行為類別係參照「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」。

表 2-2 不同棲地類型之海洋生態調查選項

調查選項		沙灘海岸	岩礁海岸	河口域	珊瑚礁	濕地	海岸潟湖	紅樹林	其他海域
1. 微生物		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. 葉綠素 <i>a</i>		✓	✓	○	○	○	○	○	✓
3. 基礎生產力		✓	○	✓	○	○	○	○	✓
4. 植物性浮游生物		○	○	○	○	○	○	○	○
5. 動物性浮游生物		○	○	○	○	○	○	○	○
6. 底棲動物	6a. 軟底質	○(註 9)	○	○(註 9)	○	○(註 9)	○(註 9)	○(註 9)	○
	6b. 硬底質(含珊瑚)	✓	○	✓	○	✓	✓	✓	✓
7. 固著性海洋植物		✓(註 10)	○	○	○	○	○	○	✓
8. 魚類	8a. 成魚(註 6)	○	✓	○	○	○	○	○	○
	8b. 魚卵, 仔稚魚	✓	✓	○	✓	○	○	✓	✓
9. 海洋爬蟲類(註 7)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10. 海洋鳥類(註 7)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11. 海洋哺乳類(註 7)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12. 漁業資源		○	○	○	○	○	○	○	○
調查頻率(最低次數)		2	3	3	4	3	3	4	2
備註		註 1		註 2	註 3	註 1	註 4	註 5	

註 1：長度超過 1 公里以上者。

註 2：主要河川與次要河川之河口感潮帶水域範圍者。

註 3：已成形之珊瑚群聚者。

註 4：面積達 1 公頃以上者。

註 5：紅樹林已成林者。

註 6：成魚調查若無法進行時，可以選用魚卵、仔稚魚替代。

註 7：任何期間若發現保育類種類之固定棲所，則需進行專案調查。

註 8：○指必需性調查項目，✓指選擇性調查項目。若因區位環境或個案特性，得敘明理由，調整或刪減項目

註 9：含中型底棲動物。

註 10：沙灘海岸若有濕地草澤，本選項為必需性項目。

表 2-3 生物統計與生態分析選項

生態統計分析方法	第一階段環評	第二階段環評
1. 豐度分析	○	○
2. 均勻度分析	○	○
3. 多樣性分析	○	○
4. 優勢度分析	○	○
5. 相似度分析	○	○
6. 集群分析及空間排序分析	✓	○
7a. 整合分析 (註 1)		✓
7b. 其他分析 (註 2)		✓
<p>註 1：整合分析包括生物群聚與環境因子相關性分析、生物物種間關聯性分析、生態系食物關聯性分析、生態系能流分析等項目，至少選擇一種項目進行分析。</p> <p>註 2：其他分析包括指標物種分析、種群比率分析、初級生產力分析、生物體污染物累積分析、生物毒性試驗、魚類迴避試驗等項目，至少選擇一種項目進行分析。。</p> <p>註 3：○:必需性分析項目✓:選擇性分析項目，若因區位環境或個案特性，得敘明理由，調整或刪減項目。</p>		

表 2-4 不同棲地類型生物統計與生態分析方法選項

分析項目		沙灘海岸	岩礁海岸	河口域	珊瑚礁	濕地	海岸潟湖	紅樹林	其他海域
生物群據分析		○	○	○	○	○	○	○	○
1. 整合分析	a. 生物群聚與環境因子相關性分析	✓	✓	○	○	○	○	✓	✓
	b. 生物物種間關聯性分析	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	c. 生態系食物關聯性分析	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓
	d. 生態系能流分析	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. 指標物種分析 (包括污染指標物種)		○	○	○	○	○	○	○	✓
3. 種群比率分析(群聚結構分析)		✓	○	○	○	○	○	○	✓
4. 初級生產力分析		✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓
5. 生物污染物累積分析		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. 生物毒性試驗		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. 魚類迴避試驗		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
備 註		註 1	註 1	註 2	註 3	註 4	註 4	註 5	

註 1：長度超過 1 公里以上者。

註 2：主要河川與次要河川之河口感潮帶水域範圍者。

註 3：已成形之珊瑚群聚者。

註 4：面積達 1 公頃以上者。

註 5：紅樹林已成林者。

註 6：任何期間若發現保育類種類之固定棲所，則需進行專案調查。

註 7：○指必需性分析項目，✓指選擇性分析項目，若因區位環境或個案特性，得敘明理由，調整或刪減項目。



#### 四、測站配置與測站數

##### (一)測站配置

測站配置方式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。測站位置並經衛星定位系統(GPS)定位(應註明定位儀器廠牌、型號、精確度及定位系統)，並記錄正確之經緯度座標，非必要不應輕易更改。

##### (二)測站數

應就調查範圍大小及底質特性規劃測站數。

#### 五、調查時間與頻率

應由既有生態文獻資料分析該區域之生態特色，並依其特性調整海洋生態的背景調查次數。六個月內至少進行兩次，並涵蓋二季；如為一年期調查其頻率應涵蓋春(2月~4月)、夏(5月~7月)、秋(8月~10月)、冬(11月~翌年1月)四季或更密集；相鄰兩季之調查時間應至少跨越一個半月之時程。調查區域如無既有之生態資料可供分析，則應進行較密集之生態調查，俾利提供較完整及準確之生態資料。

#### 六、採樣點深度配置

關於葉綠素 a、基礎生產力及植物性浮游生物等一般性調查之水樣採集，其樣點之垂直深度層次佈設原則為表層、-3m、-10m、-25m、-50m、底層，參照下表採樣層次說明：

水深範圍	採 樣 層	底層與相鄰層最小距離
<5m	表層、-3m(底層)	-
<10m	表層、-3m、底層	3m
<25m	表層、-3m、-10m、底層	5m
<50m	表層、-3m、-10m、-25m、底層	10m
<100m	表層、-3m、-10m、-25m、-50m、底層	10m

註：底層指離海底 2-5m 以上。

七、海洋生態調查、分析應依環保署公告之方法辦理，如環保署未公告，則應敘明採用之依據、理由。

八、海洋生態調查、分析摘要

(一)海洋生態調查應以表 2-6-1 及表 2-6-2 方式記載調查資料，並納入環境影響說明書或環境影響評估報告書以供審查，其他原始調查資料應建檔備查，並依審查需要提供說明。

(二)下列海洋生態調查、分析資料，應彙整並以表列方式摘要說明。

1. 調查使用單位、採樣網具、調查方法與檢測分析方法(參見表 2-7 範例)。
2. 生態調查結果(參見表 2-8 範例)
3. 生物統計分析結果(參見表 2-9 範例)。





表 2-7 海洋生態調查及分析方法彙整表 (範例)

類別選項	使用單位表示	採樣器具	調查方法	分析方法	說明
1.微生物	依環保署檢測方法規定	依環保署檢測方法規定	依環保署檢測方法規定	依環保署檢測方法規定	
2.葉綠素 <i>a</i>	$\mu\text{g/L}$ , $\text{mg/m}^3$	van Don 或 Niskin		丙酮萃取法	NIEA E507.01B
3.基礎生產力	$\mu\text{g/L/hr}$ , $\text{mg/m}^3/\text{hr}$	van Don 或 Niskin	明、暗瓶法	溶氧測定法	
4.植物性浮游生物	細胞數/公升, cells/L	van Don 或 Niskin	濃縮法	顯微鏡下鑑定計數	
5.動物性浮游生物	個體數/立方公尺, ind./ $\text{m}^3$	北太平洋浮游生物標準網	垂直採樣	顯微鏡下鑑定計數	
6.底棲動物	軟底質大型:個體數/網次, ind./net	各式底棲生物採樣器或方形定量框(潮間帶)	-	鑑定計數	亞潮帶調查得用個體數單位表示
	軟底質中型:個體數/平方公尺, ind./ $\text{m}^2$ , $\text{mg/m}^2$	各式底棲生物採樣器或方形定量框(潮間帶)	橫截線法或方框法	顯微鏡下鑑定計數	
	軟底質大型:個體數/網次, ind./net	矩形生物採樣器(亞潮帶)		計數	
	硬底質(礁)底棲個體數/平方公尺, ind./ $\text{m}^2$ , 或個體數	方形定量框(潮間帶)(亞潮帶)	方框法或橫截線法	顯微鏡下鑑定計數	
	珊瑚:群體數, 覆蓋率 (%)	潛水實地調查, 未經核准採樣, 均採非破壞性調查	橫截線法	鑑定計數	
7.固著性海洋植物	潮間帶: 覆蓋率 (%), 藻重 $\text{g/m}^2$	方形定量框	橫截線法或方框法	鑑定計數	
	亞潮帶: 覆蓋率 (%)	-	橫截線法	顯微鏡下鑑定計數	
8.魚類-成魚	尾/網次, 總尾數	拖網或中層拖網手抄網	定線調查	鑑定計數	
-魚卵	個 /1,000 立方公尺, eggs/1,000 $\text{m}^3$	仔稚魚網或北太平洋浮游生物標準網	水平採樣, 慢速拖曳	顯微鏡下鑑定計數	
-仔稚魚	尾 /1,000 立方公尺, ind./1,000 $\text{m}^3$				
9.海洋爬蟲類	隻數	文獻, 訪談, 現場調查	採非破壞性調查	鑑定計數	含保育類種類
10.海洋鳥類	隻數	文獻, 訪談, 現場調查	採非破壞性調查	鑑定計數	含保育類種類
11.海洋哺乳類	種類數、頭數	文獻, 訪談, 租船或直昇機調查	採非破壞性調查	鑑定計數	含保育類種類
12.漁業資源	產量公噸, 產值仟元, CPUE 單位	資料收集, 現場調查	標本戶調查, 現場實測	經濟種類, 季節變, CPUE 等	

表 2-8 生態調查結果及比較總彙整表 (範例)

調查選項	調查結果	結果比較 (註)	說明	
1.微生物	0~350 MPN/100ml	大腸桿菌群含量高於鄰近海域	受附近河川注排水影響	
2.葉綠素 <i>a</i>	1.03 至 1.58 $\mu\text{g/L}$	高於鄰近海域	營養鹽含量高	
3.基礎生產力	1.0~12 $\mu\text{gC/L/hr}$	高於黑潮海域,低於鄰近海域	營養鹽含量高、水溫適合	
4.植物性浮游生物	1,390~59,800 平均 14,100 cells/L,	高於黑潮海域,略高於鄰近海域	營養鹽含量高	
5.動物性浮游生物	229~2,710 平均 794 ind./m <sup>3</sup>	高於鄰近海域	尾虫類及幼生類大量出現	
6.底棲動物	海域軟底質大型:5~20 個體數/網次	低於鄰近海域	底質為沙質含量較低	
	海域軟底質中小型:120~420 個體數/m <sup>2</sup>	低於鄰近海域	底質為沙質含量較低	
	潮間帶岩礁:60~230 個體數/m <sup>2</sup>	高於鄰近區域	礁石區種類豐度及密度較高	
	亞潮帶岩礁珊瑚:平均覆蓋率 12.0 %	低於鄰近區域	北部地區,冬季水溫較低	
7.固著性海洋植物	潮間帶:覆蓋率 70.5 %	高於鄰近區域	礁石區,冬季藻相豐富	
	亞潮帶:覆蓋率 0 %	-	底質為沙質無分佈	
8.魚類- 成魚	8~45 尾/網次	低於鄰近海域	可能非主要魚群棲息處	
	- 魚卵	25~170 平均 85 個/1,000m <sup>3</sup>	低於鄰近海域	冬季含量較低
	-仔稚魚	12~30 尾/1,000m <sup>3</sup>	低於鄰近海域	冬季含量較低
9.海洋爬蟲類	0 隻	未出現		
10.海洋鳥類	0 隻	未出現		
11.海洋哺乳類	0 頭	未出現		
12.漁業資源	白鯧最主要,CPUE=185 kg/小時	底棲魚類為主要,漁業資源尚佳		

註：可與黑潮海域、台灣海峽海域、南灣海域、鄰近海域及以往數據作比較。

表 2-9 生物統計分析及比較總彙整表 (範例)

調查選項		生物統計方法	結果比較	說明
1.微生物				
2.葉綠素 <i>a</i>				
3.基礎生產力				
4.植物性浮游生物				
5.動物性浮游生物				
6. 底棲動物	-軟底質大型			
	-軟底質中型			
	-硬底質岩礁(含珊瑚)			
7.固著性海洋植物				
8. 魚類	-成魚			
	-魚卵、仔稚魚			
9.海洋爬蟲類動物				
10.海洋鳥類動物				
11.海洋哺乳類動物				
12.漁業資源				

## 附件三 海洋生態影響分析與預測

### 壹、環境變動分析

海域環境的變動對生存於環境中的海洋生物必會產生一定程度的影響，因此任何開發行為之生態影響評估時，均需明確分析並說明開發行為對海洋生物棲息環境變動的影響。例如（1）分析電廠溫排水造成附近海水可能的增溫現象；（2）分析液化天然氣廠的冷排水對附近海域水溫的降溫情形；（3）分析海水淡化廠的高鹽滷排水對附近海域鹽度的變動情形；（4）分析海底抽沙或海洋棄置海中懸浮物質的增加情形；（5）分析港灣防波堤的突堤效應造成環境改變情形。

### 貳、重要生態物種影響分析

#### 一、分析開發行為影響當地重要物種的族群數量或其群聚特性。

應針對開發行為產生之海域環境變動對該地重要物種族群數量或群聚特性關連之影響，進行深入分析。例如：（1）分析電廠溫之排水或液化天然氣廠之冷排水可能會對附近海域生態物種所產生之影響；（2）分析海水淡化廠的高鹽滷排水可能會對附近海域生態物種所產生之影響；（3）分析電廠因汲入與撞擊效應，導致浮游生物、魚卵、仔稚魚及魚類死亡現象，影響附近海域之魚類或漁業資源等；（4）分析電廠入水口因電解海水所產生之次溴酸或次氯酸等毒性物質對附近海域生態物種之影響，尤其是仔稚魚及海洋生物之幼生等。



### 【範例 3-1】電廠溫排水對魚類生態活動的影響分析預測

由魚類調查及漁獲資料分析結果顯示，○○縣沿海的主要漁獲物中，季節性變動甚為明顯，以冬季為主要產期。各月別主要出現的漁獲種類，及其生態習性如下表所示。在各主要魚種中，依洄游習性及活動水域，魚類生物受本計畫影響程度以沿岸>近岸>遠岸。表層魚類受本計畫影響比底層者為大，因電廠溫排水會浮於表層，且主要影響水域為排水口半徑 500m 水域內，因此在表層及沿岸水域活動之魚類，應較有可能會受到溫排水影響。依下表之生態習性區分，顯示魚類中以魩仔比較有可能受到溫排水影響，其他鱸仔(四指馬鰱魚)、花枝（非魚類）及鱸類等魚類可能會略受影響。

漁獲種類	洄游習性	棲習水層	主要出現月份	活動水域	影響情形
鱸類	近域	表層	1-2 月,10-12 月	外海	略受影響
鱸仔	沿、近域	底層	3 月,11-12 月	外海	略受影響
花枝	近、遠域	底、表層	3-4 月	外海	略受影響
魩仔	沿、近域	表層	3-7 月	沿岸、近岸	輕微影響
黑鯧	近域	底層	5-8 月	外海	無影響
沙條	近、遠域	底層	9-12 月	外海	無影響
鱸類	近、遠域	表層	9-12 月	外海	無影響

註:輕微影響係為生物量雖略有減少，但因減少數量有限並不會影響其族群量；略受影響係為生物的生態活動習性可能略有變動

### 【範例 3-2】汲入與撞擊效應，影響附近海域之魚類或漁業資源

假設設立電廠，其冷卻循環水的汲入水量每部機組為 26CMS(立方公尺/秒)，三部機組共 78 立方公尺/秒為例：

#### (一)汲入量

- 1.汲入損失：電廠全年運轉率 46%，運轉時間 4,100 小時及全體機組冷卻水量共  $26 \times 3 = 78$  立方公尺/秒做為估算，全年汲入水量  $11.52 \times 10^8$  立方公尺/年，則循環冷卻水的汲入對附近海域生物

的影響說明如下：

#### (1)浮游植物

調查海域全年浮游植物，海水底層的含量為 13,833～313,900 cells/L，平均含量為 117,677 cells/L，每年汲入量為  $15.9\sim 361.6\times 10^{15}$  cells/年，平均為  $135.56\times 10^{15}$  cells/年。

#### (2)浮游動物

調查海域全年浮游動物的平均含量為 41,540～289,881 ind./1,000m<sup>3</sup>，平均含量為 108,245 ind./1,000m<sup>3</sup>（平均生物量為 105.73g/1,000m<sup>3</sup>，其平均每個體重量為 0.977mg 溼重/ind.），汲入量為  $4.79\sim 33.39\times 10^{10}$  ind./年，平均為  $12.47\times 10^{10}$  ind./年，相當於  $12.18\times 10^4$  公斤溼重/年。

#### (3)魚卵與仔稚魚

調查海域全年魚卵及仔稚魚的平均含量各為 652 個/1,000m<sup>3</sup> 及 100 尾/1,000m<sup>3</sup>，汲入量魚卵為  $7.51\times 10^8$  個/年，仔稚魚為  $1.15\times 10^8$  尾/年。

#### (4)底棲動物

調查海域的底棲動物以附著性動物為主，被冷卻水汲入的可能性較少，沒有直接的影響，所汲入者應為其浮游幼生時期。但因底棲生物的浮游期較短，且幼生數量甚大，以適應其浮游期的高死亡率。一般是否有適宜棲息的附著基質，應是為影響底棲生物豐度的最主要因子，部份幼生被冷卻水汲入而死亡，對其群聚的影響不大。

### 2.汲入損失對當地漁業資源之影響

#### (1)浮游植物

調查海域全年汲入量為  $15.9 \sim 361.6 \times 10^{15}$  cells/年，平均為  $135.56 \times 10^{15}$  cells/年。此減少量對漁業的影響由生態轉換效率的轉換公式  $B_n = B_0 \times E^n$  ( $E$  為生態效率轉換係數，沿岸水域之值為 0.15， $n$  為生態系的營養階層數)，調查水域若以四個營養階層數計算時，則浮游植物( $B_0$ )的汲入量造成當地成魚的減少數量( $B_3$ )每年為(假設浮游植物  $10^5$  cells=1mg 溼重)， $B_3 = 135.56 \times 10^{15} \times 10^{-5} \text{ cells} \times 10^{-6}$  公斤  $\times 0.15^3 = 4,575$  公斤/年。

## (2)浮游動物

調查海域浮游動物每年汲入量平均為  $12.18 \times 10^4$  公斤溼重/年。依生態轉換效率的轉換公式  $B_n = B_1 \times E^{n-1}$ ，調查水域若以四個營養階層數計算時，則浮游動物( $B_1$ )的汲入量造成當地成魚( $B_3$ )的減少數量每年為  $B_3 = 12.18 \times 10^4$  公斤/年  $\times 0.15^2 = 2,704$  公斤/年。

## (3)魚卵與仔稚魚

調查海域全年汲入量魚卵為  $7.51 \times 10^8$  個/年，仔稚魚為  $1.15 \times 10^8$  尾/年。今依據成魚等量模式的生物生長理論做為估計時，則成魚因汲入之損失量( $N_a$ )= $N_e \times S_e + N_L \times S_L$ ，(上式中  $N_e$  為魚卵數目， $S_e$  為汲入之魚卵至成魚殘存率， $N_L$  為汲入之仔稚魚至成魚的殘存率，而  $S_L$  為仔稚魚至成魚的殘存率。若以台灣附近海域常見的日本鯨的  $S_e(1.21 \times 10^{-4})$  及  $S_L(1.66 \times 10^{-3})$  來做為換算標準值時，則汲入量魚卵及仔稚魚造成的成魚損失量為 90,871 尾+190,900 尾=281,771 尾/年，成魚重量以 0.1 公斤/尾計算時，則汲入量之成魚損失量為 28,177 公斤/年。

(4)總計浮游動、植物及魚卵、仔稚魚因冷卻水汲入的影響造成成魚的損失(底棲生物幼生的損失忽略不計入)，為

4,575+2,741+28,177=35,493 公斤/年。而上述成魚中若屬於經濟種類者以 60%計算時，則可能會有 21,296 公斤/年的漁獲量受影響。

## (二)撞擊

### 1.撞擊損失量

若以甲電廠及乙電廠為例，經由系統取樣的估算法，其三年調查撞擊損失量分別為 11,642 公斤，1,399 公斤及 10,098 公斤，平均為 7,713 公斤。若再加上偶發之大量撞擊量，三年分別為 25,742 公斤，1,724 公斤及 17,863 公斤，平均為 15,110 公斤。兩者合計成魚的損失為 22,823 公斤。此為最大可能損失量，因本預測方案之取水量比甲電廠及乙電廠為小，且若能採用潛式取水法，將與甲電廠及乙電廠的表面取水有所不同，故本預測方案中之成魚因撞擊損失量理論上應低於此值。

### 2.撞擊損失對當地漁業資源的影響

上述成魚中屬於經濟種類者，若以 60%計算時，則可能會有 13,694 公斤/年的漁獲量受影響。

## (三)汲入與撞擊中對當地漁業資源影響最大損失計算如下

1.總計浮游動、植物及魚卵、仔稚魚因冷卻水汲入的影響造成成魚的最大損失(底棲生物幼生的損失忽略不計入)為 35,493 公斤/年。撞擊損失量若以甲電廠及乙電廠為例，平時撞擊損失量及偶發之大量撞擊損失量，兩者合計成魚的最大損失量為 22,823 公斤/年。

2.汲入及撞擊合計最大總損失量為 58,316 公斤/年。其中屬於經濟漁獲種類者若以 60%計算時，則可能會有 34,990 公斤/年的經濟魚種的漁獲量損失。

3.對當地漁業之漁獲量的總合影響，成魚漁獲量因汲入及撞擊最大損失約佔附近海域最近三年(86-88 年)平均漁獲量 188,005 公斤/年的 18.61%。

(四)對當地漁業資源影響最小損失計算如下:汲入與撞擊中因除屬最低營養階層之類別外,其餘較高營養階層之類別均可被其他營養類別所利用,故汲入與撞擊中以：

1.總計浮游植物及魚卵因冷卻水汲入的影響造成成魚的最小損失為 4,575 公斤/年及 9,087 公斤/年，合計為 14,562 公斤/年。

2.撞擊損失量若以甲電廠及乙電廠為例，合計成魚的最大損失量為 22,823 公斤/年。但因甲、乙兩電廠位處礁石區海域，其海洋生產性均高於本區的砂質海域，若以三分之二計算，推估本案的撞擊損失量約為 15,215 公斤/年。

3.汲入及撞擊合計總損失量為 29,777 公斤/年。其中屬於經濟漁獲種類者若以 60%計算時，則可能會有 17,862 公斤/年。對當地漁業之漁獲量的總合影響，成魚漁獲量因汲入及撞擊最大損失約佔附近海域最近三年(86-88 年)平均漁獲量 188,005 公斤/年的 9.5%。

二、分析當地重要生態物種受開發行為影響，間接影響其他物種群聚或魚類及漁業資源

工業區或港埠的開發行為，常需填海造地，致使海岸棲地因挖掘、掩埋等原因遭受破壞或消失。若該海域已知為附近魚類的重要產卵場，可能導致附近海域魚類資源的減少；或該海域的底棲生物為附近魚類的攝食餌料，今因棲地破壞或消失使底棲生物量減少，導致附近海域的魚類或漁業資源的減少。

### 【範例 3-3】港埠開發底棲生物減少對漁業資源影響預測

某港埠的興建，潮間帶面積 55.60 公頃(其中沙質 22.24 公頃，礁岩 33.36 公頃)，海域面積 542.4 公頃，潮間帶及海域底棲生物因港埠興建遭受掩埋，會影響當地海域生態。

(一)潮間帶：在計畫範圍內均為沙質，底棲生物中，團沙蟹、紅扁跳蝦及日本扁沙蟲等為優勢種類，雖因底質的改變及被掩埋而死亡，但因沒有稀特有種及保育類動物存在，且優勢種類及經濟貝類均為台灣西部海域之共通種，應不致對當地生態造成重大影響。

(二)海域：底棲生物中，優勢種如柳珊瑚、軟珊瑚及海綿等非造礁珊瑚類也均為台灣西部海域之共通種。故本計畫的施工及營運，應不致對附近海域的底棲生物優勢種類造成滅絕之虞。

(三)底棲生物損失估計

#### 1.潮間帶

調查區內的花蛤等經濟貝類，存在沙質潮間帶沿岸，在計畫區內的沙質潮間帶面積約有 22.24 公頃，經濟貝類花蛤的平均密度含量為 0.02 粒/m<sup>2</sup>，總數量為 4,448 粒，數量不多，故影響有限。

底棲生物在潮間帶平均個體密度為 11.14 個體/m<sup>2</sup>，平均重量密度為 5.60g/m<sup>2</sup>，因此底棲生物被掩埋與喪失棲地所減少數量在潮間帶的沙質與礁磐共 55.6 公頃為 619.4 ×10<sup>4</sup> 個體，重量 3,113.6Kg。

2.海域：在計畫區面積 542.4 公頃內海域平均個體密度為 3.22 個體/m<sup>2</sup>，平均重量密度為 3.20g/m<sup>2</sup>。應有 1,746.5 ×10<sup>4</sup> 個體，重量 17,356.8Kg。

3.總計潮間帶與海域開發面積 598 公頃，底棲生物減少數量共計

2,365.9 ×10<sup>4</sup> 個體，重量 20,470.4Kg。

#### (四)魚類及漁業資源損失估計

底棲生物減少對漁業的影響，其中在經濟貝類花蛤的影響總數量為 4,448 粒，數量不多，對當地漁業的影響應屬有限。至於底棲生物被掩埋及喪失棲地，對魚類的影響為餌料生物的供應減少，使魚類族群量及漁業產量降低。底棲生物減少數量在潮間帶為  $619.4 \times 10^4$  個體，重量 3,113.6Kg。海域為  $1,746.5 \times 10^4$  個體，重量 17,356.8Kg。經由當地魚類的食性調查得知，魚類餌料生物中的底棲生物含量佔 35.15%，因此底棲生物減少對當地漁業影響由生態轉換效率的轉換公式  $B_n = B_o * E^n$  推算(E 為生態效率轉換係數，沿岸水域之值一般為 0.15)，因此往上一級的食物階層所減少數量( $B_i$ ) 為 3,070.6Kg (=20,470.4Kg ×0.15)，因此對漁業資源影響總減少數量應為 3,070.6Kg ×35.15%=1,079.3Kg。

#### 【範例 3-3】○○海域重金屬污染調查

- 一、○○溪與○○溪河口，已遭受銅、鋅及鉛的污染，吳郭魚肝臟含銅量高達 699mg/kg。
- 二、○○沿海普受銅鋅之污染且甚受季節的變化，其中以○○○較嚴重，河川則以○○溪最嚴重，水中銅濃度曾高達  $3300 \mu\text{g/L}$ ，○○溪次之。水中與底泥的重金屬含量特別是銅與鋅約略有正相關的關係存在。
- 三、牡蠣的重金屬含量以○○為最多，在 1999 年 2 月與 5 月都已達綠牡蠣程度，其含銅量為第一季 582 mg/kg，第三季大增為 789 mg/kg。

## 參、海洋生態影響預測

### 一、預測原則

- (一)生態評估須根據開發行為內容及蒐集到的生態背景資料，依據學理預測開發行為可能造成的生態影響。包括棲地的改變程度、影響範圍大小、影響期間(施工階段或營運階段)、影響程度(棲地環境與物種)、可回復性、直接的影響(例如棲地或物種的消失)，間接的誘發、或繼發的影響(例如失去覓食場所或產卵場所)。
- (二)潛在影響，包括長期曝露的影響(如生物體內重金屬的長期累積性造成的危害)，與其他開發行為的協同作用(如兩個以上開發行為產生的加成效應)等，均須列明。須清楚說明選用方法的適當性，作出審慎及有理論依據的預測，並儘可能以核對表(描述式、按大小排列等)、矩陣、網絡、生態特徵測繪等方式呈現。
- (三)開發行為所處基地與影響範圍內之棲地環境與物種的影響程度，均須列出。尤其是影響程度較高者，如生態環境或棲地屬於原生狀態、生態環境可再複製性低、生態環境或棲地的一致性高、棲地內的保育類物種或特稀有物種多、生物群聚的物種多樣性高、重要生態物種的產卵場、繁殖場或孵育場等。
- (四)單一生物指標常無法代表整個生態系統之狀況，若以生物指標作為預測之基準，應同時考量不同之生物指標。
- (五)漁業資源影響預測原則

開發行為所處基地與影響範圍內之漁業資源及淺海養殖的影響預測，可分直接影響與間接影響兩方面：直接影響包括作業漁場或養殖漁場的消失(影響為永久性、長期性或不可回復性)、漁業型態的被迫改變、捕撈作業被干擾、捕撈或養殖物種生存的危害等；間接影響包括作業漁場的改變、產卵場、哺育場或攝餌場的



消失或改變、經濟漁獲物種的改變(高經濟價值漁獲物種消失或減少，被低經濟價值漁獲物種取代)、作業漁船需繞道避開致增加航程等。前述各種漁業資源影響預測，應儘可能予以量化，呈現出對當地或附近漁業資源影響程度，例如對當地或附近漁業資源影響比率或比重、漁業生產量值或捕獲量值的影響比率或比重等。

## 二、預測方法

### (一)邏輯性(定性式)預測

邏輯性預測是污染生態預測的主要方法，它是依據取得的各項數據、資料及資訊，輔以一些簡單的數學方法，分析經濟、社會與生態環境品質間的關連性，判斷生態環境品質的變化和發展趨勢。它的特點是簡便易行，但其精確性取決於預測者的經驗和資料的豐富程度。此外，本方式定量化程度較低。邏輯性預測通常可分為下列幾種方式：

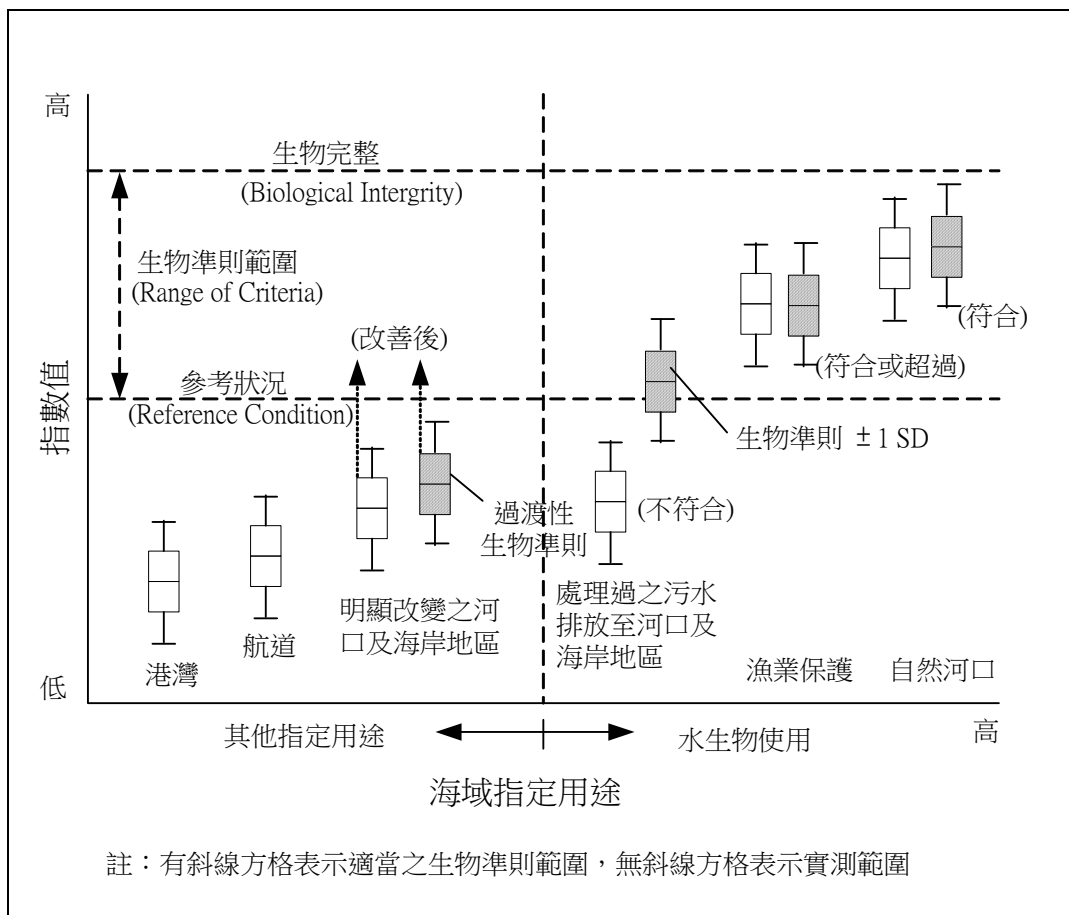
1. 依據預測的目的要求，經由調查研究蒐集到的數據，結合以往的經驗案例，研判環境變動的方向和趨勢。
2. 利用各指標之間的相關性，進行預測。
3. 經由數種領域專家的集體智慧和經驗，參考以往案例與文獻，研判影響預測。

### (二)生物準則比對預測

生物準則(Biological criteria)的比對，可作為海域環境中對生物完整性(Biological integrity)預測及評估之基準。實際應用時，可選定附近一處或多處環境特性類似、且未受干擾海域之生物測值或指標值(例如底棲生物的個體密度、種類數或歧異指數值等可量化之數據)為基礎，並依據海域水體分類標準與用途訂定不同的測值準則。海洋生物的生態品質好壞或變化程度，可

藉由與此準則之比對結果，進行影響預測分析，並可作為影響減輕對策規劃之參考。此項生物準則比對，較適用於底棲動物的測值。圖 3-1 為海岸地區生物比對準則應用之示意圖；表 3-1 及表 3-2 所示為準則建立及比對方式之範例，圖 3-2 則顯示準則比對的結果範例。

圖 3-1 海岸地區之生物準則示意圖



資料來源：U.S. EPA (2000). Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. EPA-822-B-00-024. p.40-51.

**【範例 3-4】** 利用亞特蘭大海灣(Mid-Atlantic Bight)兩條污水海放管（於 Ocean City 及 Bethany Beach 兩處）之底棲生物調查數據，建立該海域生物準則，並評估海放管之環境影響。其研究方式及結果簡述如下：

1. 依照該處海域調查資料，選定三處(即測站 A, E, I)未受污染、水質條件一致，且與兩放流管約等距之海域，定為對照海域(Reference sites)。
2. 以四分位統計(Inter-quartile)方式，定出各對照海域之總個體數、總類別數、辛浦森優勢度指數、桑農韋納多樣性指數、馬格列夫豐度指數之測值範圍，再取 A, E, I 三測站測值範圍之算術平均數，作為該處海域之生物準則(Bocriteria)範圍(如表 3-1)。
3. 將 Ocean City 及 Bethany Beach 兩處海放管海域之現場測值以同樣統計方式，定出其測值範圍，並與所建立之生物準則範圍比對，以評估海放管對生物環境之影響(如表 3-2 及圖 3-2)。
4. 由比對結果發現，除 Bethany Beach 海放管海域之總類別數外，其他所有指數均超出生物準則範圍，尤其是 Ocean City 海放管海域之總個體數更超出生物準則之 3 倍，且以多毛類(Polychaete)佔絕對優勢。這種狀況，明確顯示該海域生態環境已受排放污水之污染，為維護生物完整性建議應採取適當之影響減輕因應對策。

表 3-1 利用四分位距範圍(Inter-quartile range)計分法所建立三處參考範例

測站 (Station)	四分位距範圍值				
	個體數 (Individuals)	種類數 (Taxa)	辛浦森指數 (Simpson's Index)	桑農韋納指數 (Shannon-Wiener Index)	豐度 (Richness)
A	427~3049	46~71	0.075~0.161	2.597~3.137	7.3~9.1
E	281~474	40~49	0.076~0.224	2.262~3.889	6.6~8.0
I	136~841	27~42	0.129~0.260	1.993~2.524	5.3~6.0
平均數值	281~1455	38~54	0.093~0.215	2.284~3.183	6.4~7.7

資料來源：U.S. EPA (2000). Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. EPA-822-B-00-024. p.40-51.

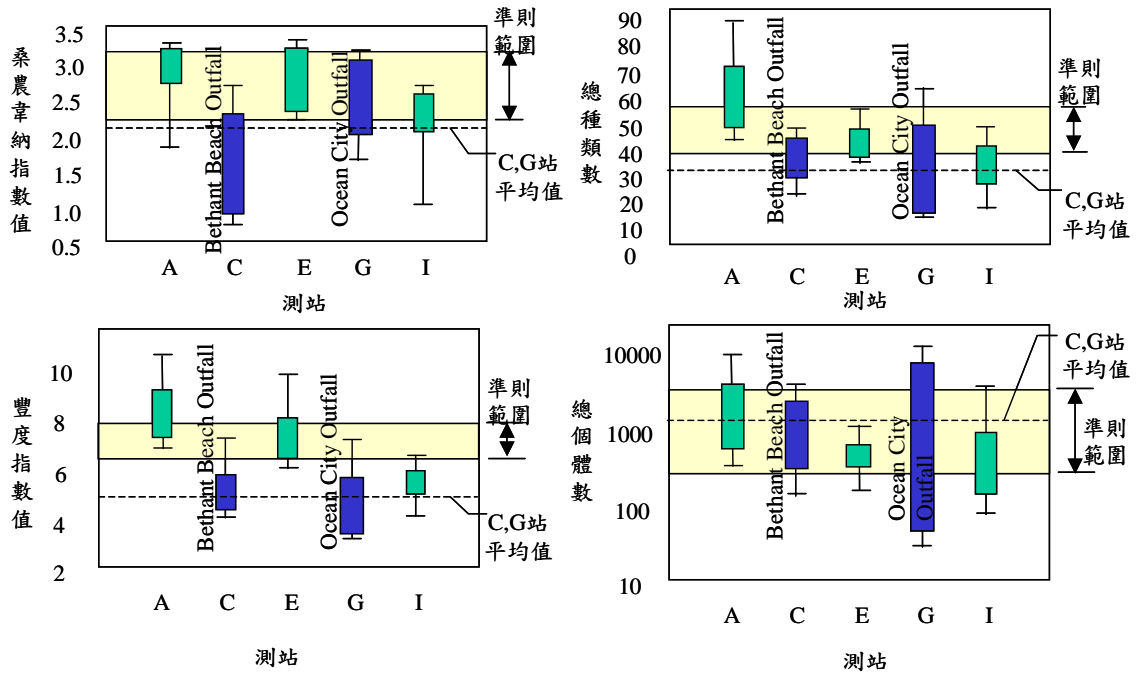
表 3-2 Bethany Beach 及 Ocean City 海放管之四分位距範圍(Inter-quartile range)數值與生物準則(即上表之平均數值)之比較(範例)

變數	生物準則 (Biocriteria)	Bethany Beach 海放管海域	Ocean City 海放管海域
個體數(No. Individuals)	281~1455	260~1988	49~6.492
種類數(No. Taxa)	≥38~54	28~43	13~49
辛浦森指數(Simpson's Index)	≤0.093~0.215	0.171~0.642	0.179~0.643
桑農韋納指數 (Shannon-Wiener Index)	≥2.284~3.183	0.970~2.648	1.855~2.883
豐度(Richness)	≥6.4~7.7	4.6~5.8	3.1~5.7

資料來源：U.S. EPA (2000). Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. EPA-822-B-00-024. p.40-51.

圖 3-2 污水放流管生物準則比對 (範例)

資料來源: (整理自表 2-1 及表 2-2)



(註：C,G 為放流管海域測站；A, E, I 為附近未受污染海域測站)

### (三)數學模式(定量式)預測

利用各項可量化的生物分析與統計分析資料，建立或選用適當的數學模式，進行長期影響分析及動態模擬預測。數學模式預測的特點是變動靈敏度較高，且可予以量化，故定量程度較高。但需要足夠之背景資料與較高之專業知識，並需經過多次之校驗，才可以應用。

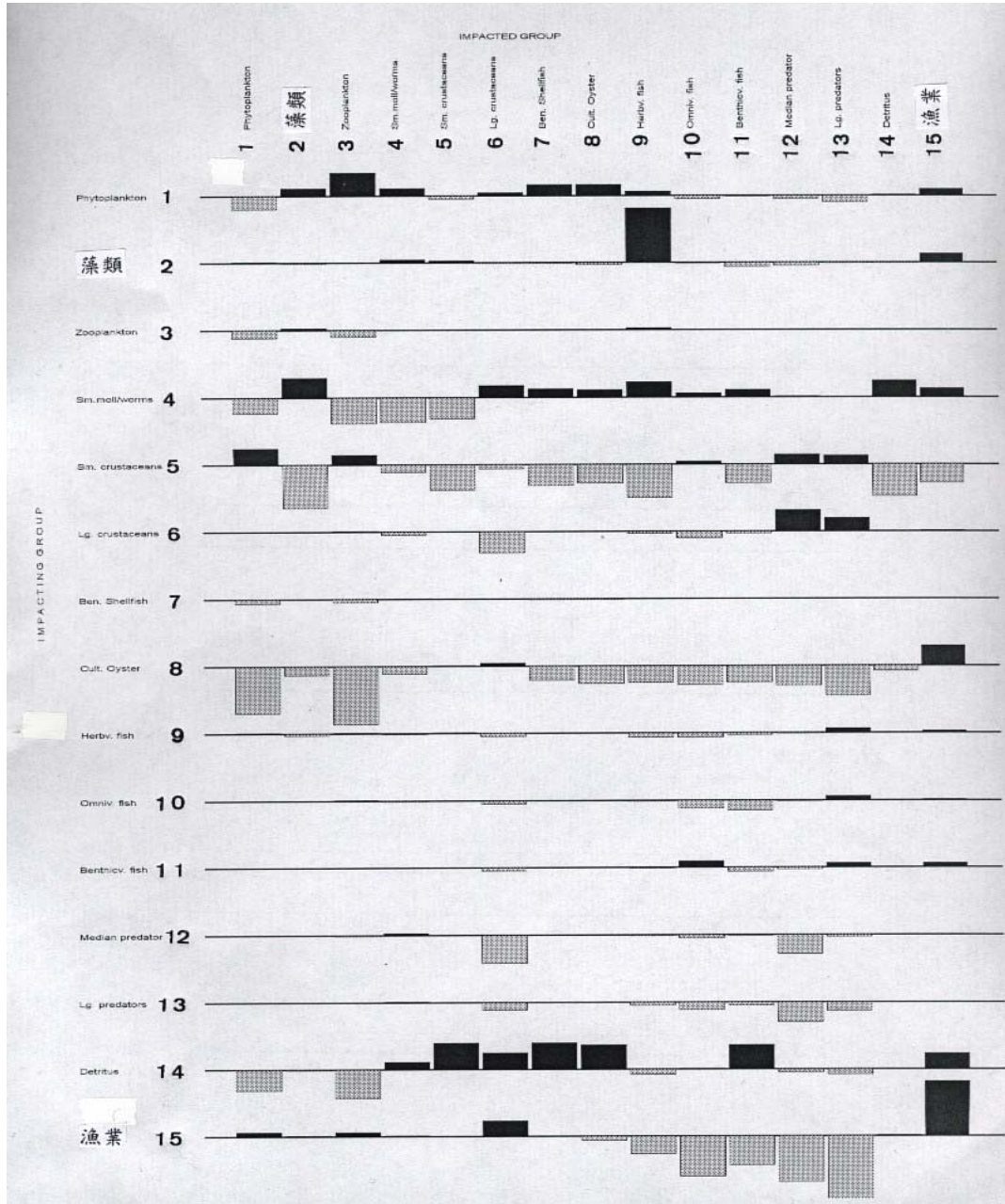
#### 【範例 3-5】 ECOPATH 生態模式進行生態系長期影響分析及動態模擬預測

○○湖的各生物類別的生物量如下表 3-3 所顯示，以大型藻類及養殖的牡蠣為最主要，其他非生物類別則利用 ECOPATH 生態模式進行各類別間(編號 1~14)的生態衝擊程度及漁業衝擊程度分析(編號 15)如圖 3-3 顯示出大型藻類對草食性魚類的正面生態衝擊最為顯著，此意味著瀉湖內的大型藻類生物量多寡，必將會直接影響到瀉湖內的草食性魚類的生物量；牡蠣(編號 8)的存在對於瀉湖內的植物性浮游生物(編號 1)與動物性浮游生物(編號 3)具有較為顯著的負面衝擊效應；而瀉湖內漁業的存在，對瀉湖的雜食性魚類、底食性魚類、中型魚類以及大型魚類(編號 10~13)等族群生存均會產生較為顯著的負面壓力。

表.3-3 七股瀉湖的各生物類別的生物量

Group Name	Type	Biomass	P/B	Q/B	EE	GE
1. Phytoplankton	1.00	0.121	422.500	0.000	1.916	-
2. Periphyta	1.00	115.937	3.800	0.000	0.771	-
3. Zooplankton	0.00	0.050	67.000	280.000	3.500	0.239
4. Sm.moll/worms	0.00	4.013	6.850	27.400	0.281	0.250
5. Sm. crustaceans	0.00	8.336	62.000	310.000	0.012	0.200
6. Lg. crustaceans	0.00	0.120	4.000	21.900	4.352	0.183
7. Ben. Shellfish	0.00	2.713	3.000	12.500	0.033	0.240
8. Cult. Oyster	0.00	26.403	3.400	14.000	0.226	0.243
9. Herbv. fish	0.00	0.242	1.000	50.000	2.588	0.020
10. Omniv. fish	0.00	0.188	2.770	12.370	3.414	0.224
11. Benthicv. fish	0.00	0.298	2.150	10.750	2.365	0.200
	0.00	0.170	1.740	8.700	3.725	0.200
13. Lg. predators	0.00	0.178	0.600	9.500	2.978	0.063
14. Detritus	2.00	486.000	-	-	12.851	-

圖 3-3 ○○湖海洋生物各類別間利用 ECOPATH 生態模式進行影響動態分析模擬預測



### 三、影響預測摘要

海域生態影響預測應摘要說明，並得檢附表 3-4 範例所示之表列方式表示。

表 3-4 港埠(含工業區)開發對附近海域生態影響預測摘要說明(範例)

項目	種類	長期/短暫影響		可回復性程度		直接/間接影響		影響範圍		正面(+)/負面(-)影響	
		施工階段	營運階段	施工階段	營運階段	施工階段	營運階段	施工階段	營運階段	施工階段	營運階段
一、水質	1.濁度、懸浮物與透明度、pH	施工期間	長期	高	中等	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	--	-
	2.營養鹽	施工期間	長期	高	中等	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	-	-
	3.生化需氧量	施工期間	長期	高	中等	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	--	--
	4.油脂	施工期間	長期	高	中等	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	-	-
	5.重金屬	施工期間	長期	高	中等	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	--	-
二、底質變動	1.粒度	長期	長期	中等	中等	直接	直接	施工海域	營運海域	---	-
	2.重金屬	長期	長期	中等	中等	直接	直接	施工海域	營運海域	--	-
三、海域生產	1.葉綠素 a	施工期間	長期	高	高	直接	直接	施工海域	營運海域	-	0
	2.基礎生產力	施工期間	長期	高	高	直接	直接	施工海域	營運海域	-	0
四、海域植物	1.浮游藻類	施工期間	長期	高	高	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	-	0
	2.附著藻類	施工期間	長期	高	高	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	-	+
五、海域動物	1.浮游動物	施工期間	長期	高	高	直接	直接	施工及鄰近海域	鄰近海域	--	0
	2.底棲生物	長期	長期	低	高	直接	直接	施工海域	營運海域	---	0
	3.魚卵、仔稚魚	長期	長期	低	中等	直接	直接	施工海域	營運海域	--	0
	4.魚類	施工期間	長期	高	中等	間接	間接	施工海域	營運海域	-	0
六、漁業資源		施工期間	長期	高	中等	間接	間接	施工及鄰近海域	營運海域	--	0



#### 四、海洋生態影響綜合評估

分析開發案對海域生態之水質因子（包括水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、透明度、營養鹽等）、底質因子（包括粒徑分析、總有機碳含量、沉積物污染物含量等），與海域植物、動物及漁業資源等生物因子在施工及營運期間的變動與影響情形，得視對生態影響的重要性予以適當的權數加以量化，進行施工及營運期間綜合評估分析，並得檢附表 3-5 所示方式表列分析結果（參見表 3-6 範例）。

表 3-5 施工期間(或營運期間)生態變動與影響程度綜合評估

生態或生物種類	級數 權數	影響程度級數			
		無影響或 影響甚微 (1.0)	輕度 影響 (0.75)	中度 影響 (0.5)	嚴重 影響 (0.25)
一、水質	15~20				
二、底質	15~20				
三、海域植物	15~20				
四、海域動物(含保育種類)	15~30				
五、漁業資源	20~30				
總分	100				

註 1：單項分數為權數×級數。

註 2：總分為 100；85~100 者為無影響或影響甚微、70~85 者為輕度影響、55~70 者為中度影響、<55 者為嚴重影響。

註 3：總分 60 以下必須提出明確可行的減輕對策。

註 4：權數可視開發個案情形予以調整，或採用更客觀的評斷方法加以訂定，並註明調整理由。

表 3-6 施工期間(或營運期間)的變動與影響程度綜合評估(範例)

生態或生物種類		級數 權數	影響程度級數			
			無影響 或甚微 (1)	輕度 影響 (0.75)	中度 影響 (0.5)	嚴重 影響 (0.25)
一、 水質	1.濁度、懸浮物與透明度	4		3		
	2.營養鹽	3	3			
	3.溶氧量	2	2			
	4.生化需氧量	2	2			
	5.油脂	3	3			
	6.重金屬	4	4			
	7.其他(如水溫、鹽度)	2	2			
二、 底質	1.粒度	6		4.5		
	2.重金屬	5		3.75		
	3.其他(如總有機碳)	4		3		
三、 海域 植物	1.葉綠素 <i>a</i>	3	3			
	2.基礎生產力	3	3			
	1.浮游藻類	4	4			
	2.固著性藻類	5	5			
四、 海域 動物	1.浮游動物	4	4			
	2.底棲生物	6			3	
	3.魚卵、仔稚魚	5		3.75		
	4.珊瑚	8		6		
	5.魚類	7	7			
	6.保育類	0	0			
五、 漁業資源	20		15			
總分		100	42	39	3	0
			84			

註 1：單項分數為權數×級數。

註 2：總分為 100；85~100 者為無影響或影響甚微、70~85 者為輕度影響、55~70 者為中度影響、<55 者為嚴重影響。

註 3：總分 60 以下必須提出明確可行的減輕對策。

註 4：權數可視開發個案情形予以調整，或採用更客觀的評斷方法加以訂定，並註明調整理由。

## 附件四 海洋生態影響減輕對策及替代方案

海洋生態影響之減輕對策及替代方案，將下列原則納入考量：

### 一、減輕對策

(一)採取適當可行的措施，以儘量減少無可避免的生態影響。如將重要的物種移棲、將工程限於某一特定時段、季節或地區進行、受干擾地區的盡量修復等。例如下列減輕對策所示：

1. 採用低噪音或低振動的施工機具，以達降低噪音與減低振動，減少對生物正常生態習性活動的干擾。
2. 選用適當的抽沙機具，抽沙作業時可降低水中懸浮物，填土時，設置泥沙沈澱池，減少懸浮物的排出量。
3. 若影響程度達到或超過原預期之最大容許值時，應採取短暫停工，減少更進一步的衝擊。
4. 海域施工儘可能避開漁撈作業之盛漁期或魚類之產卵期，減輕對漁業經營及保育類海洋生物的衝擊。

(二)重要物種及棲地的喪失，可藉其他地方(工程場地內或工程場地外)提供相同或近似物種及棲地的方法予以彌補，或考慮採取物種及棲地的適當保護措施，提高或增加物種及棲地的豐富度。如下列所示：

1. 人工魚礁的投放，增加魚類的棲息處所，以增加生物生產及增加魚源。
2. 魚苗或種苗的放流，增加魚源。
3. 劃設及認養海洋保護區，以提高物種的豐富度。

4. 補償及回饋措施。

## 二、替代方案

以更改工程場地、變更設計、改進施工或建造方法、路線、規劃設計、工程計劃等方式，或採用合適的替代方案，儘可能避免潛在的海洋生態影響。

## 附件五 海洋生態監測計畫

監測計畫之研擬，應參照下列原則辦理：

- 一、應按開發行為施工及營運兩階段，分別研擬適當之監測計畫。
- 二、監測計畫內容應包括監測頻率與時間、監測範圍、測站配置、監測類別與項目、取樣及分析方法、品管／品保規劃、評估結果檢討分析、監測費用概估等項目。
- 三、監測頻率與期間，應視開發行為特性及規模而訂定。
- 四、監測計畫之取樣及分析方法、品管／品保規劃(含精確度、單位等)應與背景調查所採用者一致。
- 五、監測類別及項目應儘量選擇與比對分析有關者，除特殊需要外，監測項目以不超過背景調查之項目為原則。
- 六、監測計畫之測站位置及配置應儘可能與背景調查之測站位置一致，以便於比較。
- 七、監測計畫所採用之統計方式、生態指標、預測模式等，除特殊需求要外，應儘量與環境評估階段所採用者一致。