



外傳核廢料傾倒台灣海域案 查證現況報告



行政院原子能委員會
中華民國 106 年 4 月 25 日

摘要

媒體引述義大利媒體報導該國國會於 106 年 2 月 8 日解密義大利軍情局資料中，疑有義大利貿易商非法協助北韓政府處理 20 萬桶放射性核廢料，傾倒於台灣海域。

因事涉台灣海域生態及國人健康安全，原能會非常重視此項訊息，立即組成專案小組進行查證，分別就媒體訊息、台灣海域環境輻射監測資料、台灣南北部核電廠附近海域生態調查資料、國際海洋輻射偵測資料、國際核廢料海拋資訊等方面，進行研析查證作業。

一、原能會專案小組查證結果

1. 根據本案義大利軍情局原始解密文件研判的結果，由於當年台電北韓案最終並未執行，義商柯氏欲將廢料傾倒於台灣地區的企圖就無法遂行，故可以排除外電報導「20 萬桶放射性核廢料傾倒台灣海域」的可能性。
2. 根據義大利國會另外一份「消失的船」報告，一艘名為 Glory Land 的船隻，於 1990 年 1 月在蘇澳外海沉沒，其上是否載有「有害廢棄物」，目前尚無資訊可供研判。本會已獲環保署及交通部初步回復，但資訊尚未足夠，已再度函請交通部、財政部關務署等協助查證，俾供後續研判。
3. 歷年針對基隆及高雄西子灣海水之放射性監測，結果均為正常；對於沿海產地及消費市場抽樣之貝類、魚類、蝦及海藻，進行放射性檢測分析結果，均符合法規規定，惟目前尚無台灣海域的放射性檢測資料可供查證。
4. 由近 30 年南北部核電廠及蘭嶼貯存場附近海水及海魚調查分

析結果可知，海水樣測得銫-137 的最大活度為民國 88 年之 0.0024 貝克/公升，低於調查基準 2 貝克/公升。而海魚樣主要測得銫-137，最大活度為民國 77 年之 18.1 貝克/公斤，低於調查基準 74 貝克/公斤，其他各年測得之銫-137，均小於 5 貝克/公斤，無特殊異常情形或趨勢，惟相關資料尚待後續長期觀察。

5. 依據國際原子能總署海洋資訊系統之現有資料，台灣週邊海域並無異常，僅含有極微量的人工放射性核種，推測其來源可能為核子試爆落塵或國際核設施事故大範圍擴散等原因。
6. 依據國際原子能總署的技術報告，曾於北太平洋海拋處置放射性廢棄物的國家有日本、韓國、美國、前蘇聯及俄羅斯，但海拋地點不包括台灣附近海域。我國從未執行核廢料海拋作業。
7. 綜合上述，可以排除外電報導「核廢料傾倒台灣海域」的可能性，但另查有一艘載有不明貨櫃的船隻 Glory Land，在台灣蘇澳外海沉沒的資訊，仍須持續蒐集情資進行研判；台灣沿岸海域輻射雖未發現異常，但有必要擴大台灣海域的輻射監測調查。為推動本案後續監測及調查作業，有必要成立跨部會專案調查小組。

二、後續調查作業

本案關係台灣海域之生態環境品質及國人的健康安全，有必要成立跨部會調查小組進行後續調查及台灣海域的輻射監測調查作業。此項台灣海域輻射監測，為最直接有效的調查作法，亦可供評估日本福島核災排放輻射物質對台灣海域之影響。

原能會已於 106 年 2 月 16 日，邀集外交部、科技部、交通部、經濟部、衛生福利部、行政院環境保護署、行政院海岸巡防署、行政院農業委員會、行政院農業委員會漁業署、行政院農業委員會水產試驗所、台電公司、綠色公民行動聯盟、媽媽監督核電廠聯盟、主婦聯盟環境保護基金會、綠色消費者基金會等政府單位及民間團體，舉行「外傳核廢料傾倒台灣海域案」跨部會調查專案小組會議，會中決議積極推動執行「台灣海域輻射監測調查計畫」，此項計畫需要海巡署、農委會、科技部、環保署等之協助，以確認海域輻射是否有異常情形。監測調查計畫將分為近程及長程計畫，近程計畫預定為期二年，原能會正積極參考國際資訊及相關部會資源，規劃取樣地點、取樣程序及分析方法等作業，並積極洽商相關部會協助推動執行，將以領海 12 浬為優先執行範圍。長程計畫預定為期四年，將正式編列預算，結合國內海洋學術研究機構參與執行，預定 108 年 1 月開始執行。跨部會專案小組的調查作業分工如下：

1. 本案情資蒐集研判（主辦：原能會、外交部、國安單位）

原能會將函請外交部及國安部門協助辦理，持續進行查證。

2. 台灣海域輻射監測調查

在本案尚無完全定論之前，最直接有效的作法為執行海洋監測，掌握臺灣海域的輻射狀況，以保障生態品質及國人健康安全。海域監測調查作業將包括沿岸海域及週邊海域。

- (1) 沿岸海域：增加沿岸海域的海水及海生物的輻射取樣分析作業，執行「強化台灣沿岸環境輻射監測計畫」（主辦：原能會）。

- (2) 週邊海域：推動執行「台灣海域輻射監測調查計畫」，近程

計畫二年，長程計畫四年。(主辦：原能會；協辦：海巡署、農委會、科技部、環保署等)

3. 國際合作 (主辦：原能會)

原能會將透過台美、台日核能合作交流管道，進行海洋輻射監測資訊的交流，盡可能掌握台灣海域的輻射變化動態。

4. 資訊公開 (主辦：原能會)

為求公信，邀請公民團體代表參加專案小組；調查報告及海域輻射監測資料，上網公開。

目次

摘要.....	i
1. 前言.....	1
2. 查證過程與結果.....	2
2.1 軍情局解密文件.....	2
2.1.1 原始解密文件取得過程與內容初探.....	2
2.1.2 原始解密文件內容研析.....	4
2.1.3 原始文件研析結論.....	5
2.1.4 其他核准解密文件.....	6
2.2. 公民團體 2 月 17 日公布之義國國會資料.....	7
2.2.1 資料來源追溯.....	7
2.2.2 「消失的船」調查報告內容概要與相關查證.....	9
2.3. 後續查證情形.....	11
2.4. 目前查證結果.....	12
3. 台灣海域環境輻射監測資料.....	19
3.1 台灣沿岸環境輻射監測作業.....	19
3.2 台灣沿岸海水輻射監測結果.....	19
3.3 台灣沿海海產物輻射監測結果.....	20
3.4 強化台灣沿岸海域環境輻射監測計畫.....	20
3.5 結語.....	20
4. 台灣南北部核電廠附近海域生態調查資料.....	23

4.1 背景說明	23
4.2 調查項目及放射性物質調查結果	23
4.3 結語.....	32
5. 國際海洋輻射偵測研析	34
5.1 背景說明	34
5.2 研析結果	35
5.3 結語	38
6. 國際核廢料海拋資訊研析	50
6.1 倫敦公約禁止核廢料海拋	50
6.2 國際核廢料海拋地點研析	52
6.3 我國從未進行核廢料海拋	59
7. 結論與後續調查.....	60
7.1 原能會專案小組查證結果	60
7.2 後續調查作業	61
參考文獻.....	64
附 件.....	66

圖目錄

圖 2.1	北韓與 ODM 公司就核廢料處置方面的合作關係圖	13
圖 2.2	「台灣-北韓-ODM」三者間關係之放大圖	14
圖 2.3	原始文件所呈現之因果關係流程圖	14
圖 2.4	原始文件附件 12 關係圖上的後續合作	15
圖 2.5	義大利國會檔管機關就 2 月 8 日解密文件數目之回復	15
圖 2.6	2 月 17 日下午公民團體陳情所提之資料頁面	16
圖 2.7	解密文件申請頁面	16
圖 2.8	下載之解密文件所印之浮水印樣式	17
圖 2.9	「消失的船」報告封面	17
圖 2.10	「消失的船」針對蘇澳沉船事件之描述	18
圖 2.11	查證概況流程圖	18
圖 3.1	台灣海域環境輻射監測作業	21
圖 3.2	台灣沿岸海水監測結果變動圖	21
圖 3.3	台灣沿岸海產物輻射監測結果變動圖	22
圖 3.4	台灣沿岸地區取樣規劃作業區	22
圖 4.1	北部海域生態放射性含量調查結果	25
圖 4.2	北部海域生態放射性含量調查結果	26
圖 4.3	北部海域生態放射性含量調查結果(海魚).....	26

圖 4.4 北部海域生態放射性含量調查結果(沉積物).....	27
圖 4.5 北部海域生態放射性含量調查結果(岸砂).....	27
圖 4.6 北部海域生態放射性含量調查結果(藻類).....	28
圖 4.7 南部海域生態放射性含量調查結果	29
圖 4.8 南部海域生態放射性含量調查結果	30
圖 4.9 南部海域生態放射性含量調查結果(海魚).....	30
圖 4.10 南部海域生態放射性含量調查結果(沉積物).....	31
圖 4.11 南部海域生態放射性含量調查結果(岸砂).....	31
圖 4.12 南部海域生態放射性含量調查結果(藻類).....	32
圖 5.1 全球表面洋流系統	40
圖 5.2 太平洋與印度洋內調查區塊	40
圖 5.3 表層水中 Cs-137 濃度	41
圖 5.4 1991-2000 年間西北太平洋內 Cs-137 濃度分布	42
圖 5.5 太平洋表層水 Cs-137 濃度分布	43
圖 5.5 (續) 太平洋表層水 Cs-137 濃度分布	44
圖 5.6 西北太平洋取樣點分布圖	45
圖 5.7 GEOSECS 西北太平洋之 Cs-137 濃度剖面圖	45
圖 5.8 以 MARiS 資料庫所查證之台灣海域.....	46
圖 5.9 以 MARiS 資料分析台灣附近海域表層水 Cs-137 濃度	46
圖 6.1 全球放射性廢棄物海拋地點，確認台灣海域並非海拋地點 ..	52

圖 6.2 日本放射性廢棄物海拋地點	54
圖 6.3 韓國放射性廢棄物海拋地點	55
圖 6.4 美國放射性廢棄物海拋地點	56
圖 6.5 前蘇聯 1966–1992 年間放射性廢棄物海拋地點	57
圖 6.6 前蘇聯 1968–1992 年間放射性廢棄物海拋地點	57
圖 6.7 前蘇聯 1992 年放射性廢棄物海拋地點	58
圖 6.8 義大利放射性廢棄物海拋地點	58

表 目 錄

表 5.1	2000 年表層水 Cs-137 的有效半化期與濃度.....	47
表 5.2	太平洋表層水 Cs-137 的平均有效半化期.....	48
表 5.3	全球各海域區塊表層海水 Cs-137 濃度.....	48
表 6.1	倫敦公約禁止海拋放射性廢棄物大事紀.....	51
表 6.2	國際原子能總署統計各國低放射性廢棄物海拋資訊.....	53

1. 前言

媒體駐義記者於 106 年 2 月 10 日報導，義大利國會 2 月 8 日解密義大利軍事安全情報局(SISMI)所提供之 61 份文件，其中一份為貿易商柯梅利歐(Giorgio Comerio)之調查文件。根據義大利軍情局於 2004 年 4 月 21 日報告，該名海運商約從 1995 年開始活躍，藉由與北韓政府合作，從興南灣一帶發跡，並涉嫌以 2 億 2700 萬美元之代價，非法協助處理 20 萬桶放射性核廢料，義媒並報導該國軍情局認為該批核廢料之最終處置地點為台灣海域。

由於涉及台灣海域生態及國人健康安全，原能會對這份報導非常重視，隨即成立專案小組，由副主任委員召集相關業務單位進行查證工作。分別就媒體訊息、台灣海域環境輻射監測資料、台灣南北部核電廠附近海域生態調查資料、國際海洋輻射偵測資料、國際核廢料海拋資訊等方面，進行研析查證作業。在訊息查證方面，除請原能會駐外人員蒐集本案相關資訊，並透過外交部洽請駐義大利外館協助，向義國相關單位了解本案相關資料。

2. 查證過程與結果

有關外電報導義大利貿易商於台灣海域海拋 20 萬桶核廢料乙事，原能會 2 月 10 日晚間接獲報導消息時即成立專案小組進行查證，並要求駐外人員查證該項報導，同時外交部亦立即洽請駐義大利代表處協助蒐集資料，以供研判。

本會駐外人員於 2 月 11 日即回傳國外媒體報導情形並初步分析供國內了解；駐義大利代表處亦於當地時間 2 月 13 日上午拜會義大利國會廢棄物處理調查委員會的相關人士，初步了解本案的相關內容始末。

本會依據當時可獲得之情資，研析媒體報導與外館查證情形，2 月 17 日提出初步查證報告。在媒體消息初步查證方面，「核廢料傾倒於台灣海域」乙節，以未經證實的成分居多；在駐外人員初步查證方面，經拜會義大利國會相關人士查證，表示義大利針對相關案件自 20 多年前即展開調查，迄今尚未獲得具體結果，而義大利軍情局之情搜資料係根據多方資料綜整，但多無具體事證加以佐證，內容多屬「推測」；在與台電北韓案關聯之初步探討方面，由於報導內容，提到 20 萬桶核廢料的運送數量以及 2.27 億美金的支付金額，與 90 年代台電北韓案之核廢料總桶數及運送總金額相吻合，研判義大利軍情局可能係引用當時媒體報導而進行推測。

2.1 軍情局解密文件

2.1.1 原始解密文件取得過程與內容初探

本會相關人員 2 月 21 日經過義大利國會之檔案管理機關審核通過，取得 2 月 10 日國內媒體引述義大利媒體「Fanpage.it」所稱解密

之軍情局文件內容(編號 294/103)，並陸續取得開放外界下載申請的解密文件共 59 份；義國國會人士亦於當地時間 2 月 20 日上午將目前開放的 59 份文件交駐處官員。

其中與外傳核廢料傾倒我國海域之報導相關之內容，出現在文件的第五頁，原文繕打如下：

(註：取得文件時，義國於該份下載之資料原件皆印有申請人姓名之浮水印，且限制使用不得對外散播)

In aggiunta la cooperazione tra il gruppo ODM e il Governo della Corea del Nord si sarebbe progressivamente consolidato, a partire dal 1995, tramite precedenti contratti inerenti:

- *lo smaltimento di 200.000 cask di residui radioattivi (avvenuto nell'area di Taiwan) per un valore di 227 milioni di dollari;*
- *l'installazione di impianti per il trattamento dei residui nucleari;*
- *il potenziamento del porto, di Rajin Sonbong, per il trasporto via container nonché la realizzazione di impianti per il trattamento delle scorie radioattive.*

經查該段文件之原始內容中譯為：

補充說明，自 1995 年起，ODM 集團可能透過先前相關的契約，與北韓政府之間有逐漸穩固的合作關係，內容如下：

- 以金額為 2 億 2 千 7 百萬美元之代價進行 20 萬桶放射性廢棄物的處置(地點在台灣地區)；
- 建造核廢料的處理工場；
- 強化羅金先鋒(Rajin Sonbong)港，以用於容器的運輸也

用以實現核廢料處理工場。

(註：ODM 公司即本案義藉貿易商柯梅利歐成立之公司，涉嫌用以掩護其背後從事的非法於海洋傾倒有毒廢棄物行為)

2.1.2 原始解密文件內容研析

該段文字之敘述方式，與先前初步查證媒體報導內容時所得結論相同，亦即動詞部分係採「條件式過去式句型」，表達該事件仍待進一步具體資料的證實；另根據外交部駐義大利代表處拜會義國國會相關人士查證本解密文件之結果，義國軍情局之調查報告係根據多方資料綜整，內容多屬「推測」，故針對上開針對台灣部分之敘述內容，宜就文件相關內容再細查以了解軍情局作此「推測」之緣由。

本文件主文有 3 頁並有 15 份附件，針對義商柯梅利歐的角色與先前媒體敘述相去不遠；續查本解密文件第 17 頁的第 12 號附件(All. 12)，有一張軍情局描繪北韓與 ODM 公司就核廢料處置方面的合作關係圖，中文化後如圖 2.1。其中左上角有北韓與台灣方面關係，以及北韓與 ODM 公司證實的合作關係的相關資訊，進一步放大此部份截圖如圖 2.2。

從圖 2.2 可以看到台灣與北韓有一條線連接起來，且台灣的方框載明台電北韓案金額(2 億 2700 萬美金)及廢料桶數(20 萬桶)，故從這張關係圖看來，義國軍情局應如本案初步查證結果所述，已經透過媒體報導了解 20 多年前台電北韓案的相關進展，知悉台電公司計畫透過支付北韓 2 億 2700 萬元的契約(下稱「A 契約」)，將 20 萬桶廢料運到北韓。

另一方面，圖 2.2 也透露出 ODM 公司和北韓有經證實的合作關係，故若將這一層合作關係對應到前述的第 5 頁內容，可以發現第五

頁所載「以金額為 2 億 2700 萬美元之代價進行 20 萬桶放射性廢棄物的處置」的契約內容(下稱「B 契約」)，和該圖所透露的合作關係應有相當的關連性。

綜合以上幾點，注意到「台灣-北韓-ODM」的三者間的關係，其相同的金錢和廢料桶數在「台灣-北韓」和「北韓-ODM」等關係之間的轉移，可以看到義國軍情局的情資分析結果，把台灣的台電北韓案，以及北韓與 ODM 的合作歸納在一個合作的流程關係中，故研判義國軍情局可能依據當時掌握的情資，推測當時 ODM 公司可能知悉北韓可以透過「A 契約」接收 20 萬桶核廢料而獲利 2 億 2700 萬美金，加以 ODM 公司對外均稱其為專門處理廢棄物之組織，欲透過與北韓政府的友好關係，說服北韓以支付 2 億 2700 萬美金為酬勞，請其協助處理 20 萬桶核廢料。

由於義國軍情局已掌握 ODM 公司是涉嫌於海洋從事非法傾倒有害廢棄物的組織，研判該局遂推測義商柯梅利歐下轄的 ODM 公司意圖透過「B 契約」與北韓合作，取得金錢上的利益後，再將核廢料傾倒回台灣區域處置。依據原始文件資料研析後之相關因果關係，可以圖 2.3 表示。

2.1.3 原始文件研析結論

進一步比對 1996-1997 年間台電北韓案之發展，當年台電公司曾向原能會提出申請，且該申請案之金額為 2 億 2700 萬美金、欲處理之廢料桶數為 20 萬桶；惟原能會不同意台電該案之申請，故文件所顯示之因果關係(如圖 2.3)實際上已經於前半部即已中斷。綜上研判，由於台電北韓案最終並未執行，義國軍情局上述推測義商柯氏的企圖就無法遂行。

另一方面，本案相關之原始文件第 5 頁，即媒體報導核廢料可能

傾倒台灣海域乙節所引述的段落，其內容尚提及 ODM 和北韓政府另有兩項合作相關契約，其一是興建核廢料的處理工場；其二是強化羅金先鋒(Rajin Sonbong)港以應用於容器的運輸；而這兩項合作，都在原始文件第 17 頁的附件 12，以箭頭指向後續的合作流程(如圖 2.4)，但台電北韓案只用一塊方框說明廢料桶和金額數目，並用一條線連到北韓政府方框，卻無其他箭頭指向後續流程。

綜合以上兩點，可以排除義媒報導 20 萬桶放射性核廢料傾倒於台灣海域的可能性。

2.1.4 其他核准解密文件

本會已取得經國會同意解密的義國軍情局文件共 59 份(經電郵詢問義國會檔管機關，3 月 3 日獲復 2 月 8 日解密文件計 59 份，非媒體報導之 61 份，如圖 2.5)。

59 份文件中除編號 294/103 的文件外，尚有編號 294/86 和 294/87 之文件提及台灣；兩份文件內容指涉同一件事情，其中編號 294/86 的文件是給義大利國防部、編號 294/87 的文件是給義大利外交部，文件交付時間是 1996 年 9 月 16 日。

文件內容提到台灣和日本當時可能正在收集毒性的、化學的和放射性的廢棄物，以秘密地在各自國家以外進行處置；可能穿梭在其中交涉的是一名持有多本假護照(包含假造為柬埔寨外交官的身分)、名叫「唐毛(MAUV TANG)」的船客，而這批廢棄物最終應是在柬埔寨「施亞努市」附近海域沉沒。

由於該文件情資顯示沈船地點在柬埔寨附近海域，且我國至今未輸出任何放射性廢棄物，故排除與前述 294/103 解密文件的關連性。

★解密文件取得歷程：

- ◆ 2月20日：義國國會人士將目前開放下載之59份文件交予駐館官員。
- ◆ 2月21日：本會同仁通過身分審核下載關鍵解密文件(編號294/103)並開始著手內容的英文化、分配人員解讀等；外交部函轉駐義處第57號電併294/103文件中有關台灣部分(第5和第17頁)之英譯。
- ◆ 2月22日：陸續有其他同仁通過身分審核，累積收集解密文件計有27份。
- ◆ 2月23日：解密文件下載頁面似因更新而無法顯示，但於當日晚間修復。
- ◆ 2月24日：同仁通過身分審核下載另外的32份，至2月底開放下載之59份下載齊全；駐義處2月20日收到的59文件於本日快遞送達外交部。
- ◆ 3月1日：本會完成59份解密文件初步判讀。
- ◆ 3月3日：晚間收到義大利國會檔管機關回復，告知2月8日通過解密之軍情局文件為59份，非媒體所報導之61份。
- ◆ 3月8日：駐義處向義方國會人士確認2月8日通過解密之軍情局文件為59份。

2.2. 公民團體2月17日公布之義國國會資料

2.2.1 資料來源追溯

針對2月17日下午公民團體在監察院陳情時所提出有關義大利國會公布在網路上的資料

(http://www.camera.it/_dati/leg16/lavori/documentiparlamentari/indiceetesti/023/021/d020.htm，頁面截圖如圖 2.6)，本會亦即進行查證分析，了解其與本案的關聯性。

由於「核廢料傾倒台灣海域案」係來自義大利「Fanpage.it」網路媒體報導，其中提到義大利國會核准公開之解密資料指出，義商柯梅利歐(Giorgio Comerio)涉嫌協助「北韓」("Corea del Nord")，處理「20萬桶輻射廢料」("200.000 cask di residui radioattivi")，獲利高達「2億 2700 萬美元」("227 milioni di dollari")，且該批廢料最後處理地點可能於台灣區域內 ("nell' area di Taiwan")；初步查閱前揭公民團體所提之資料，其內容並未出現義國媒體有關本案台灣部分報導所出現的「北韓」、「20 萬桶輻射廢料」以及「2 億 2700 萬美元」等關鍵字眼。

另本會透過同仁以個人名義，向義大利國會的檔案資料庫(<https://archivio.camera.it/desecretazione-atti/commissione-parlamentare-inchiesta-sul-ciclo-dei-rifiuti-leg-XVI>)提出檔案下載申請時，在申請過程需提供申請人真實姓名、上傳申請者有效證件之掃描檔以供審核(如圖 2.7)；審核通過後義國方面始提供下載帳號、密碼與效期為兩天之下載點，並告知下載之文件不能隨意出版或散送出去，且文件 pdf 檔皆有申請者姓名之浮水印(如圖 2.8)。

綜合以上兩點，公民團體所提供的連結資料內容初步排除為義媒「Fanpage.it」所引述之軍情局解密文件。

進一步追溯公民團體所提供的連結資料內容，由於其網頁連結出現「leg16」、「XXIII」及「n. 21」等文件序號之資訊，經追查其為任期 2008-2013 第 16 屆國會，一份名為「消失的船」("navi a perdere") 相關事件的國會調查紀錄(封面如圖 2.9)，並非義媒「Fanpage.it」所

引述之軍情局解密文件；該報告可透過以下頁面自由下載取得：
<http://www.senato.it/leg/16/BGT/Schede/docnonleg/24345.htm>

2.2.2 「消失的船」調查報告內容概要與相關查證

「消失的船」報告係義國第 16 屆國會(任期 2008-2013 年)的「廢棄物循環調查委員會」，透過以往司法調查、港務紀錄、聽證紀錄及情報等多項相關文件，包含針對義大利國防單位的 Natale De Grazia 指揮官，以及義大利國家電台 Rai 的 Ilaria Alpi 與 Miran Hrovatin 兩位記者，因調查或採訪相關事件而遭謀害的案件司法或國會偵查結論等，以嘗試了解過去 30 多年非法運送有害廢棄物並傾倒於海域的相關事件脈絡；惟其內容未出現「北韓」(Corea del Nord)、「20 萬桶輻射廢料」(200.000 cask di residui radioattivi)以及「2 億 2 千 7 百萬美元」(227 milioni di dollari)等本案相關解密文件之關鍵字眼。

「消失的船」報告特別針對一名污點證人(Francesco Fonti)的說詞調查。Francesco Fonti 所言之相關事件起因於 1990 年左右，一批從義大利運送至黎巴嫩貝魯特港的有害廢棄物，被發現後暫時阻擋在港口，黎國政府遂要求義國政府應將其運回；然義國政府未取得黎國政府相關單位核准放行，就把這批廢料運回去。之後發現再運回義國的廢料桶數目有短少，所以傳出短少的廢料桶是被其他三艘船，即 "Cunski"、"Yvonne A"和"Voriais Sporadais"，載運至地中海其他地方棄置；但當時沒有確切消息指出這三艘船的行蹤，該傳言亦無疾而終。

直到 2009 年底，一位已被判 50 年刑期的黑幫份子，即 Francesco Fonti，在晚年健康情況不佳的情景中，向媒體透露當年就是他將這三艘船弄沉在地中海，遂引起相關單位關切並進一步調查了解 Francesco Fonti 的說法是否屬實。

「消失的船」報告中指出，根據「Vibo Valentia Marina」港務局 2009 年 10 月 14 日的紀錄，發現"Cunski"、"Yvonne A"和"Voriais Sporadais"的行蹤其實可能是：二艘於他國被解體，另一艘於台灣蘇澳外海沉沒。針對台灣蘇澳外海沉沒之船隻相關記載，出現在該份調查報告第 268 頁，內容是提及一艘名為「Glory Land」(該船原名 Voriais Sporadais、後更名為 Doto、沈船時已更名為 Glory Land)、載有不明貨櫃的船於 1990 年 1 月 13 日沉沒於台灣蘇澳附近海域，內文截圖如圖 2.10。

為了解「Glory Land」之行蹤，本會嘗試先透過網路搜尋「Glory Land」，發現有若干則關於該船沉沒的相關新聞報導，並初步研判其國際海事組織(IMO)編號可能是「5276898」，於 1990 年 1 月 20 日沉沒於上海與蘇澳之間的海域。

在得知該船 IMO 編號及可能沉沒海域後，本會即於 2 月 18 日上午致電交通部海事調查相關單位協助查證該船資料，並於 2 月 21 日發函環保署與交通部協助。2 月 21 日傍晚 4 點半左右，交通部相關人員就 2 月 18 日電詢查證的初步結果回電，告知該船可能於 1990 年(民 79 年)1 月 15 日以中文船名「光輝輪」申請進蘇澳港，並就主機故障的修復事由，向蘇澳港的港務單位進行海事報告，惟無該船的出港記錄。

針對「Glory Land」載運貨物部分，本會另查綠色和平組織 2010 年 6 月的「The Toxic Ships」報告第 9 頁指出，污點證人 Francesco Fonti 曾對媒體透漏當時 Voriais Sporadais (Glory Land 的原船名)載有 75 桶裝有各式毒性廢棄物和有害污染物的容器；此節亦與「消失的船」報告第 208 頁和第 226 頁就 Voriais Sporadais 可能載運物相關敘述相符。為取得進一步確切資料以研判「Glory Land」是否載運上述的有

害廢棄物，本會亦於3月10日函請財政部(關務署)協助查證。

2.3. 後續查證情形

本會於2月21日函請環保署及交通部協助查證該船(Glory Land)沉沒相關資料，俾供後續研判。環保署於3月6日回復，告知89年11月1日始公布施行「海洋污染防治法」，在此之前尚無法源根據執行海水水質監測作業，故無相關監測資料可供研判。

而交通部航港局於3月8日回復，告知1990年1月無商船沉沒相關資料，而該船於1990年1月12日曾以「光輝輪」名義到蘇澳港，並於同年1月15日因主機故障修復申請相關海事報告，但回復資料未見該船出港日期。

為進一步了解「光輝輪」的出港日期及載運貨物等資訊，本會已於3月6日函請外交部(副知國安局)、3月10日函請交通部，協助提供進一步資訊研判。

針對「Glory Land」載運貨物方面，財政部於3月24日回復告知，其針對「光輝輪」之相關檔案業依「海關檔案清理銷燬要點」第4點規定清理銷燬，故已無該船貨櫃載運物品相關資料可提供。

針對該船出港日期，交通部航港局4月5日回函告知「光輝輪」(Glory Land)船隻出港資料因年代久遠，已無紀錄留存；惟本會再比對交通部航港局3月8日回函所提供之資訊，仍有兩點需再進一步釐清：

- (一) 3月8日來函告知該局經洽臺灣港務股份有限公司，光輝輪(Glory Land)曾於民國79年1月12日到港；然該局4月5日之來函則表示經洽港務公司無該船進出港紀錄留存；

(二) 4月5日來函附件所提之資料庫系統無民國79年歷史資料，但並未說明是否有紙本紀錄留存。

針對上開兩點，本會已於4月10日再次函請交通部協助釐清。

2.4. 目前查證結果

根據原始軍情局解密文件研判的結果，由於當年台電北韓案最終並未執行，義商柯氏欲將廢料傾倒於台灣地區的企圖就無法遂行，故可以排除外電報導「20萬桶放射性核廢料傾倒台灣海域」的可能性。另查1990年1月可能在蘇澳外海沉沒之Glory Land船隻是否載有「有害廢棄物」及其相關動向，目前尚無確切資訊，仍須持續蒐集情資進行研判。本案目前調查概況，彙整如圖2.11。

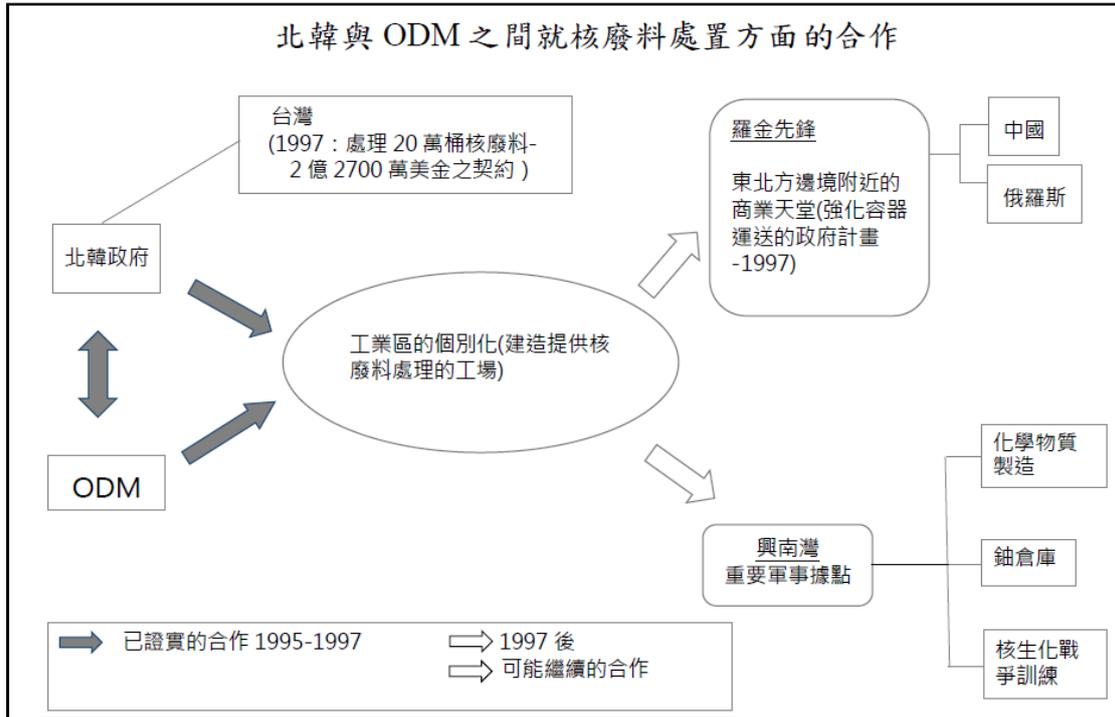


圖 2.1 北韓與 ODM 公司就核廢料處置方面的合作關係圖

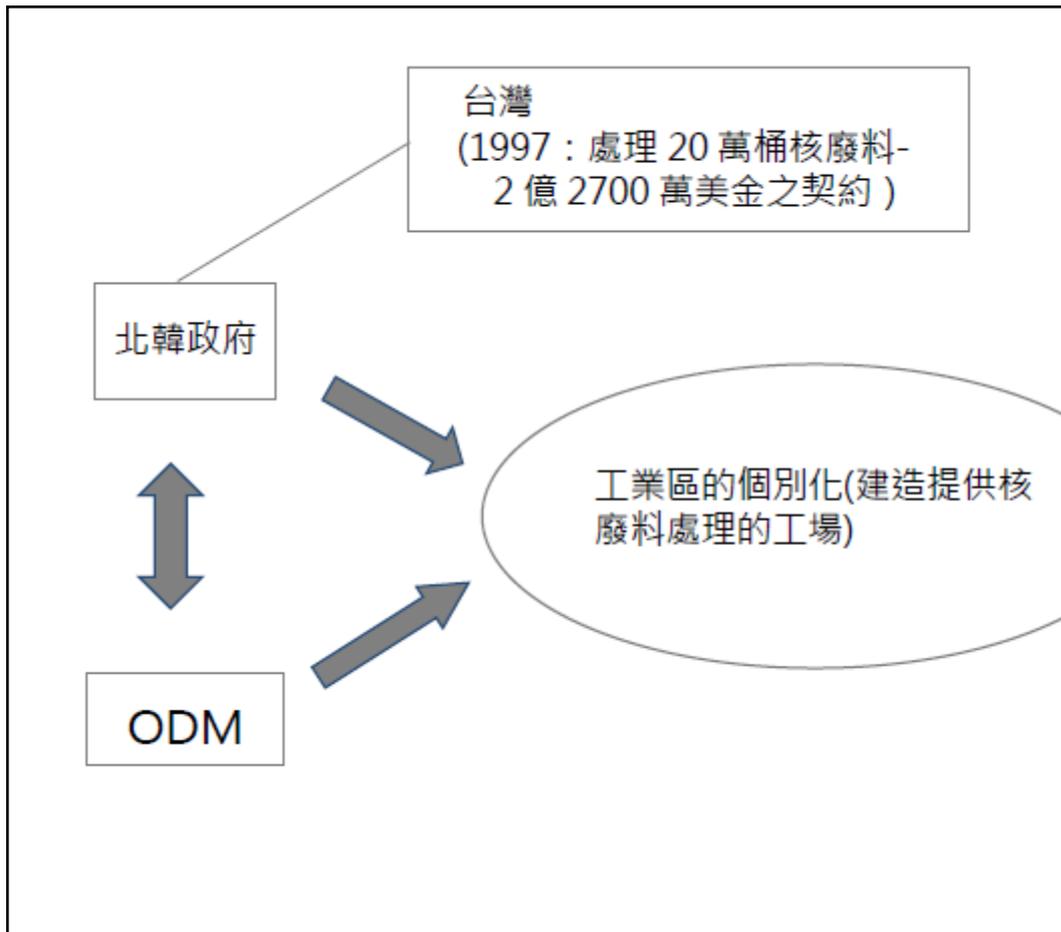


圖 2.2 「台灣-北韓-ODM」三者間關係之放大圖



圖 2.3 原始文件所呈現之因果關係流程圖

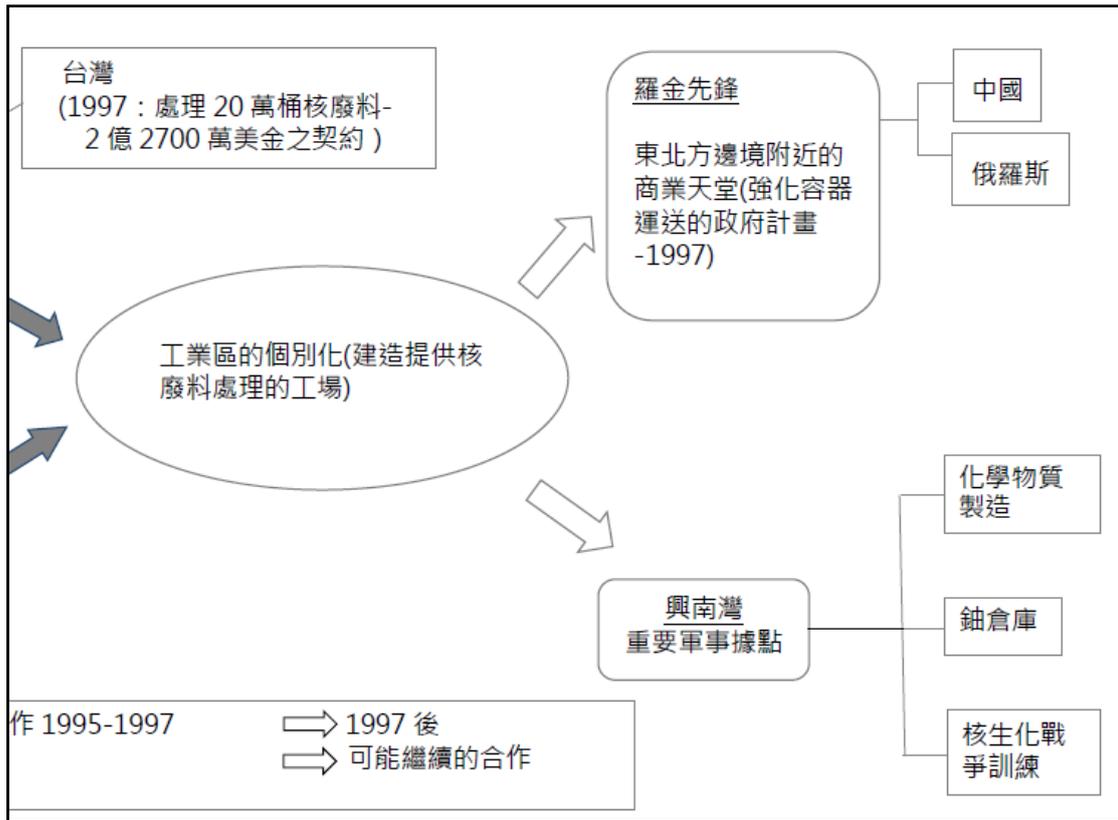


圖 2.4 原始文件附件 12 關係圖上的後續合作

於 星期五, 3月 3, 2017, 6:52 下午 · Segreteria Ars <ars_segreteria@camera.it> 寫道 :

Gentile [REDACTED]

Le comunico che, lo scorso 8 febbraio, la Commissione parlamentare d'inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti e su illeciti ambientali ad esse correlati ha deliberato la desecretazione di 59 documenti e non di 61 documenti, come da Lei rilevato.

Cordiali saluti

Stefania Proietti

Archivio storico della Camera dei deputati

Segreteria

圖 2.5 義大利國會檔管機關就 2 月 8 日解密文件數目之回復

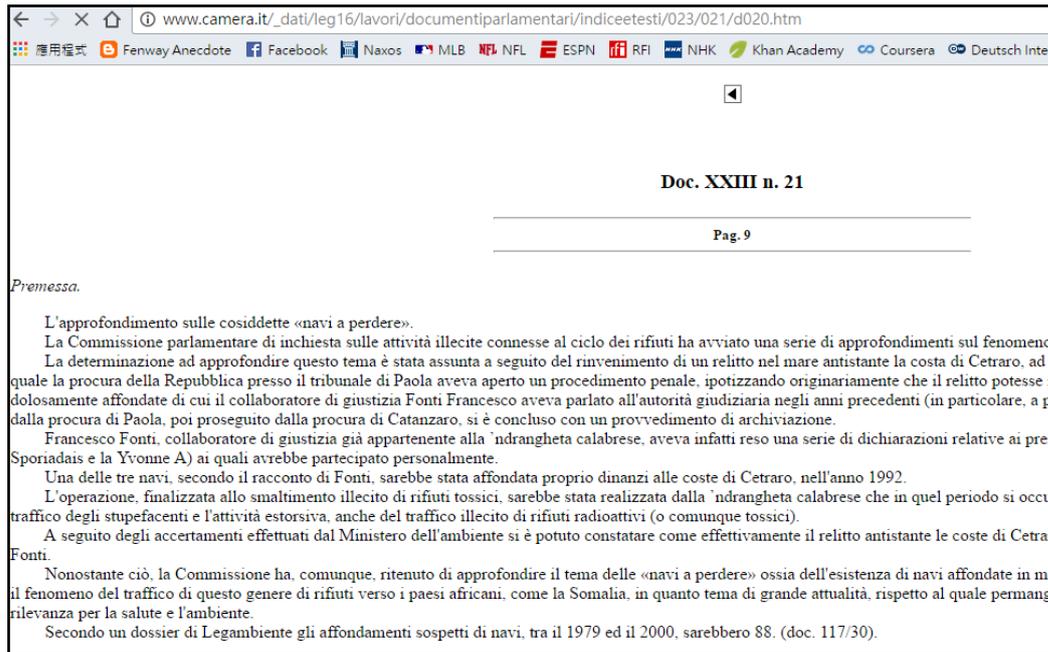


圖 2.6 2月17日下午公民團體陳情所提之資料頁面



圖 2.7 解密文件申請頁面

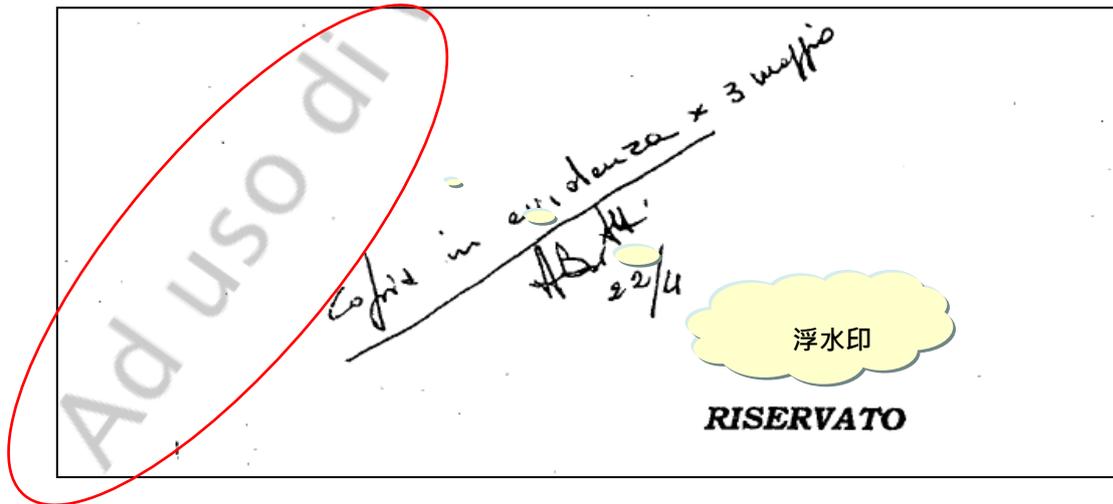


圖 2.8 下載之解密文件所印之浮水印樣式



圖 2.9 「消失的船」報告封面

la « Voriais Sporadis », dal 30 gennaio 1989 denominata « Doto », era affondata il 13 gennaio 1990 nel Mar di Cina – Suao Taiwan, con l'ultima denominazione di « Glory Land ». Nel 1993, pertanto, essa era affondata da circa tre anni ».

圖 2.10 「消失的船」針對蘇澳沉船事件之描述

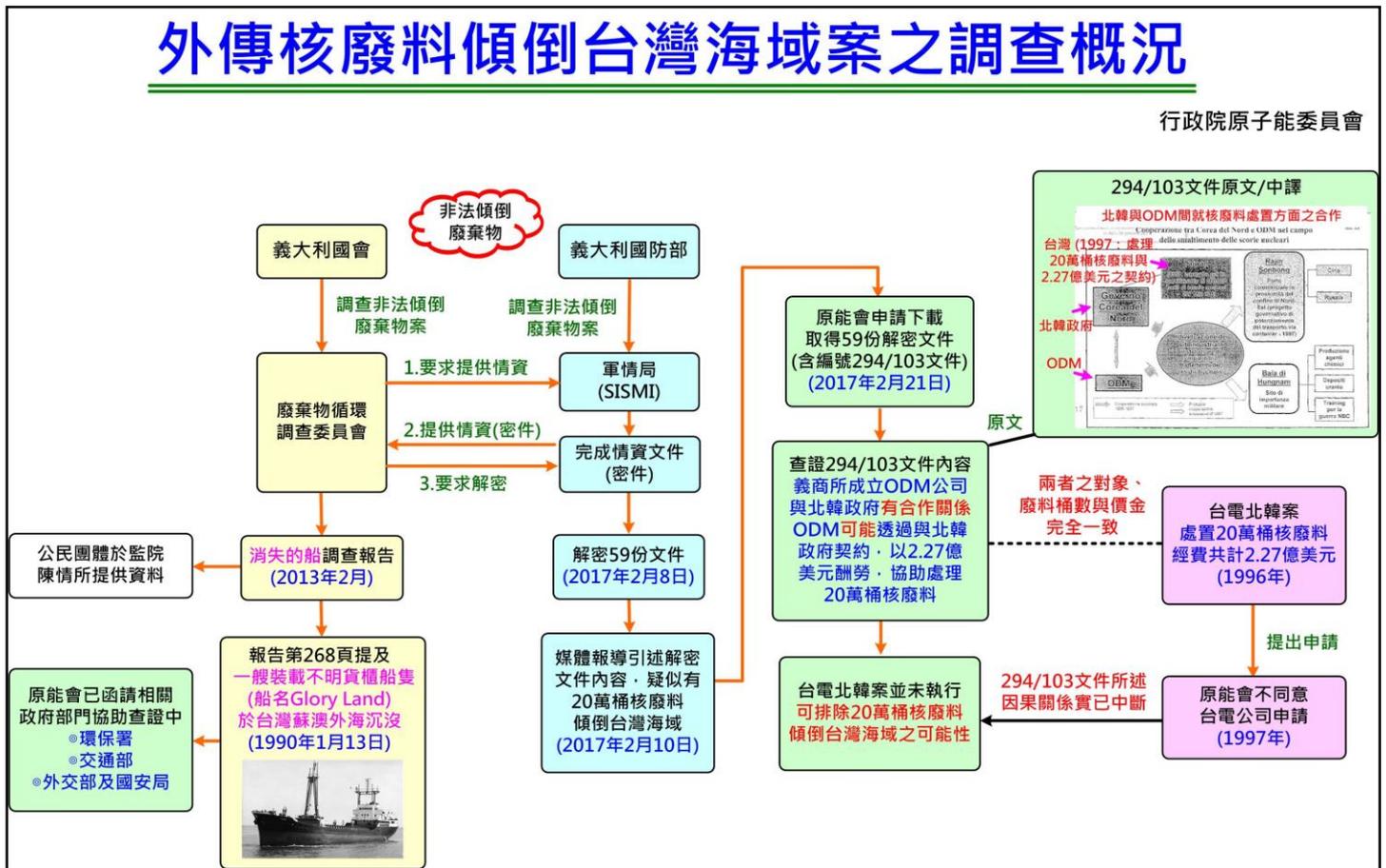


圖 2.11 查證概況流程圖

3. 台灣海域環境輻射監測資料

原能會輻射偵測中心為瞭解環境中放射性核種分佈與累積效應的情形，每年均定期執行台灣地區環境輻射監測，其中與海域相關之監測項目，包括海水及海魚、藻類等民生消費海產物。歷年檢測之數據，請參閱原能會輻射偵測中心「台灣地區放射性落塵與食品調查半年報」(<http://www.trmc.aec.gov.tw/utf8/big5/>;點選[資訊公開]、[放射性落塵與食品調查])。

3.1 台灣沿岸環境輻射監測作業

經彙整民國 82 年以來台灣海域環境輻射監測資料，其監測項目如圖 3.1 所示，海水取樣地點為基隆及高雄西子灣沿岸；海產物取樣地點則由北而南沿西部海岸涵蓋金山、萬里、新竹、彰化、嘉義、高雄及恆春等，海產物種類則包括魚類、蝦、貝類(牡蠣、蛤蜊)、花枝及海藻等。

3.2 台灣沿岸海水輻射監測結果

為瞭解來自核子試爆、核子事故或其他因素所產生的放射性污染物質隨著海水擴散對台灣沿岸海域造成影響，輻射偵測中心長期對基隆及高雄西子灣的海水進行輻射監測，自 82 至 105 年監測分析結果僅測得極微量銫-137 活度，變動圖如圖 3.2 所示，均遠小於環境試樣放射性調查基準。

3.3 台灣沿海海產物輻射監測結果

除海水分析之外，輻射偵測中心亦長期對西部沿岸的沿海產地及消費市場等魚類、海蝦、貝類、花枝及海藻等國人主要民生消費海產物進行輻射監測，自 82 至 105 年監測分析結果變動圖如圖 3.3 所示，其中海魚、貝類(牡蠣、蛤蜊)、海藻曾測得極微量銫-137 活度，均遠小於調查基準，研判係核子試爆落塵殘留所致；海蝦及花枝均未曾測得任何人造核種。

3.4 強化台灣沿岸海域環境輻射監測計畫

為因應境外核子事故如日本福島核電廠事故洩漏放射性物質、或非法核廢料傾倒海域等事件，放射性物質隨著洋流擴散污染台灣沿岸海域環境，輻射偵測中心自 106 年 3 月起強化沿岸海域之環境輻射監測，選定台灣沿岸海域共 9 個取樣點(如圖 3.4)，環境試樣包括海水、海產物及岸沙等，以建立台灣沿岸海域放射性核種含量水平，藉由趨勢變動分析將有助於發現污染來源，俾提早預警保障國人輻射安全及民眾之健康。

3.5 結語

歷年針對基隆及高雄西子灣海水之輻射監測，結果均為正常；對於沿海產地及消費市場抽樣之貝類、魚類、蝦及海藻，進行放射性檢測分析結果，亦均符合法規規定。106 年 3 月起執行「強化台灣沿岸環境輻射監測計畫」，目前監測結果：(1)岸沙：加馬能譜分析均未測得任何人造核種(2)海產物：加馬能譜分析之銫-137 活度小

於最低可測活度 (MDA) 至 0.3 貝克／千克·鮮重 (3)海水：加馬能譜分析之鈾-137 活度 0.0012~0.0021 貝克/升，皆符合法規規定。



圖 3.1 台灣海域環境輻射監測作業

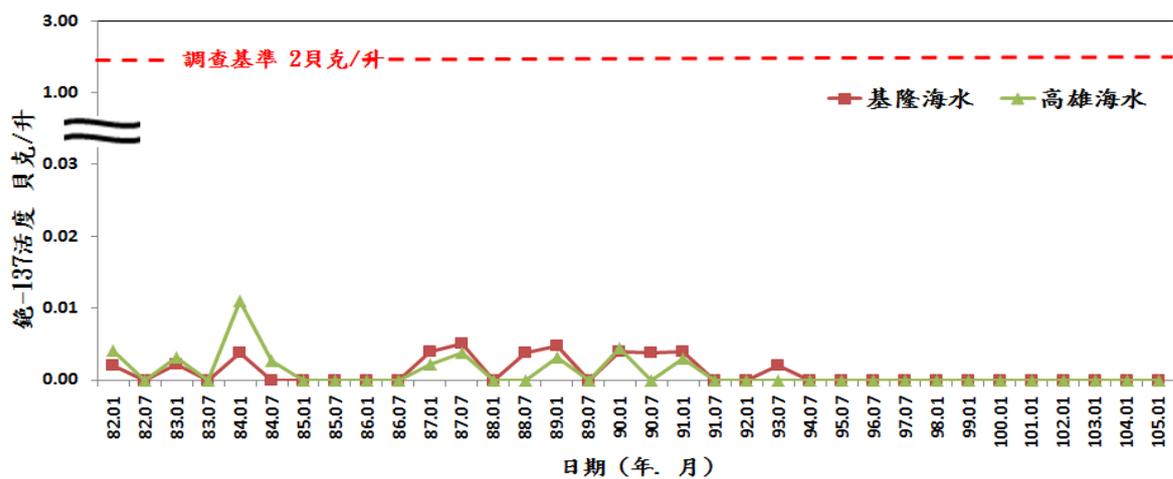


圖 3.2 台灣沿岸海水監測結果變動圖

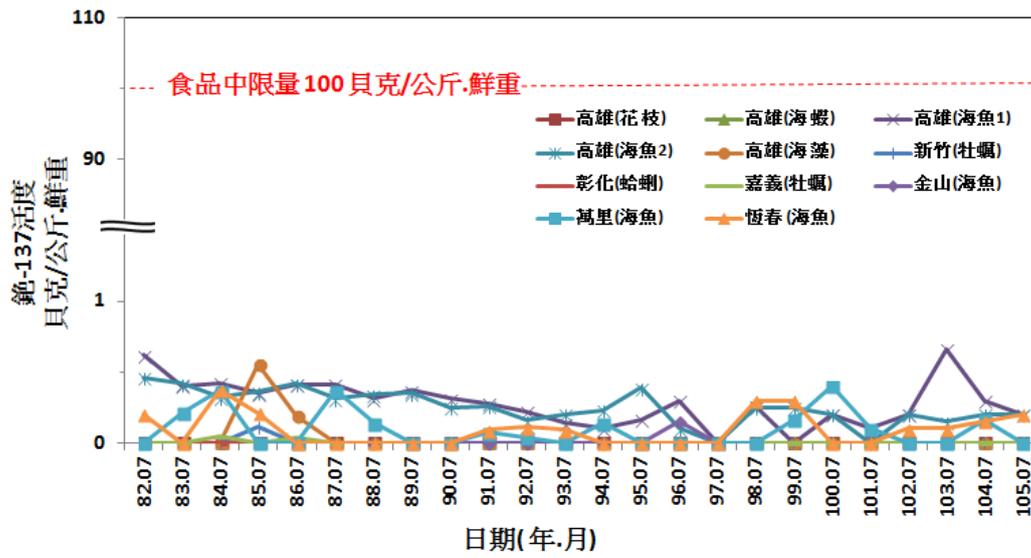


圖 3.3 台灣沿岸海產物輻射監測結果變動圖



圖 3.4 台灣沿岸地區取樣規劃作業區

4. 台灣南北部核電廠附近海域生態調查資料

4.1 背景說明

原能會於民國 63 年起委託中央研究院國際環境科學委員會針對北部核電廠附近海域進行長期性廣泛之海域生態調查工作，南部海域則於民國 68 年開始進行長期調查與研究工作，以了解各核能電廠營運對附近海域之影響，並希望藉由計畫之進行，可及時發現異常之污染物排放和正常排放下對生態之累積效應，以對電廠進行管制。其後考慮地緣因素，原能會於 82 年 7 月起，將南部核能電廠及蘭嶼貯存場(自 85 年度開始納入)附近海域生態調查改委託國立中山大學海洋科學研究中心執行。

86 年度時，原能會依照環境影響評估法第 18 條規定，開發行為進行中及完成後使用時，應由目的事業主管機關（經濟部）追蹤，並由主管機關（行政院環境保護署）監督環境影響說明書、評估書及審查結論之執行情形，因此有關台灣南北部核能電廠附近海域生態調查計畫，自 86 年度起移請經濟部辦理。上述計畫調查資料中有關放射性物質調查統計，亦可供本案研析台灣海域環境輻射狀況眾多參考資料的間接資料之一。

4.2 調查項目及放射性物質調查結果

因原計畫調查目的在於了解鄰近海域之非生物環境因子是否會因核電廠因素產生變化，致使原來的生態系中的生物因子產生變動。調查項目包括非生物環境因子（包括海潮流、海水溫度、及其物理與化學因子），及生物環境因子（包括基礎生產力、植物性與動物性浮游生物、底棲生物及魚蝦等生物），以及該等生物累積放射性物質及

漁業經濟效益調查統計與評估等。

原計畫中放射性物質調查項目包括核電廠及蘭嶼貯存場附近海水、海魚、海底沉積物、岸砂及藻類等試樣，故彙整近 30 年(民國 76~105 年)調查報告之分析結果，並將各年度分析之最大值製圖，如圖一至圖十二。而就媒體報導之核廢料可能棄置於台灣海域或有載運貨櫃之船隻沉沒乙事，可能影響台灣沿海之途徑，主要可由海水樣及海魚樣進行研析參考。

(一) 北部各核能電廠附近海域調查結果[1]：

1. 海水試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~0.0024 貝克/公升，低於「環境輻射監測規範」調查基準*2 貝克/公升(詳圖 4.1~圖 4.2)。
2. 海魚試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~18.1 貝克/公斤，低於調查基準 74 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~2.10 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~3.35 貝克/公斤，低於調查基準 40 貝克/公斤(詳圖 4.3)。
3. 沉積物試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~3.31 貝克/公斤，低於調查基準 740 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~8.66 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~53.5 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤(詳圖 4.4)。
4. 岸砂試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~2.55 貝克/公斤，低於調查基準 20 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~4.64 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~10.3 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤(詳圖 4.5)。

5. 藻類試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~2.85 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~10.20 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~52.00 貝克/公斤（詳圖 4.6）。

(*調查基準：為期環境輻射監測能及早發現異常並釐清肇因與檢討，原能會「環境輻射監測規範」訂有預警措施之調查基準，當核設施單位發現有超過該值時，應立即查證，並通報主管機關。而調查基準非屬法規限值，僅為示警之功能。)

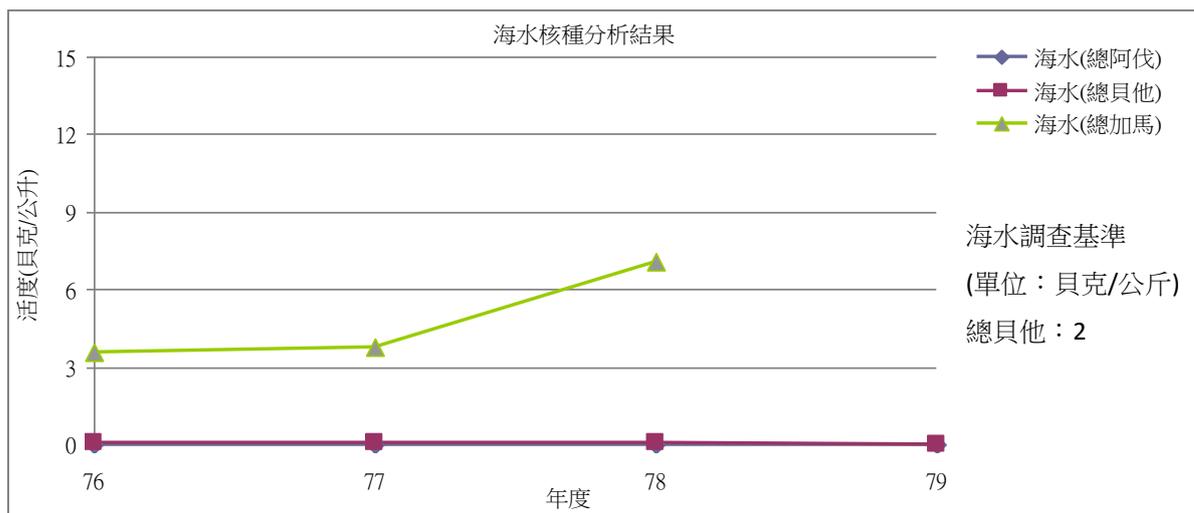


圖 4.1 北部海域生態放射性含量調查結果

(海水_76-79 年總阿伐、總貝他及總加馬分析)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 76-79 年計畫執行者主要進行總阿伐、總貝他及總加馬分析，其中總阿伐及總加馬未訂定標準，總貝他未超過調查基準，總貝他活度測定是最早用於測定放射性的方法之一，用於追蹤環境變化。
3. 79 年海水樣未進行總加馬分析。

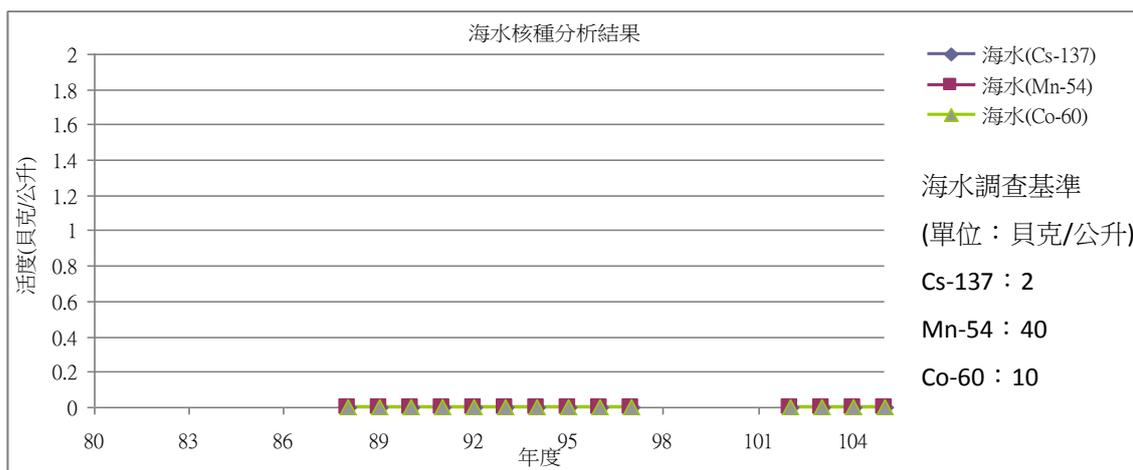


圖 4.2 北部海域生態放射性含量調查結果

(海水_80-105 年加馬能譜分析)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 80-87 年及 98-101 年未取海水樣進行核種分析。

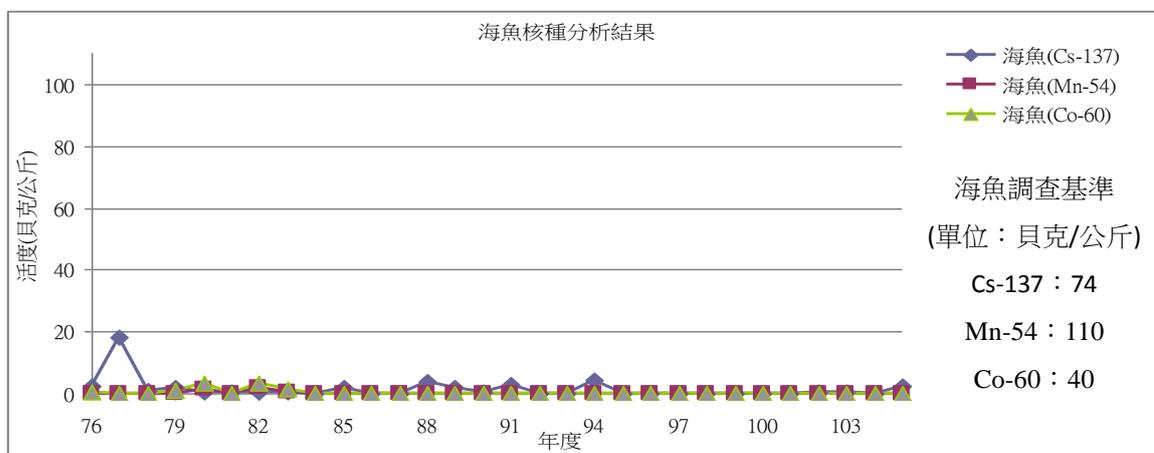


圖 4.3 北部海域生態放射性含量調查結果(海魚)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 77 年海魚測得較高 Cs-137，報告並未說明原因。

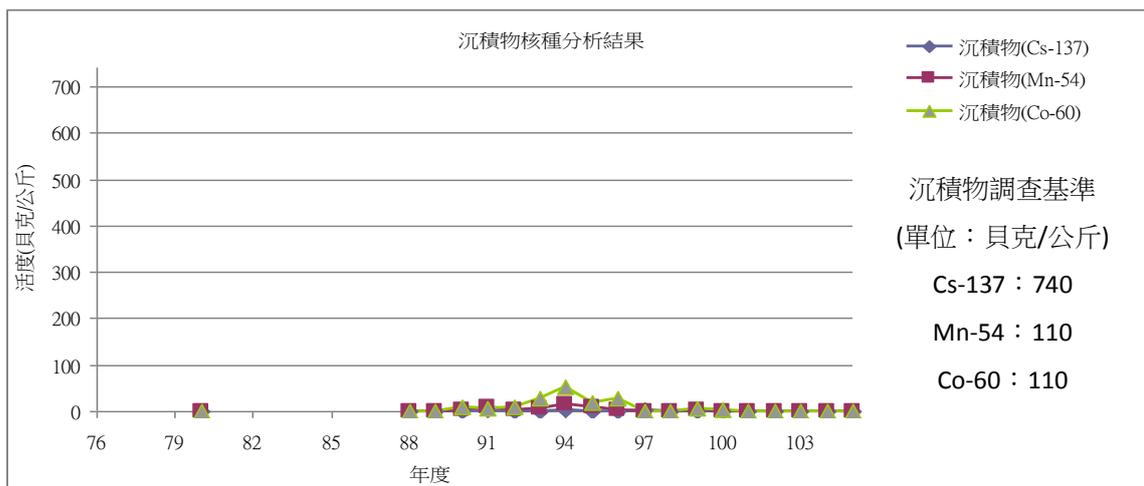


圖 4.4 北部海域生態放射性含量調查結果(沉積物)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 沉積物包括土壤、底泥與岸砂。岸砂 Cs-137 的調查基準為 20 貝克/公斤。
3. 76-79 年及 81-87 年未取沉積物進行核種分析。
4. 93-96 年沉積物測得 Co-60，據原報告研判為電廠排放累積效應所致。經查當年無異常排放情形

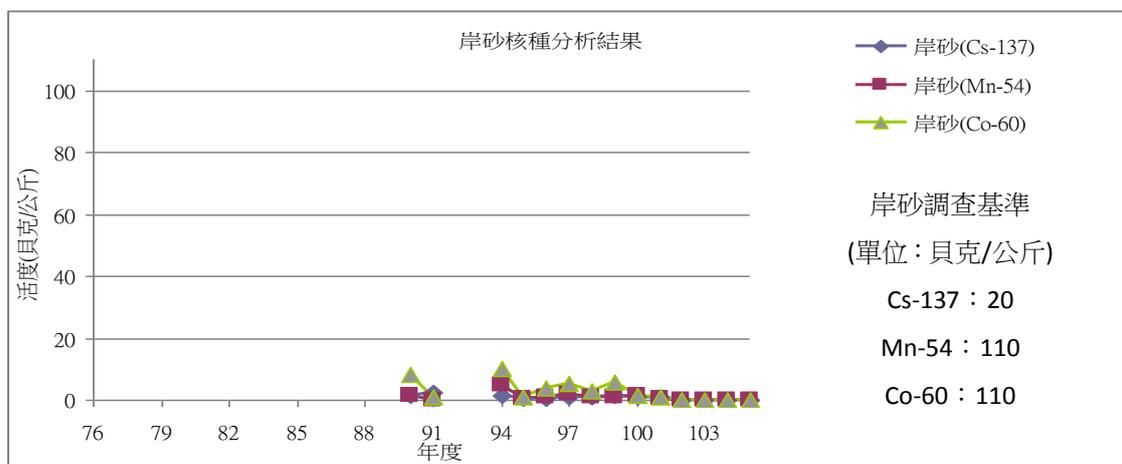


圖 4.5 北部海域生態放射性含量調查結果(岸砂)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 76-89 年及 92-93 年未取岸砂樣進行核種分析。

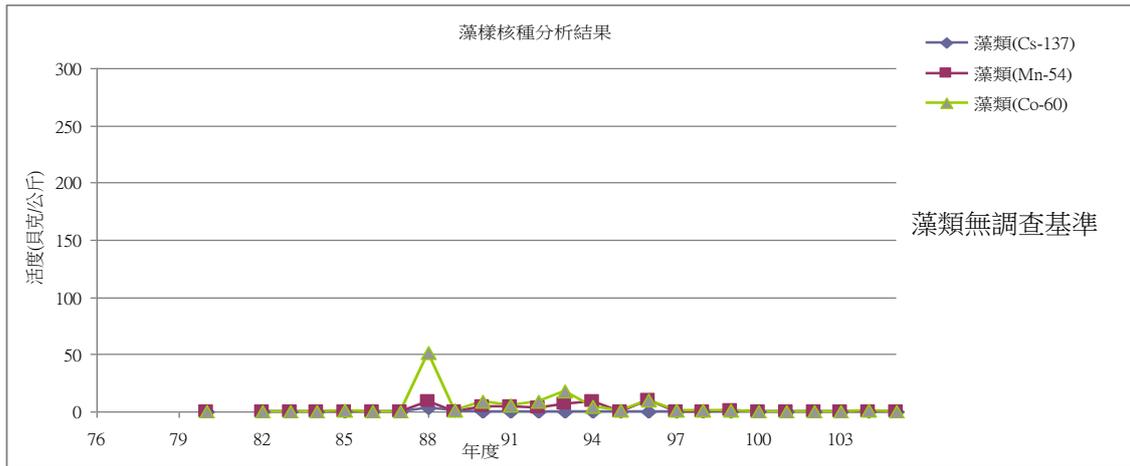


圖 4.6 北部海域生態放射性含量調查結果(藻類)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 「環境輻射監測規範」未訂定藻類調查基準。
3. 76-79 年及 81 年未取藻類進行核種分析。
4. 88 年藻類測得 Co-60，據原報告研判為電廠正常運轉下之排放。經查當年無異常排放情形。

(二) 南部核能電廠及蘭嶼附近海域調查結果[2]：

1. 海水試樣未測得人工放射性核種（詳圖 4.7~圖 4.8）。
2. 海魚試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~3.37 貝克/公斤，低於「環境輻射監測規範」調查基準 74 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~8.06 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~5.70 貝克/公斤，低於調查基準 40 貝克/公斤（詳圖 4.9）。
3. 沉積物試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~229 貝克/公斤，低於調查基準 740 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~0.30 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未

測得~44.70 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤（詳圖 4.10）。

4. 岸砂試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~2.79 貝克/公斤，低於調查基準 20 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~0.40 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~3.41 貝克/公斤，低於調查基準 110 貝克/公斤（詳圖 4.11）。

5. 藻類試樣 Cs-137 活度範圍為未測得~25.10 貝克/公斤，Mn-54 活度範圍為未測得~0.57 貝克/公斤，Co-60 活度範圍為未測得~5.22 貝克/公斤（詳圖 4.12）。

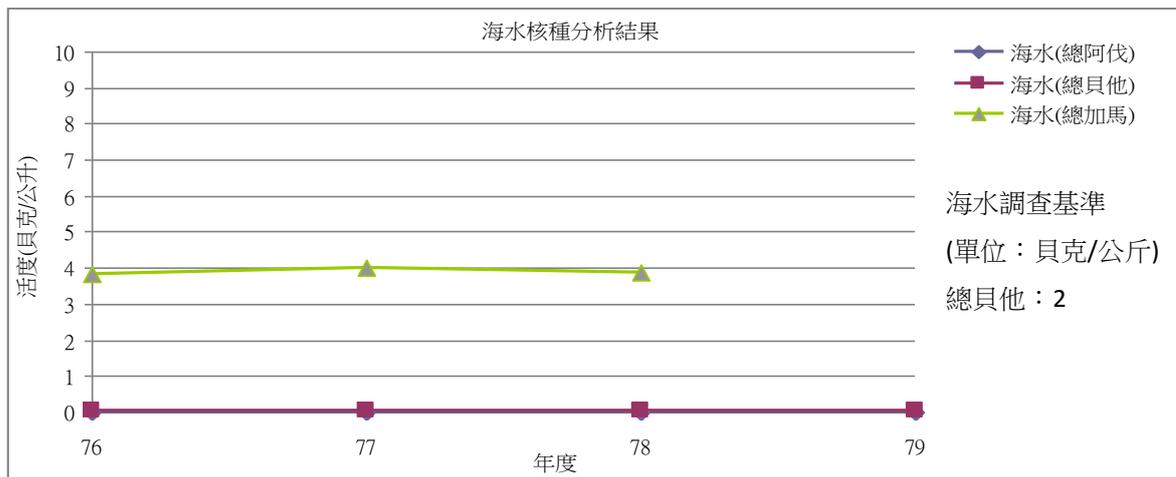


圖 4.7 南部海域生態放射性含量調查結果

(海水_76-79 年總阿伐、總貝他及總加馬分析)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 76-79 年計畫執行者主要進行總阿伐、總貝他及總加馬分析，其中總阿伐及總加馬未訂定標準，總貝他未超過調查基準，總貝他活度測定是最早用於測定放射性的方法之一，用於追蹤環境變化。
3. 79 年海水樣未進行總加馬分析。

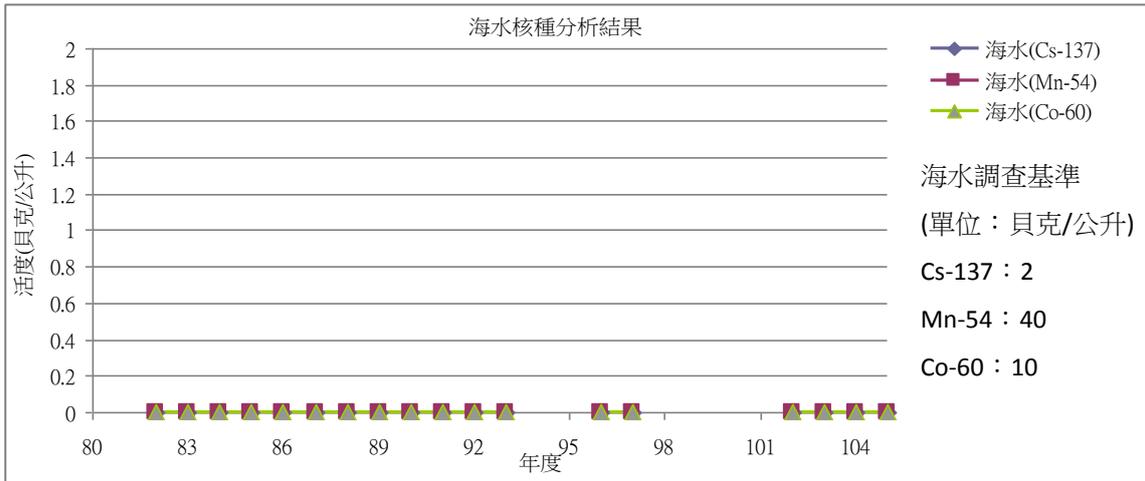


圖 4.8 南部海域生態放射性含量調查結果
(海水_80-105 年加馬能譜分析)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 80-81 年、94-95 年及 98-101 年未取海水樣進行核種分析。

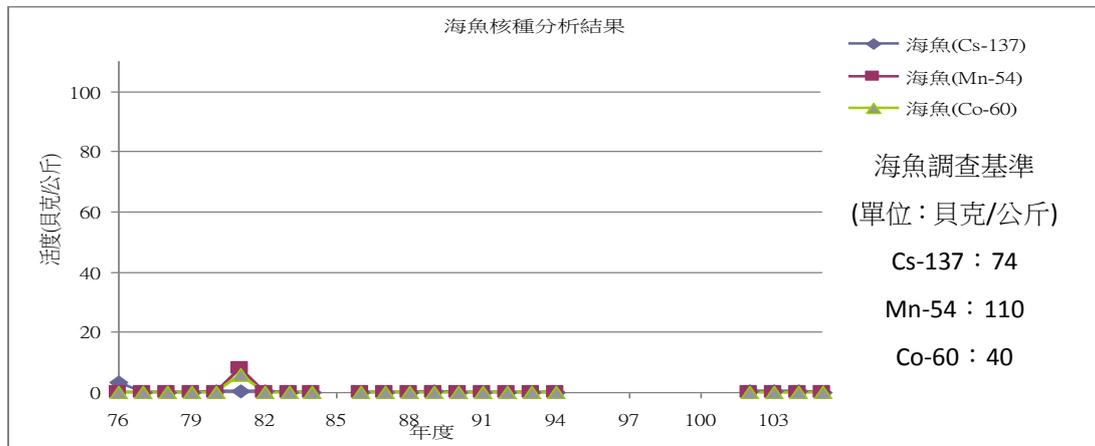


圖 4.9 南部海域生態放射性含量調查結果(海魚)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 85 年及 95-101 年未取海魚樣進行核種分析。
3. 81 年海魚測得 Mn-54 及 Co-60，據原報告研判可能為核電廠意外排放造成。

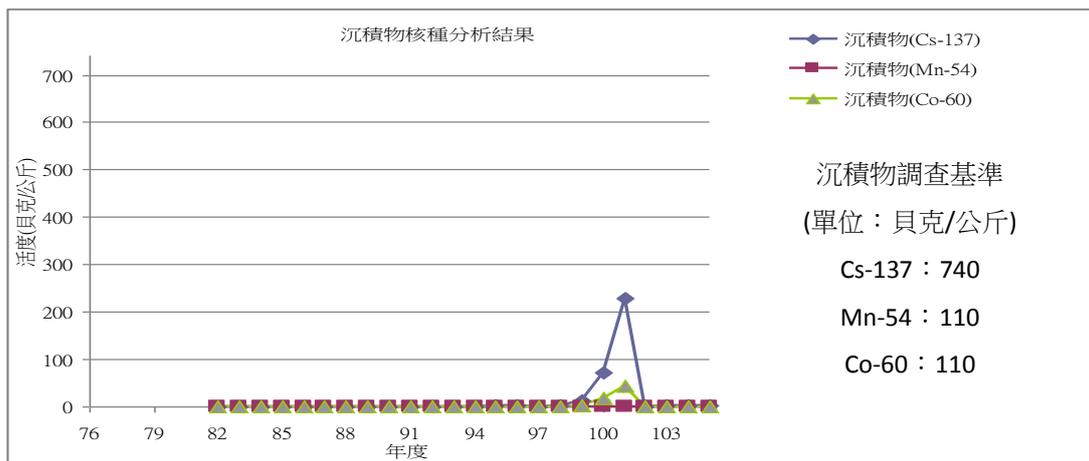


圖 4.10 南部海域生態放射性含量調查結果(沉積物)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 沉積物包括土壤、底泥與岸砂。岸砂 Cs-137 的調查基準為 20 貝克/公斤。
3. 76-81 年未取沉積物進行核種分析。
4. 99 -101 年沉積物測得較高 Cs-137 及 Co-60，據原報告研判為蘭嶼貯存場進行低放射性廢棄物桶檢整作業而造成。而隨著檢整工作結束後，數據亦下降。

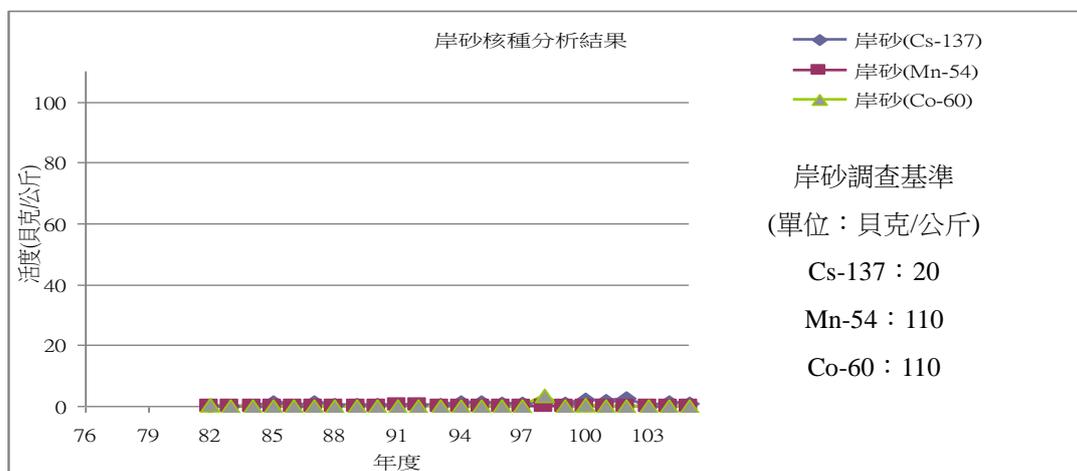


圖 4.11 南部海域生態放射性含量調查結果(岸砂)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 76-81 年未取岸砂樣進行核種分析。

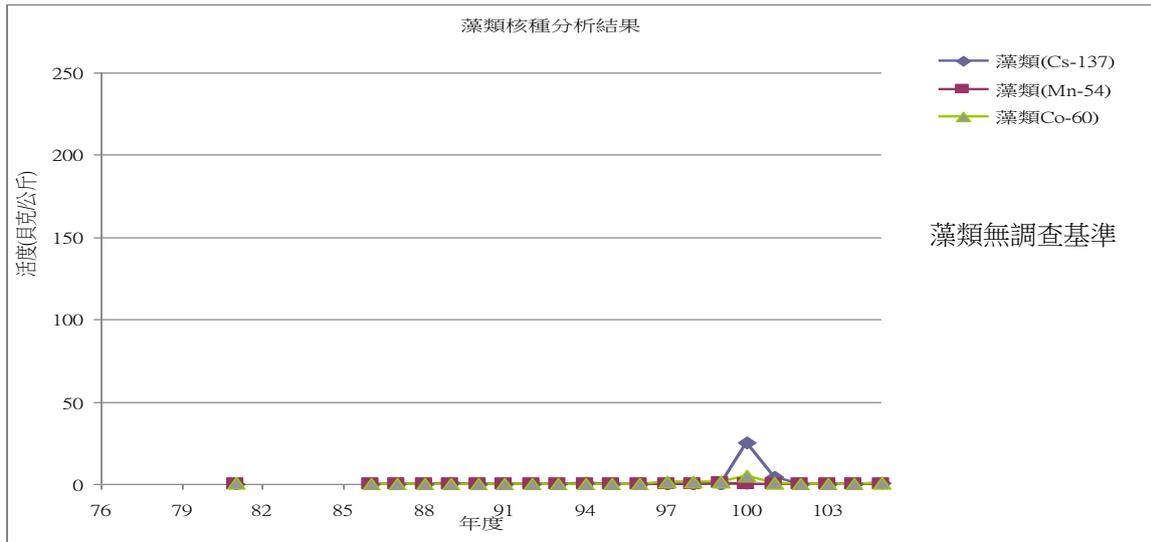


圖 4.12 南部海域生態放射性含量調查結果(藻類)

註：

1. 數據皆以當年最大值呈現。
2. 「環境輻射監測規範」未訂定藻類調查基準。
3. 76-80 年及 82-85 年未取藻類樣進行核種分析。
4. 100 年藻類測得較高 Cs-137，據原報告研判為蘭嶼貯存場進行低放射性廢棄物桶檢整作業而造成。而隨著檢整工作結束後，數據亦下降。

4.3 結語

由近 30 年南北部核電廠及蘭嶼貯存場附近海水、海魚、海底沉積物、岸砂及藻類等試樣調查分析結果可知，人工放射性核種 Cs-137、Mn-54 及 Co-60 皆未超過「環境輻射監測規範」調查基準。北部海域在民國 93 至 96 年，沉積物測得較高 Co-60，研判為電廠排放累積效應所致，經查當年無異常排放情形。而南部海域在民國 99 年至 101 年調查時，於蘭嶼貯存場面海測礁岸潮池底泥及藻類測得較高 Cs-137 及 Co-60，研判為蘭嶼貯存場進行低放射性廢棄物桶檢整作業而造成，原能會當時已針對此事於對外網頁[3-6]進行相關說明。

針對若有核廢料棄置於台灣海域，可能影響台灣沿岸途徑，主要可由海水樣及海魚樣進行研判分析，海水樣測得銫-137 的最大活度為民國 88 年之 0.0024 貝克/公升，低於調查基準 2 貝克/公升。而海魚樣主要測得銫-137，最大活度為民國 77 年之 18.1 貝克/公斤，低於調查基準 74 貝克/公斤，其他各年測得之銫-137，均小於 5 貝克/公斤，無特殊異常情形或趨勢，惟相關資料尚待後續長期觀察。

透過歷年台灣南北部海域生態調查資料研判，台灣核電廠及蘭嶼貯存場周遭海域生態輻射監測結果並無異常，惟如需藉此判斷台灣週邊海域輻射是否異常仍有不足，故有必要建立完整監測計畫，以調查台灣海域環境輻射狀況，俾供未來分析輻射監測數據之用。

5. 國際海洋輻射偵測研析

5.1 背景說明

海洋環境中的人工放射性核種，主要來自核爆落塵、核設施意外事故（1986 年車諾比事故、2011 年福島事故）、核設施排放、放射性廢棄物海拋、核子潛艦意外事故等，其中最主要的來源是 1960 年代的大氣中核子武器試爆所造成的全球性核爆落塵。

綜觀全球海域的放射性核種分布，各區域的分布狀況未必相同，這是因為放射性核種的來源可能是局部性的，且海洋為一動態環境系統，因此若要有系統地評估海洋中放射性核種的分布狀況，需同時具備放射核種來源及海樣動態系統相關的知能。

為了瞭解全球海洋放射性核種的分布情況，國際原子能總署 (IAEA) 設於摩那哥的海洋環境實驗室 (現已更名為環境實驗室摩那哥分部)，於 1998 年至 2001 年進行全球海洋放射性核種研究計畫 (Worldwide Marine Radioactivity Studies)，並於 2005 年出版 IAEA TEDOC-1429 報告[7]，其後更建置國際原子能總署海洋資訊系統 (IAEA Marine Information System, MARiS, <http://maris.iaea.org>)[8]，持續收集及整理國際上相關實驗室及已發表論文中的海洋放射性含量偵測結果，藉此對海洋中放射性核種的分布情況進行監控與了解，至 2016 年為止，該資訊系統已匯集超過 173,000 筆資料且仍持續更新中。

由於銫-137 (Cs-137) 是海洋中主要的人造核種，為了瞭解該核種在台灣鄰近海域的分布情形，本報告特摘錄 IAEA TEDOC-1429 之相關內容，並擷取 MARiS 資料庫的偵測數據，藉由對海洋表層海水

的 Cs-137 分布情形進行研析，評估海洋因核爆落塵、核子燃料再處理廠排放及核子事故而受到的影響。另有關全球其它海域之輻射偵測數據，詳請參考附件「國際海洋中銫-137 濃度偵測研析」。

5.2 研析結果

5.2.1 IAEA TECDOC-1429 有關太平洋之偵測數據

目前太平洋海域內海水與沉積物中，人造核種主要來自核子試爆所產生的落塵，而這些分布於平流層的核爆落塵，通過對流層傳遞到陸地和海洋表面，這種落塵的分布與緯度區域極為相關，最大濃度多分布於中緯度區域，最小濃度則為赤道和極點。此外，由於大多數大氣中核武試驗係於北半球進行，因此北半球核爆落塵的量遠超過南半球。人造核種在核試地點附近區域的地理分布與預期一致，隨後經由西北太平洋環流和赤道流和逆流系統重新分配(圖 5.1) [7]。另有關於海域中放射性核種隨深度變化的分布，則可透過調查底層水體中核種活度進行研究。

5.2.1.1 太平洋區塊劃分

IAEA 根據已知的洋流系統、核試地點、近年來研究數據和放射性核種分布可能性等，將太平洋依不同的緯度進行區塊劃分 (Box, 見圖 5.2 [7])，自 1971 年開始，已調查太平洋海域內 14 個區塊表層水中的放射性核種濃度，並藉由迴歸分析，取得表層水中放射性核種有效半化期的最佳估計值。

5.2.1.2 太平洋表層水 Cs-137 濃度

圖 5.3 [7]顯示 1991 至 1995 年及 1996 至 2000 年間，全球海

洋放射性資料庫 (Global Marine Radioactivity Database, GLOMARD) 中有關表層海水 Cs-137 含量的數據，並由此計算出太平洋內各區塊的平均放射性核種濃度，就 1991 至 1995 年的資料而言，雖然數據密度不高，但是仍如同預期，可明顯觀察到核種活度有著由南向北增加的趨勢，如南部 Cs-137 約為 0.6 毫貝克/升 (即 mBq/L)，到北部的日本海便增加至 2.7 mBq/L，而 1996 至 2000 年的資料亦有類似趨勢。太平洋海洋偵測之取樣點集中於西北部 (日本海附近)，該區域表層水 Cs-137 含量分布詳如圖 5.4 [7]。

5.2.1.3 太平洋表層水 Cs-137 核種活度變化時序

IAEA-TECDOC-1429 中，有比較 1971 年以來，太平洋 14 個區塊及其緣海的表層水 Cs-137 含量，並藉由迴歸分析，找出表層水內放射性核種的有效衰變常數和有效半化期的最佳估計值。這些數值可用於推估其他年度表層水中放射性核種的含量，並與相關地區近期測量的結果進行比較。

若將各區塊表層水內 Cs-137 活度進行衰變修正，至 2000 年時，其濃度如表 5.1 和圖 5.5 [7] 所示，各區塊內 Cs-137 濃度範圍約為 0.7 至 2.8 mBq/L (區塊 8 和 12 由於缺乏數據，故無法估計)，活度最大值出現在東赤道太平洋 (區塊 7) 海域，而最低值則出現在塔斯曼海域 (區塊 10)。

若比較南太平洋與北太平洋表層水的放射性偵測結果，可發現南太平洋海域中的放射性核種具有較長的有效半化期，而對於過去三十年此海域核種數據進行放射性衰變校正時，也可觀察到

表層水 Cs-137 (區塊 11 除外) 有逐漸增加的趨勢，如表 5.2 所示，北、赤道和南太平洋的 Cs-137 數據所對應的平均有效半化期，分別為 13 ± 1 (北)、 22 ± 5 (南) 和 29 ± 3 年 (赤道太平洋)，經彙整，太平洋整體的 Cs-137 有效半化期為 16 ± 4 年，這些數據暗示北太平洋因落塵所產生的 Cs-137 正逐漸遷移至南太平洋海域。

5.2.1.4 太平洋不同深度水層的 Cs-137 核種分布

本節聚焦於 Cs-137 核種於海水中不同深度的分布情形。1973 年的海洋地球化學研究計畫 (Geochemical Ocean Sections Study, GEOSECS) 曾於太平洋規劃取樣分析作業，由此提供許多海水中 Cs-137 活度剖面分布的調查數據，IAEA 1997 年再次於 GEOSECS 的取樣點展開偵測作業，以重新評估水層中核種濃度分布及變動情形。圖 5.6 [7] 為各研究計畫於西北太平洋的主要取樣點，事實上，太平洋海域放射性核種的數據，大都是使用 GLOMARD 資料庫中的數據來進行評估。水層中 Cs-137 剖面分別如圖 5.7 [7] 所示，依據 GEOSECS 與 IAEA 的調查數據，可發現海水中 Cs-137 活度隨時間推衍而顯著減少。

5.2.2 IAEA 海洋偵測資料庫 (MARiS) 有關台灣海域之偵測數據

為瞭解台灣海域的放射性分布及歷史變動趨勢，特引用 MARiS 資料庫於相關區域的偵測數據進行研析，並參考行政院農業委員會訂定的護漁範圍[9]，將查證範圍聚焦在北緯 $18^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、東經 $116^{\circ} \sim 127^{\circ}$ (如圖 5.8)。此外，為便於分析本次查證範圍內各海域放射性含量的變動趨勢，參考台灣鄰近海域的洋流流向，另將查證範圍概分為

A (台灣東北方)、B (台灣東南方)、C (台灣西方) 等三區。

經彙整 MARiS 資料庫，截至目前為止，於本次查證範圍共有 75 筆水樣 Cs-137 含量分析數據，其中 A 區 1972~2002 年共有 52 筆數據，B 區 1965~2002 年共有 15 筆數據，C 區 1966~1994 年共有 8 筆數據，其歷史數據詳如圖 5.9，結果顯示，歷史 Cs-137 活度最高為 16.65 mBq/L(1966 年)，若以衛生福利部「食品中放射性核素或放射能污染容許量標準」的限量作為比較參考基準(對於飲料及包裝水，Cs-134 與 Cs-137 總和: 10 貝克/公斤，約相當於 10,000 mBq/L)[10]，查證範圍內的水樣 Cs-137 含量為食品容許量標準的千分之二以下，此外，A、B 二區的 Cs-137 活度大致隨年份呈一下降趨勢，而 C 區因資料筆數較少，且變異較大，其數據於統計學上僅供參考，而以上三區之活度範圍及變動趨勢大致與 IAEA-TECDOC-1429 報告中有關太平洋鄰近區域的偵測數據接近，無明顯差異。

MARiS 資料庫現有數據顯示，C 區的數據較少，其偵測結果較難代表該區域實際的輻射狀態，此外，日本福島事故發生於 2011 年，然各區偵測數據均於 2002 年前取得，故無法藉此評估福島事故的影響，如需判斷台灣週邊海域是否有輻射異常仍有不足，因而有必要建立完整監測計畫，以釐清台灣海域環境輻射狀況。

5.3 結語

依據 IAEA TECDOC-1429 報告資料，各海域區塊的表層海水 Cs-137 濃度彙整如表 5.3，其結果顯示，2000 年後，除福島事故外，並無重大輻射污染事件，因此，此表數據可作為各海域是否受福島事故影響之參考值。台灣位於北太平洋區塊 4 之海域，依據表 5.3，其 Cs-137 參考濃度約為 1.5 ± 0.3 mBq/L，並無明顯差異。

依據國際原子能總署海洋資訊系統 (MARiS) 之現有資料，1965~2002 年台灣海域內共有 75 筆海水 Cs-137 含量偵測數據，其歷史最高值為 16.65 mBq/L (1966 年)，約為衛福部「食品中原子塵或放射能污染容許量標準」針對飲料及包裝水之容許量標準的千分之二以下，惟台灣西方海域的數據較少，這些數據較難代表該區域實際的輻射狀態，此外，福島事故發生於 2011 年，然台灣海域的偵測數據均於 2002 年前取得，故無法由這些數據評估福島事故的影響。

綜上，MARiS 資料庫雖蒐集了全球海洋輻射偵測的數據，惟其有關台灣海域的輻射監測資料相當有限，如需藉此判斷台灣鄰近海域輻射是否異常仍有不足，因而有必要建立完整監測計畫，以釐清台灣海域環境輻射狀況，俾供未來分析輻射監測數據時之用。

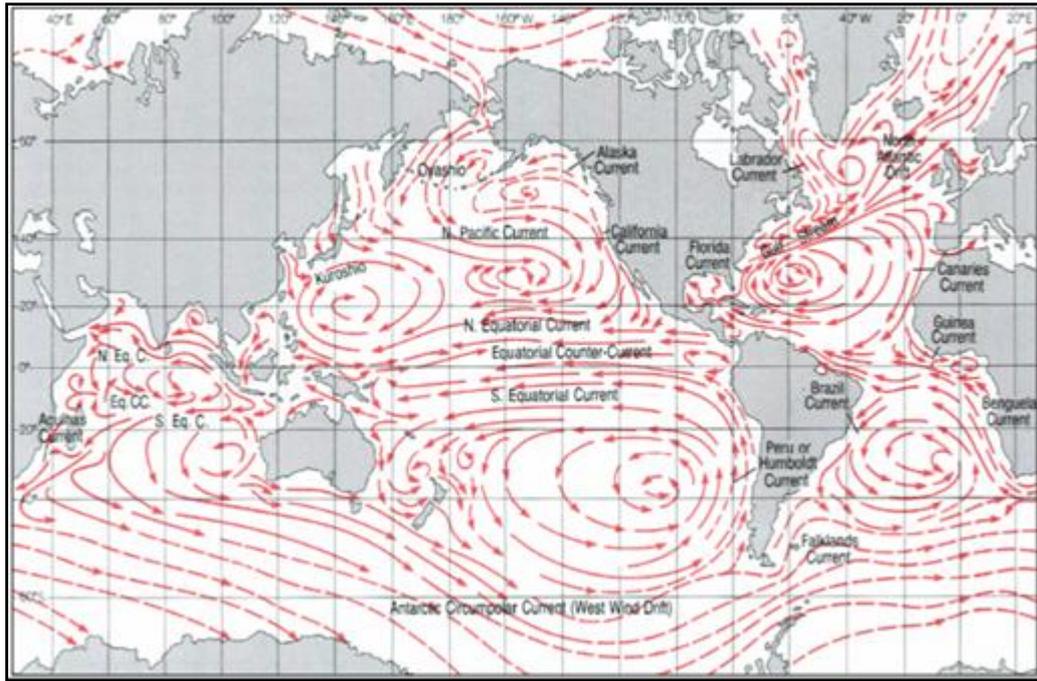


圖 5.1 全球表面洋流系統

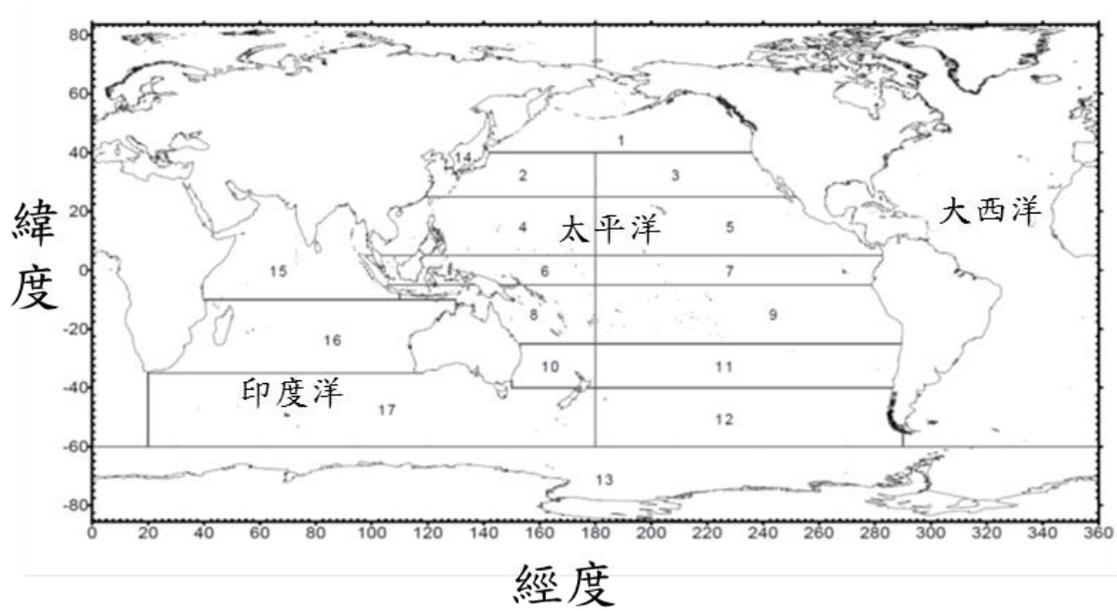


圖 5.2 太平洋與印度洋內調查區塊

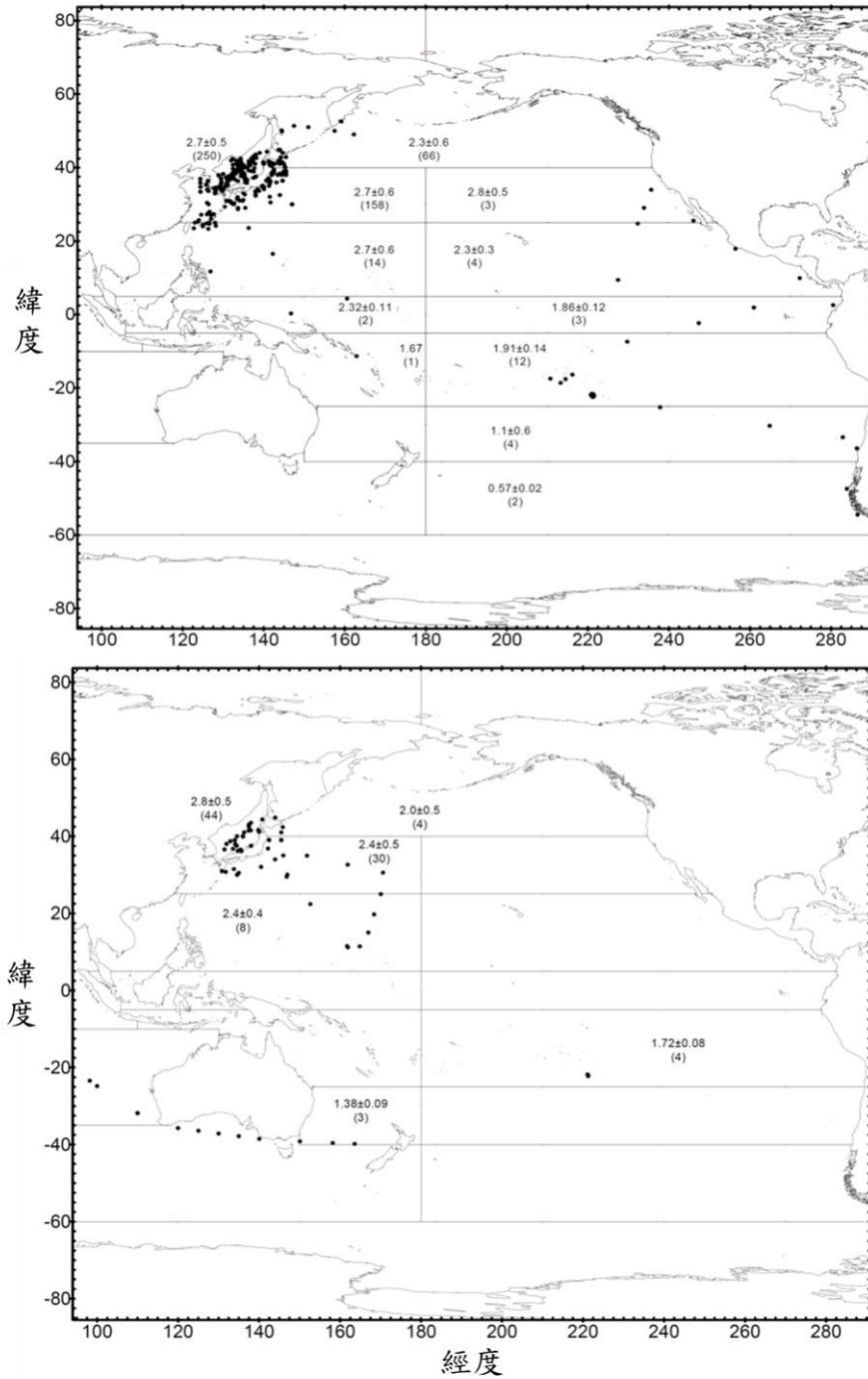


圖 5.3 表層水中 Cs-137 濃度

(上圖 1991-1995 年、下圖 1996-2000 年，單位 mBq/L)

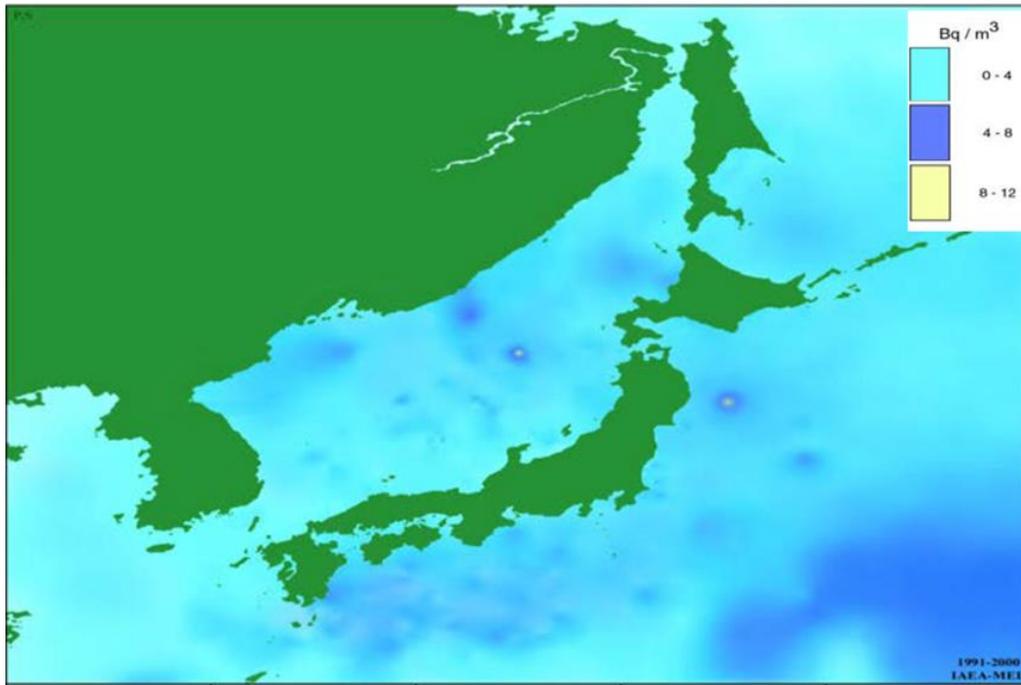


圖 5.4 1991-2000 年間西北太平洋內 Cs-137 濃度分布

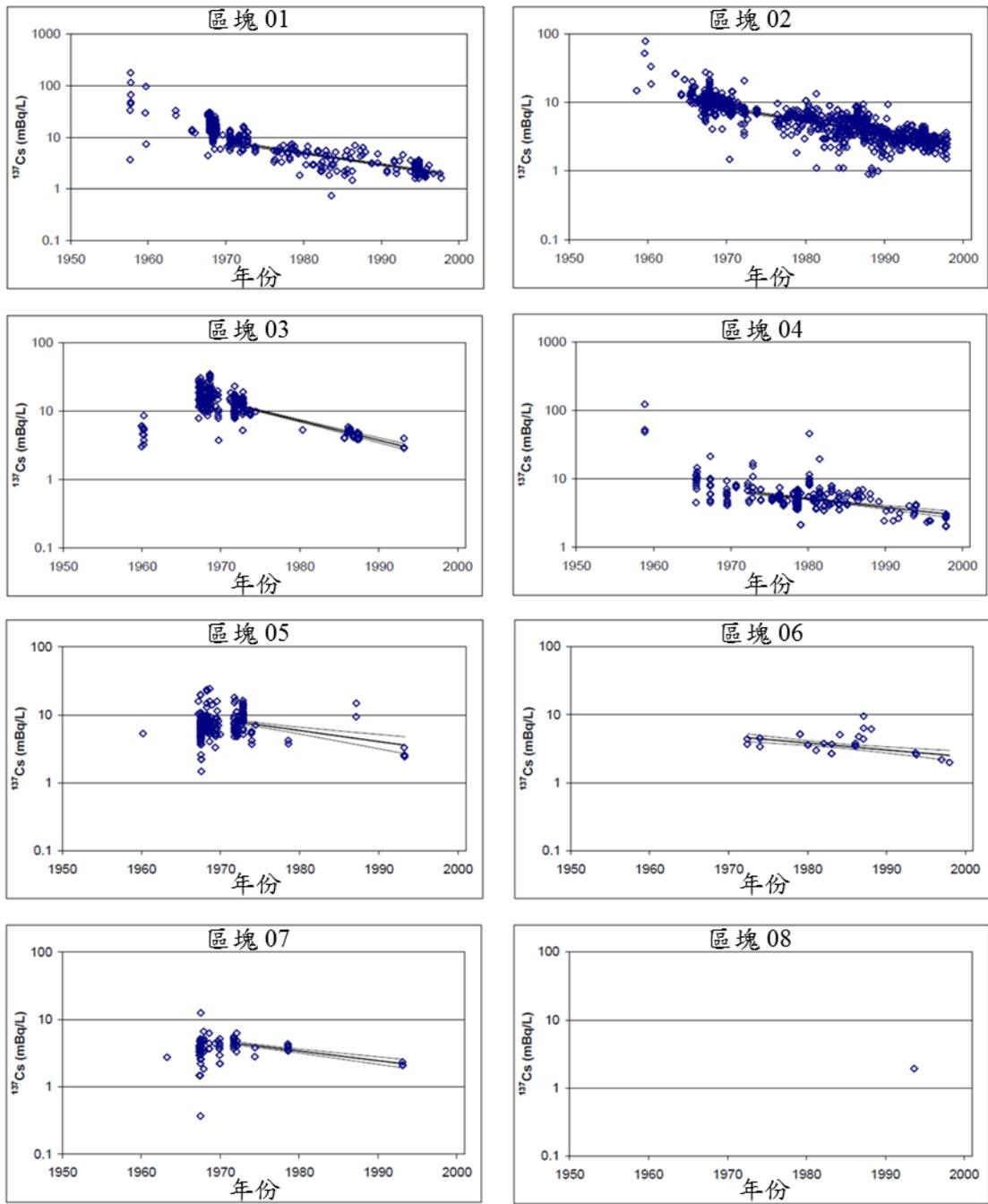


圖 5.5 太平洋表層水 Cs-137 濃度分布

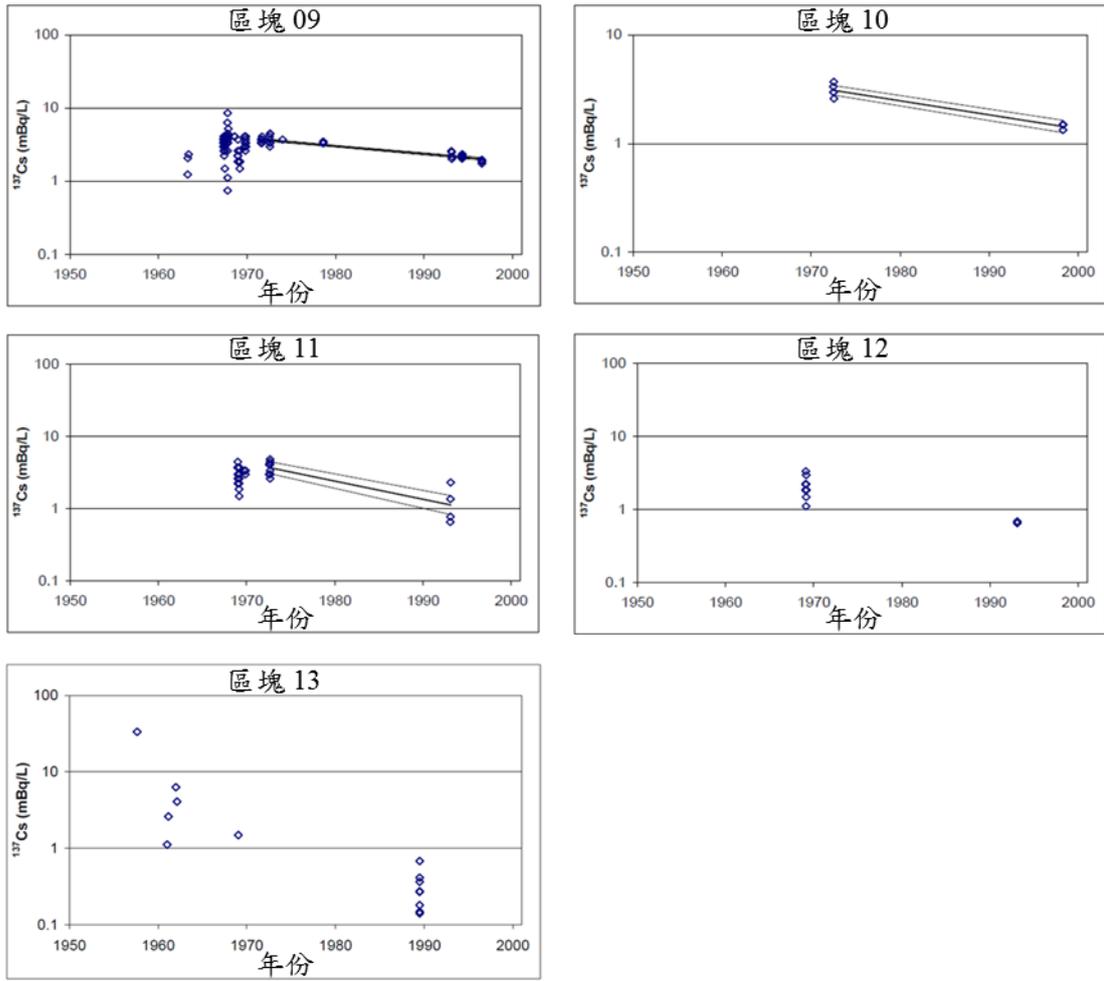


圖 5.5 (續) 太平洋表層水 Cs-137 濃度分布

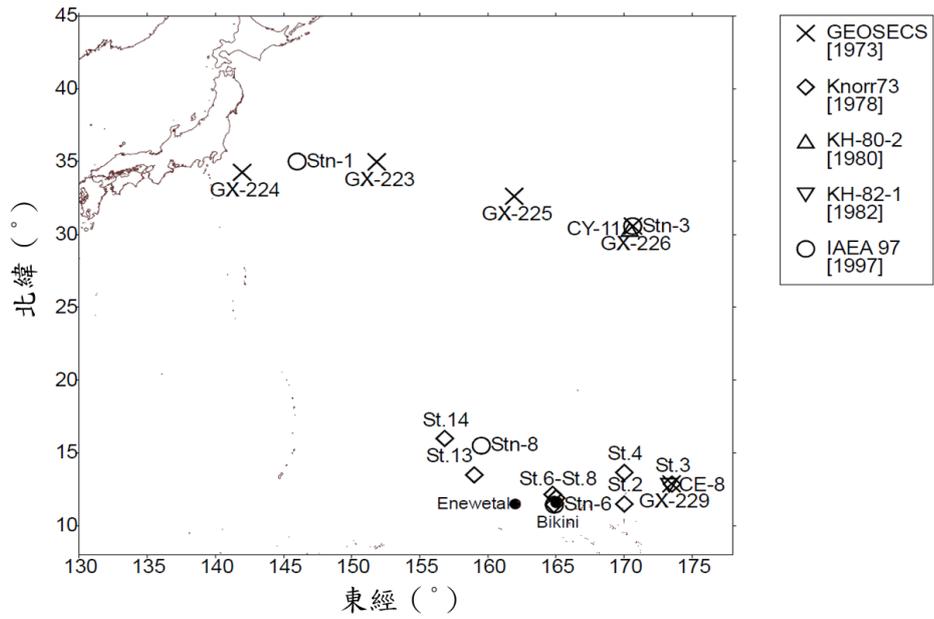


圖 5.6 西北太平洋取樣點分布圖

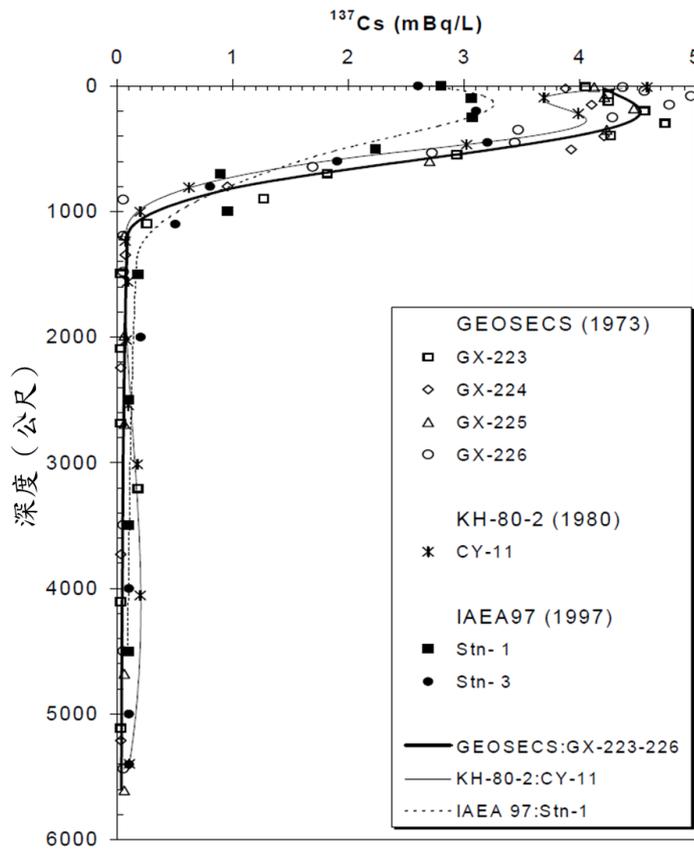


圖 5.7 GEOSECS 西北太平洋之 Cs-137 濃度剖面圖

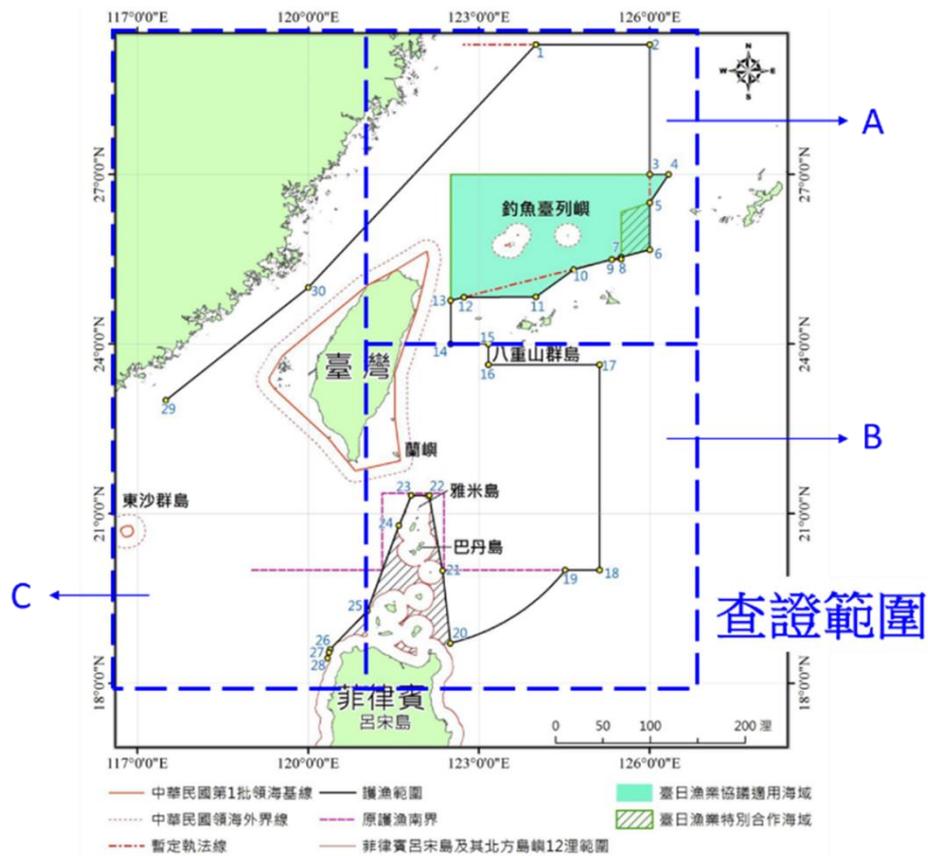


圖 5.8 以 MARiS 資料庫所查證之台灣海域

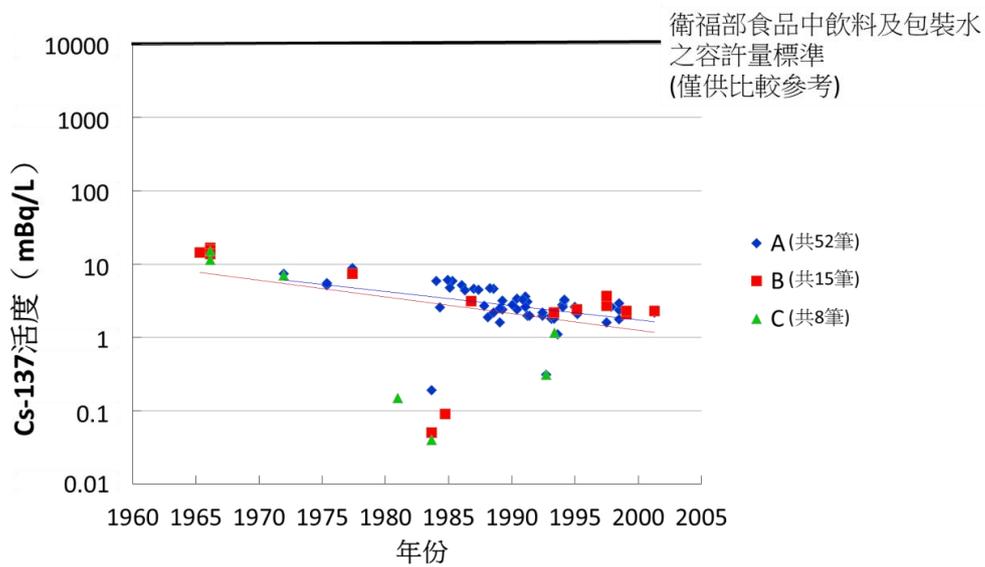


圖 5.9 以 MARiS 資料分析台灣附近海域表層水 Cs-137 濃度

表5.1 2000年表層水Cs-137的有效半化期與濃度

區塊 編號	有效 半化期 $T_{1/2} \pm 1\sigma$ (年)	2000年1月1日 的預估濃度 濃度 $\pm 1\sigma$ (mBq/L)	最近的量測資料			衰變修正至 2000年1月1日 的濃度值 (mBq/L)
			平均值 (mBq/L)	資料 筆數	量測 時間	
01	13.7 ± 0.8	1.7 ± 0.1	2.1 ± 0.5	4	1996-1997	2.0
02	16.5 ± 0.9	2.3 ± 0.1	2.6 ± 0.6	30	1996-1997	2.4
03	10.6 ± 0.5	1.9 ± 0.1	3.2 ± 0.6	3	1993	2.8
04	24.2 ± 3.1	2.8 ± 0.4	2.6 ± 0.4	7	1997	2.4
05	18.4 ± 4.2	2.7 ± 0.6	2.7 ± 0.4	4	1993	2.3
06	29.9 ± 7.7	2.4 ± 0.6	2.7 ± 0.1	2	1993	2.3
07	21.3 ± 3.0	1.7 ± 0.2	2.2 ± 0.1	3	1993	1.9
08			1.9 ± 0.4	1	1993	1.7
09	28.5 ± 1.6	1.8 ± 0.1	1.9 ± 0.1	4	1996	1.7
10	23.3 ± 2.6	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1	3	1998	1.4
11	11.9 ± 2.0	0.7 ± 0.1	1.3 ± 0.8	4	1993	1.1
12			0.6 ± 0.3	2	1993	0.6
13			0.1 ± 0.1	1	1994	0.1
14	19.0 ± 0.9	2.5 ± 0.1	3.0 ± 0.5	44	1996-1997	2.8
15	20.2 ± 1.9	1.5 ± 0.1	1.6 ± 0.3	17	1998	1.6
16	26.3 ± 4.9	1.9 ± 0.4	2.2 ± 0.3	7	1998-1999	2.1
17	12.7 ± 7.0	0.7 ± 0.4	1.1 ± 0.6	12	1998-1999	1.0
18	13.6 ± 1.5	2.8 ± 0.3	15 ± 3	1	1997	14
19				0		
20	4.2 ± 0.2	1.9 ± 0.1	3.8 ± 2.1	9	1997	3.6
21	14.1 ± 1.8	49.8 ± 6.5	66 ± 20	214	1996-1997	61
22	5.7 ± 0.3	4.5 ± 0.2	6.9 ± 3.1	137	1996-1999	6.5
23			57 ± 55	28	1999	57
24	6.9 ± 0.6	3.1 ± 0.3	4.5 ± 1.6	44	1996-1997	4.2
25	23.3 ± 1.8	2.3 ± 0.2	4.5 ± 2.9	15	1996-1999	4.2
26	7.3 ± 1.2	25 ± 3	30 ± 14	20	1996-2000	25
27			2.7 ± 0.4	15	1997-1998	2.6
28	14.9 ± 1.6	1.3 ± 0.1	1.8 ± 0.9	16	1996-1997	1.7
29	23.7 ± 5.7	1.4 ± 0.3	1.7 ± 0.2	5	1991-1993	1.4
30	20.2 ± 6.3	0.5 ± 0.1	0.7 ± 0.2	2	1993	0.6

註：區塊 1-14 為太平洋海域、15-17 為印度洋海域、18-30 為大西洋
海域

表5.2 太平洋表層水Cs-137的平均有效半化期

有效半化期±1倍標準差 (年)		
海域	區塊	¹³⁷ Cs
北太平洋	01-05	12.7 ± 1.4
赤道太平洋	06-07	28.6 ± 3.0
南太平洋	08-12	22.2 ± 5.2
全太平洋	01-12	15.9 ± 4.3

表5.3 全球各海域區塊表層海水Cs-137濃度

海域	區塊	有效半化期 (年)	修正至 2000 年 1 月 1 日活度 (mBq/L)	修正至 2017 年 1 月 1 日活度 (mBq/L)
North Pacific	1	13.7 ± 0.8	2	0.8 ± 0.2
	2	16.5 ± 0.9	2.4	1.2 ± 0.3
	3	10.6 ± 0.5	2.8	0.9 ± 0.2
	4	24.2 ± 3.1	2.4	1.5 ± 0.3
	5	18.4 ± 4.2	2.3	1.2 ± 0.3
Equatorial Pacific	6	29.9 ± 7.7	2.3	1.6 ± 0.2
	7	21.3 ± 3	1.9	1.1 ± 0.1
South Pacific	8	*	1.7	1.1 ± 0.3
	9	28.5 ± 1.6	1.7	1.1 ± 0.1
	10	23.3 ± 2.6	1.4	0.8 ± 0.1
	11	11.9 ± 2	1.1	0.4 ± 0.3
	12	*	0.6	0.4 ± 0.2
Antarctic	13	*	0.1	0.1 ± 0.07
Sea of Japan	14	19 ± 0.9	2.8	1.5 ± 0.3
Arabian Sea	15	20.2 ± 1.9	1.6	0.9 ± 0.2
Indian Ocean	16	26.3 ± 4.9	2.1	1.3 ± 0.2
Southern Ocean	17	12.7 ± 7	1	0.4 ± 0.3
Arctic Ocean	18	13.6 ± 1.5	1	0.4 ± 0.1
	19	*	*	*
Barents Sea	20	4.2 ± 0.2	3.6	0.2 ± 0.1
Baltic Sea	21	14.1 ± 1.8	61	26.4 ± 8.5

North Sea	22	5.7 ± 0.3	6.5	0.8 ± 0.4
Irish Sea	23	*	57	38.5 ± 37
English Channel	24	6.9 ± 0.6	4.2	0.8 ± 0.3
North N. Atlantic	25	23.3 ± 1.8	4.2	2.5 ± 1.7
Black Sea	26	7.3 ± 1.2	25	5.0 ± 2.7
Mediterranean Sea	27	*	2.6	1.8 ± 0.3
North Atlantic	28	14.9 ± 1.6	1.7	0.8 ± 0.4
Central Atlantic	29	23.7 ± 5.7	1.4	0.9 ± 0.2
South Atlantic	30	20.2 ± 6.3	0.6	0.3 ± 0.1

* IAEA-TECDOC-1429 無相關數據。

6. 國際核廢料海拋資訊研析

6.1 倫敦公約禁止核廢料海拋

1946 年起，歐美許多國家對低放射性廢料採海洋處置方式，於太平洋、北大西洋等地，海拋放射性廢棄物[11]。國際原子能總署 (IAEA) 於 1961 年起提出一系列建議文件，主要係提出放射性廢料海洋處置之相關管理規定，以確保處置作業不會對海洋環境造成不良影響。為防治海洋污染，聯合國於 1972 年制定「防止傾倒廢料及其他物質污染海洋公約」簡稱倫敦公約[12]。1974 年國際原子能總署向倫敦公約提交了第一份暫行定義和建議書[13]。

1980 年初，大部分倫敦公約簽約國，對持續進行之低放射性廢料海洋處置愈感不妥，於 1983 年則提出「禁止所有放射性廢料海洋處置」之議案，並決議通過「暫停所有放射性廢料海洋處置行為」。

1986 年第十次會議成立跨國放射性廢料海洋處置專家委員會 (IGPRAD, Inter governmental panel of experts on radioactive waste disposal in the sea)，以研究低放射性廢料海洋傾倒所涉及之政治、法律、經濟和社會問題[14]。在該委員會未提出最後報告前，放射性廢料海洋傾倒之行為依舊暫停。IGPRAD 於 1993 年提出最終報告，該次會議通過自 1994 年 2 月起，禁止所有放射性廢料傾倒於海洋，1996 年起工業廢料亦在禁止名單之列。表 6.1 為倫敦公約禁止海拋放射性廢棄物大事紀。

表6.1 倫敦公約禁止海拋放射性廢棄物大事紀

時間	重要紀事
1946 年	美國曾在太平洋東北，距離美國加州海岸 80 公里處進行第一次海拋。
1957 年	IAEA 召開第一次放射性廢棄物海洋處置集體諮詢會議。
1958 年	聯合國召開第一次海洋法會議(UNCLOS I)。
1972 年	通過「防止傾倒廢棄物及其他物質污染海洋公約」，簡稱倫敦投棄公約(London Convention 1972)。
1975 年	倫敦投棄公約正式生效，禁止高放射性廢棄物進行海拋。
1983 年	倫敦投棄公約第 7 次會議決定，禁止海拋低放射性廢棄物。
1988 年	IAEA 發表技術報告系列 288 號 (IAEA Technical Reports Series No. 288)，評估低放射性廢棄物之深海處置對於海洋生物的影響。
1993 年	俄羅斯完成海拋高放射性廢棄物報告，包含前蘇維埃社會主義共和國聯盟所產生的用過核子燃料及其他海拋位置。
1994 年 2 月 20 日	全面實施禁止進行海洋處置。

6.2 國際核廢料海拋地點研析

依據國際原子能總署的技術報告(文件編號 IAEA TECDOC-1105)，國際間從 1946 年到 1993 年間，共有 13 個國家(若含俄羅斯則為 14 個國家)進行海拋，分布於北極洋、大西洋、與北太平洋等處(圖 6.1)，各國提報國際原子能總署的海拋放射性廢棄物數量，統計如表 6.2。曾於北太平洋海拋處置放射性廢棄物的國家有日本、韓國、美國、前蘇聯及俄羅斯，但海拋地點不包括台灣附近海域。

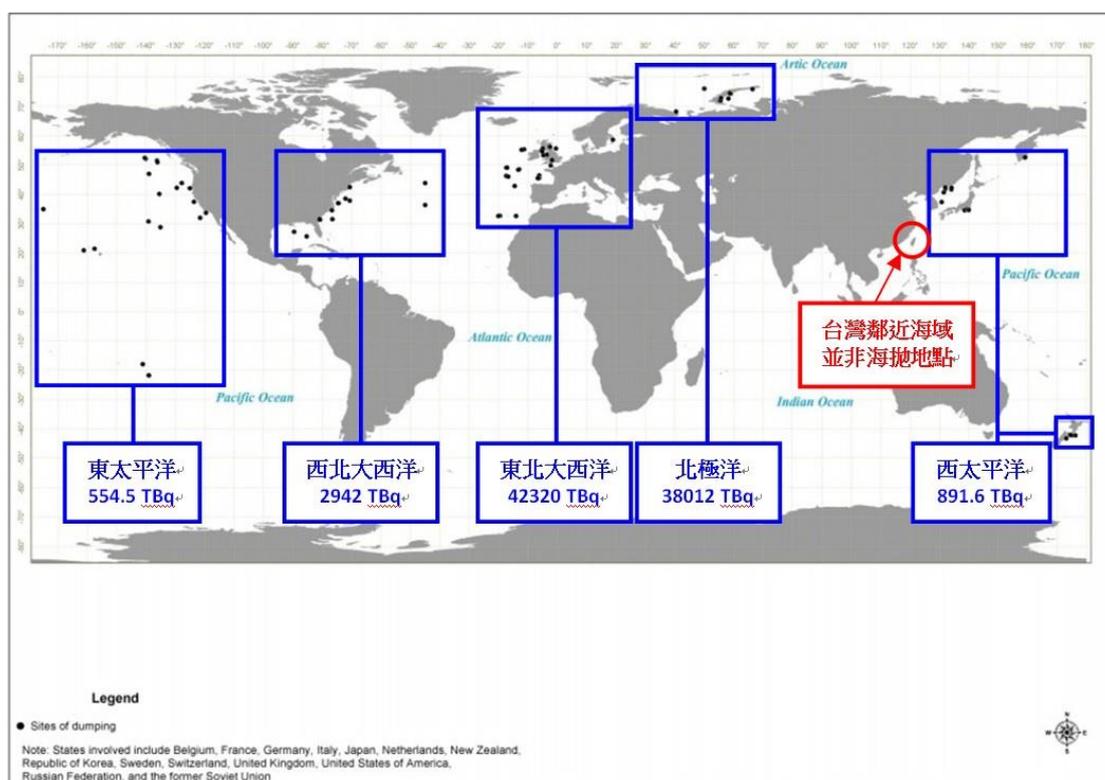


圖 6.1 全球放射性廢棄物海拋地點，確認台灣海域並非海拋地點

表6.2 國際原子能總署統計各國低放射性廢棄物海拋資訊

國家	放射性廢棄物海拋地點與數量			時期
	北極洋	大西洋	太平洋	
比利時	0	55,324 桶, (2.31x10 ⁴ 噸)	0	1960–1982
法國	0	46,396 桶, (14,299 噸)	0	1967–1969
德國	0	480 桶, (185 噸)	0	1967
義大利	0	100 桶(45 噸)	0	1969
日本	0	0	3,031 桶, (606.2x10 ³ m ³)	1955–1969
韓國	0	0	115 桶,(45 噸)	1968–1972
荷蘭	0	28,428 桶, (19,162 噸)	0	1967–1982
紐西蘭	0	0	9 桶,(0.62 m ³)	1954–1976
瑞典	230 桶, (64 噸)	2,895 桶, (1,080.3 噸)	0	1959, 1961, 1969
瑞士	0	7,420 桶, (5,321 噸)	0	1969–1982

英國	0	74,052 噸	0	1949–1982
美國	0	34,282 桶	56,261 桶	1946–1970
前蘇聯	221,988 m ³	0	145,377 m ³	1959–1992
俄羅斯	3,066 m ³	0	9,393 m ³	1992–1993

曾在太平洋海域執行放射性廢棄物海拋的國家，包括日本、韓國、前蘇聯、美國等，其海拋地點經查並沒有接近台灣海域之地區，說明如下：

日本於 1955–1969 年間於 6 個地點執行 12 次海拋作業(地點如圖 6.2)，棄置 606.2×10^3 立方公尺之放射廢棄物，總活度約 1.51×10^4 GBq (407.5Ci)。

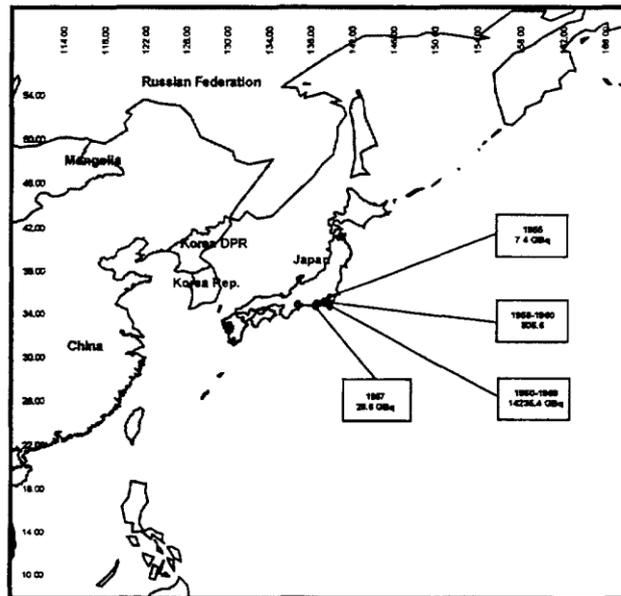


FIG. A.5. Geographical positions of the dump sites, disposal periods and total activity disposed.

圖 6.2 日本放射性廢棄物海拋地點

韓國於 1968–1972 年間於 1 個地點執行 5 次海拋作業(地點如圖 6.3)，棄置 45 噸之放射廢棄物。

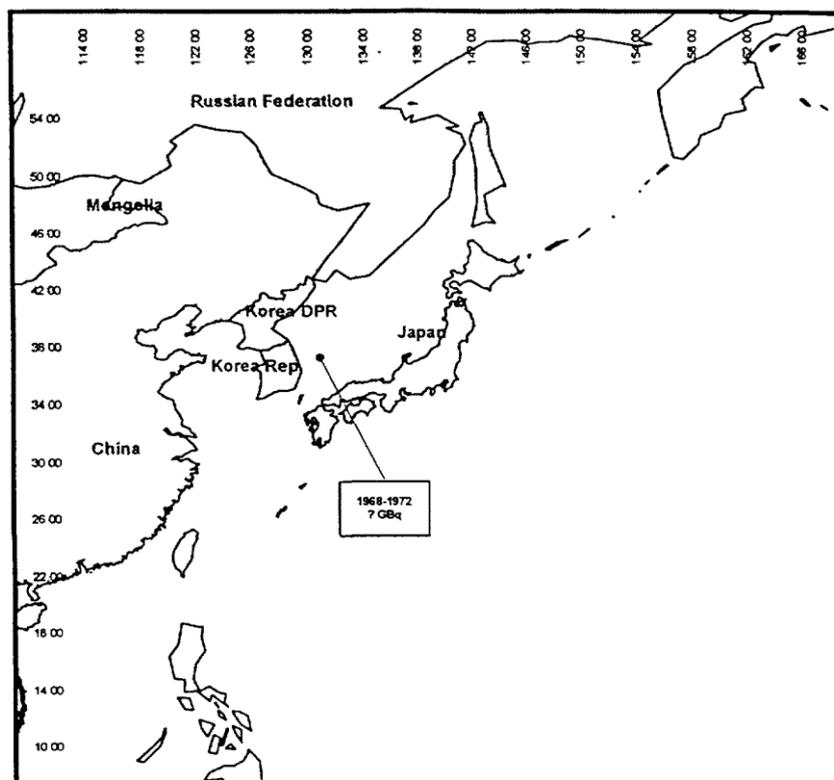


FIG. A.6. Geographical position of the dump site and disposal period.

圖 6.3 韓國放射性廢棄物海拋地點

美國於 1946–1970 年間於 18 個地點多次執行海拋作業(地點如圖 6.4)，棄置 56,261 桶放射廢棄物，總活度約 5.54×10^5 GBq (1.5×10^4 Ci)。

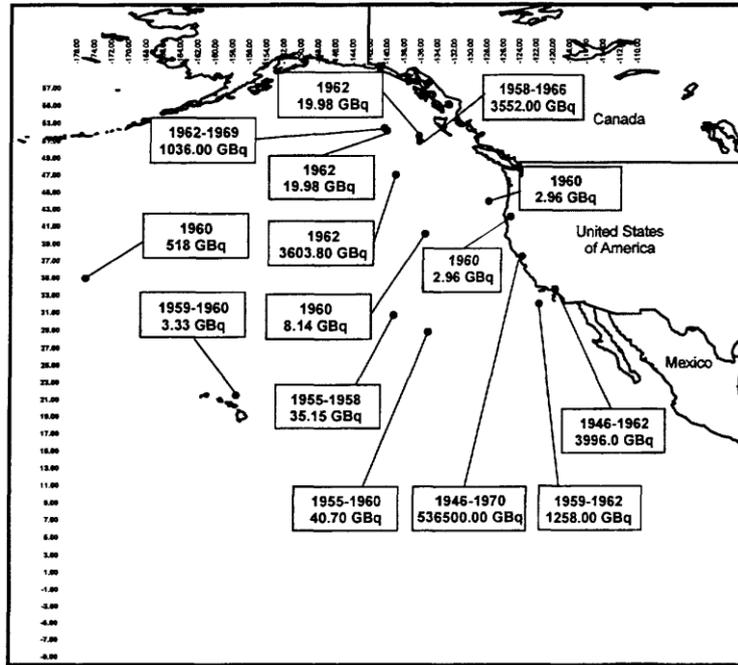


FIG. A.14. Geographical positions of the dump sites in the Pacific Ocean, disposal periods and total activity disposed.

圖 6.4 美國放射性廢棄物海拋地點

前蘇聯於 1966–1992 年間於 9 個地點執行 61 次海拋作業(地點如圖 6.5), 棄置 123,497 立方公尺之放射廢液, 總活度約 456 TBq (12.337 kCi)。另於 1968–1992 年間於 4 個地點執行 152 次海拋作業(地點如圖 6.6), 棄置 21,880 立方公尺之固體放射廢棄物, 總活度約 418 TBq (11.297 kCi)。

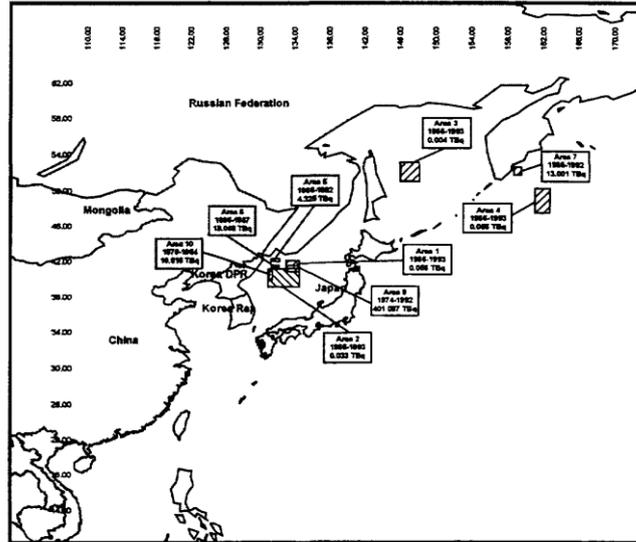


FIG. A.19. Geographical positions of the dump sites in the Pacific, disposal periods and total activity disposed.

圖 6.5 前蘇聯 1966-1992 年間放射性廢棄物海拋地點

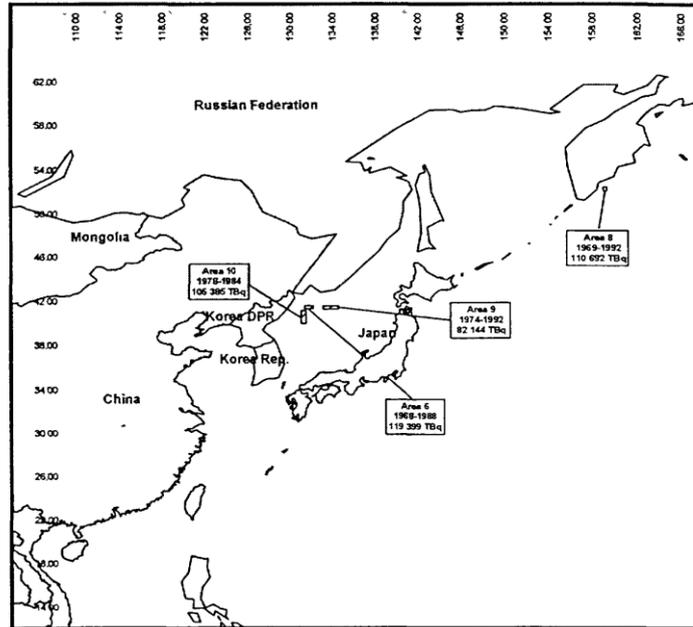


FIG. A.20. Geographical positions of the dump sites in the Pacific, disposal periods and total activity disposed.

圖 6.6 前蘇聯 1968-1992 年間放射性廢棄物海拋地點

俄羅斯於 1992 年在遠東 4 個地點執行海拋作業(地點如圖 6.7)，棄置 9,393 立方公尺之放射廢棄物，總活度約 2.04 TBq (55.2 Ci)。

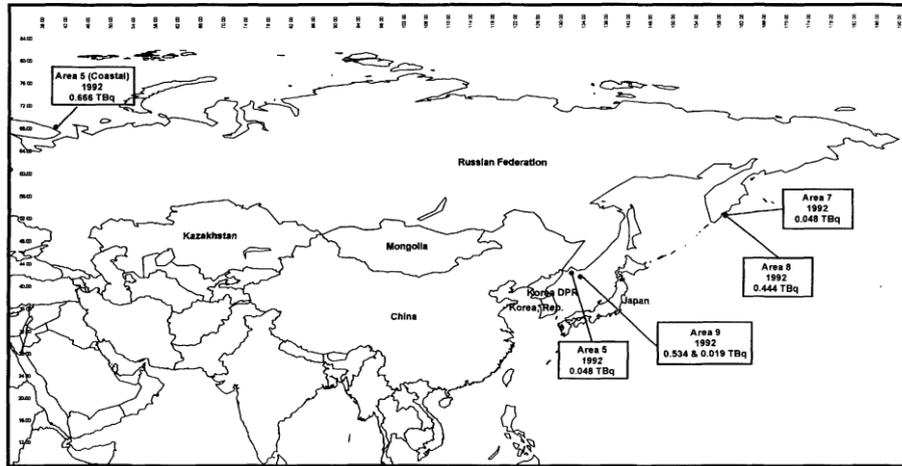


FIG. A21. Geographical positions of the dump sites and activity of liquid radioactive waste disposed in 1992 by the Russian Federation in the Barents Sea and Far Eastern Seas.

圖 6.7 前蘇聯 1992 年放射性廢棄物海拋地點

要特別說明的是，義大利亦曾在 1969 年於北大西洋(地點如圖 6.8)執行一次海拋作業，棄置 100 桶放射性廢棄物，總活度約 1.85×10^2 GBq (5 Ci)。

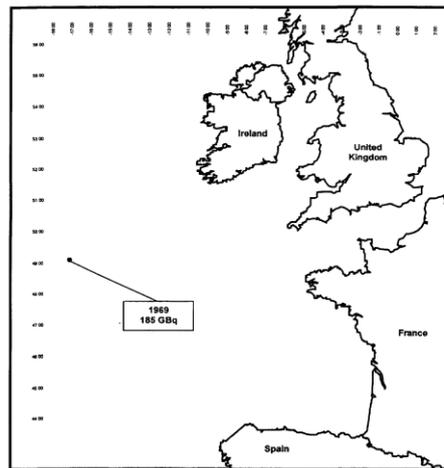


FIG. A4. Geographical position of the dump site, disposal period and total activity disposed.

圖 6.8 義大利放射性廢棄物海拋地點

6.3 我國從未進行核廢料海拋

民國 59 年 11 月，台灣電力公司興建核能電廠計畫已進行至實施階段，針對核能電廠運轉後所產生的放射性待處理物料，民國 61 年 8 月 19 日原能會邀集相關單位舉行「低強度放射性廢料極終處理方法」會議，會中決議應及早訂出「放射性廢料極終處理」之決定。民國 61 年 11 月 21 日，原能會再度邀集台電原動處、核研所、清大原科所、臺大海研所等單位專家成立技術小組，共同研討放射性廢棄物最終處置問題，並就「廢礦坑貯存」、「深山或日軍之地下屯兵工事貯存」、「投海」、及「離島貯存」等四個方案分別進行研究勘察。其中，有關「投海」方案，經查世界上人口稠密且土地狹小之核能國家，如歐洲多數國家，曾對放射性待處理物料有投海措施，原能會委託國內學術單位對此進行研究後，民國 62 年 8 月 6 日召開放射性廢棄物最終處置討論會，決議投海地點選擇的原則，宜分「技術性」與「政策性」兩項因素分別規劃；理想之投海地點有待作更進一步的研究。

經國內相關學術單位進一步探勘後，於民國 62 年 12 月提出最佳投擲海域為東經 119 度、北緯 20 度附近（位於南海區域大陸坡及海底盆地之間，亦即位於東沙島東南東 230 公里處）。惟此水域距離菲律賓僅 120 哩左右，與台灣本島之距離相較尤近，為顧及我國當時處境並避免引起國際糾紛，乃將投海辦法暫予保留。基於上述理由，技術小組決定先採取離島暫時貯存，而我國亦從未執行核廢料海拋作業。

7. 結論與後續調查

7.1 原能會專案小組查證結果

原能會專案小組針對本案媒體資訊、歷年台灣海域環境輻射監測資料、歷年台灣南北部核電廠附近海域生態調查資料、國際海洋輻射偵測資料、國際核廢料海拋資訊等進行研析，目前查證結果如下：

1. 根據本案義大利軍情局原始解密文件研判的結果，由於當年台電北韓案最終並未執行，義商柯氏欲將廢料傾倒於台灣地區的企圖就無法遂行，故可以排除外電報導「20 萬桶放射性核廢料傾倒台灣海域」的可能性。
2. 根據義大利國會另外一份「消失的船」報告，一艘名為 Glory Land 的船隻，於 1990 年 1 月在蘇澳外海沉沒，其上是否載有「有害廢棄物」，目前尚無資訊可供研判。本會已獲環保署及交通部初步回復，但資訊尚未足夠，已再度函請交通部、財政部關務署等協助查證，俾供後續研判。
3. 歷年針對基隆及高雄西子灣海水之放射性監測，結果均為正常；對於沿海產地及消費市場抽樣之貝類、魚類、蝦及海藻，進行放射性檢測分析結果，均符合法規規定，惟目前尚無台灣海域的放射性檢測資料可供查證。
4. 由近 30 年南北部核電廠及蘭嶼貯存場附近海水及海魚調查分析結果可知，海水樣測得銫-137 的最大活度為民國 88 年之 0.0024 貝克/公升，低於調查基準 2 貝克/公升。而海魚樣主要測得銫-137，最大活度為民國 77 年之 18.1 貝克/公斤，低於調查基準 74 貝克/公斤，其他各年測得之銫-137，均小於 5 貝克

/公斤，無特殊異常情形或趨勢，惟相關資料尚待後續長期觀察。

5. 依據國際原子能總署海洋資訊系統之現有資料，台灣海域並無異常，僅含有極微量的人工放射性核種，推測其來源可能為核子試爆落塵或國際核設施事故大範圍擴散等原因。
6. 依據國際原子能總署的技術報告，曾於北太平洋海拋處置放射性廢棄物的國家有日本、韓國、美國、前蘇聯及俄羅斯，但海拋地點不包括台灣附近海域。我國從未執行核廢料海拋作業。
7. 綜合上述，可以排除外電報導「核廢料傾倒台灣海域」的可能性，但另查有一艘載有不明貨櫃的船隻 Glory Land，在台灣蘇澳外海沉沒的資訊，仍須持續蒐集情資進行研判；台灣沿岸海域輻射雖未發現異常，但有必要擴大台灣海域的輻射監測調查。為推動本案後續監測及調查作業，有必要成立跨部會專案調查小組。

7.2 後續調查作業

本案關係台灣海域之生態環境品質及國人的健康安全，有必要成立跨部會調查小組進行後續調查及台灣海域的輻射監測調查作業。此項台灣海域輻射監測，為最直接有效的調查作法，亦可供評估日本福島核災排放輻射物質對台灣海域之影響。

原能會已於 106 年 2 月 16 日，邀集外交部、科技部、交通部、經濟部、衛生福利部、行政院環境保護署、行政院海岸巡防署、行政院農業委員會、行政院農業委員會漁業署、行政院農業委員會水產試

驗所、台電公司、綠色公民行動聯盟、媽媽監督核電廠聯盟、主婦聯盟環境保護基金會、綠色消費者基金會等政府單位及民間團體，舉行「外傳核廢料傾倒台灣海域案」跨部會調查專案小組會議，會中決議積極推動執行「台灣海域輻射監測調查計畫」，此項計畫需要海巡署、農委會、科技部等之協助，以確認海域輻射是否有異常情形。監測調查計畫將分為近程及長程計畫，近程計畫預定為期二年，原能會正積極參考國際資訊及相關部會資源，規劃取樣地點、取樣程序及分析方法等作業，並積極洽商相關部會協助推動執行，將以領海 12 浬為優先執行範圍。長程計畫預定為期四年，將正式編列預算，結合國內海洋學術研究機構參與執行，預定 108 年 1 月開始執行長程監測調查計畫。跨部會專案小組的調查作業分工如下：

一、本案情資蒐集研判（主辦：原能會、外交部、國安單位）

為進一步蒐集完整資訊，原能會將函請外交部及國安部門協助辦理，持續進行查證。

二、台灣海域輻射監測調查

在本案尚無完全定論之前，最直接有效的作法為執行海洋監測，掌握臺灣海域的輻射狀況，以保障生態品質及國人健康安全。海域監測調查作業將包括沿岸海域及週邊海域。

- 1、沿岸海域：增加沿岸海域的海水及海生物的輻射取樣分析作業，執行「強化台灣沿岸環境輻射監測計畫」（主辦：原能會）。
- 2、週邊海域：推動執行「台灣海域環境輻射監測調查計畫」，近程計畫為期二年，長程計畫為期四年（主辦：原能會；協辦：海巡署、農委會、科技部、環保署等）。

三、國際合作（主辦：原能會）

原能會將透過台美、台日核能合作交流管道，進行海洋輻射監測資訊的交流，盡可能掌握台灣海域的輻射變化動態。

四、資訊公開（主辦：原能會）

為求公信，邀請公民團體代表參加專案小組；調查報告及海域輻射監測資料，上網公開。

參考文獻

- [1] 76-105 年「北部各核能電廠附近海域之生態調查」期末報告。
(76-87 中央研究院及 88-105 國立海洋大學)
- [2] 76-105 年「南部核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」期末報告。
(國立中山大學)
- [3] 針對媒體報導「蘭嶼輻射檢測微量放射性物質增加」之說明
<http://www.aec.gov.tw/newsdetail/headline/2610.html>(查閱日期：
106.2.16)
- [4] 有關「蘭嶼輻射檢測微量放射性物質到微量放射性物質」之說明
<http://www.aec.gov.tw/newsdetail/headline/2631.html>(查閱日期：
106.2.16)
- [5] 蘭嶼地區環境輻射偵測結果確認符合安全標準
<http://www.aec.gov.tw/newsdetail/headline/2654.html>(查閱日期：
106.2.16)
- [6] 有關壹週刊報導蘭嶼貯存場輻射外洩之說明
<http://www.aec.gov.tw/newsdetail/news/2663.html>(查閱日期：
106.2.16)
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS) -- Radionuclide levels in oceans and seas”, IAEA-TECDOC-1429, p.25, 26, 41, 45 (2005).
- [8] 國際原子能總署(IAEA), ”MARiS – Marine Information System website”, <http://maris.iaea.org>
- [9] 行政院農業委員會,「政府護漁標準作業程序」,附圖一,103 年 11 月 20 日。
- [10] 行政院衛生福利部,「食品中原子塵或放射能污染容許量標

準」，105年1月11日。

- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Inventory of Radioactive Waste Disposals at Sea, IAEA-TECDOC-1105 (1999).
- [12] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Conference on the Convention on the Dumping of Wastes at Sea, London 30 Oct-13 Nov 1972, Final Act of the Conference with Attachment Including the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, IMO, London (1972).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, Provisional Definition and Recommendations Concerning Radioactive Wastes and Other Radioactive Matter Referred to in Annexes I and II to the Convention, IAEA INFCIRC/205/Add. 1 (1975).
- [14] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, Resolution LDC.24(10), Report of the Tenth Consultative Meeting of Contracting Parties to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972, LDC 10/15, IMO, London (1986).

附 件

國際海洋中銫-137 濃度偵測研析

目 錄

1. 背景說明.....	1
2. 海洋中的 Cs-137 核種來源.....	2
2.1 核爆落塵	2
2.2 核子燃料再處理廠排放	3
2.3 核子事故	3
2.4 放射性廢棄物海拋	3
3. 各海域 Cs-137 狀況.....	4
3.1 太平洋	4
3.2 印度洋和南海	18
3.3 大西洋和北冰洋	22
4. 台灣附近海域	33
5. 結論.....	36
參考文獻.....	39

1. 背景說明

海洋環境中的人工放射性核種，主要來自核爆落塵、核設施意外事故（1986 年車諾比事故、2011 年福島事故）、核設施排放、放射性廢棄物海拋、核子潛艦意外事故等，其中最主要的來源是 1960 年代的大氣中核子武器試爆所造成的全球性核爆落塵。

綜觀全球海域的放射性核種分布，各區域的分布狀況未必相同，這是因為放射性核種的來源可能是局部性的，且海洋為一動態環境系統，因此若要有系統地評估海洋中放射性核種的分布狀況，需同時具備放射核種來源及海樣動態系統相關的知能。

為了瞭解全球海洋放射性核種的分布情況，國際原子能總署 (IAEA) 設於摩那哥的海洋環境實驗室 (現已更名為環境實驗室摩那哥分部)，於 1998 年至 2001 年進行全球海洋放射性核種研究計畫 (Worldwide Marine Radioactivity Studies)，並於 2005 年出版 IAEA TEDOC-1429 報告，其後更建置國際原子能總署海洋資訊系統 (IAEA Marine Information System, MARiS, <http://maris.iaea.org>)，持續收集及整理國際上相關實驗室及已發表論文中的海洋放射性含量偵測結果，藉此對海洋中放射性核種的分布情況進行監控與了解，至 2016 年為止，該資訊系統已匯集超過 173,000 筆資料且仍持續更新中。

由於銫-137 (Cs-137) 是海洋中主要的人造核種，為了瞭解該核種在海洋中的分布情形，本報告特摘錄 IAEA TEDOC-1429 之相關內容，並擷取 MARiS 資料庫在台灣鄰近海域的偵測數據，藉由對國際海洋表層海水的 Cs-137 分布情形進行研析，評估海洋因核武落塵、核子燃料再處理廠排放及核子事故而受到的影響。

2. 海洋中的 Cs-137 核種來源

2.1 核爆落塵

大氣核子試爆落塵是海洋中人造核種的最大來源。1945 至 1951 年間的核子試爆，其威力相當於 2 萬至 10 萬噸的黃色炸藥(TNT)，爆炸後的產物飛散至大氣的對流層後落下，因而於核子試爆地點鄰近緯度帶產生落塵污染。1952 年後，核子武器威力提昇至百萬噸 TNT 等級，試爆後的產物擴大為全球性的落塵污染。大氣中核子試爆的高峰期約在 1960 年代，之後逐漸改採地底試爆，使放射性物質不致飄散至大氣中。根據 IAEA TEDOC-1429 報告[1]，2000 年時，因核爆落塵而沉積在太平洋的 Cs-137 約為 311 PBq(10^{15} Bq)、大西洋約 201 PBq、印度洋約 84 PBq、北冰洋約 7.4 PBq，整體而言，核爆落塵對全球海域造成的 Cs-137 濃度平均值約 2 mBq/L，若考量 Cs-137 核種衰變，推算至 2017 年，Cs-137 濃度平均值降至約 1.35 mBq/L。

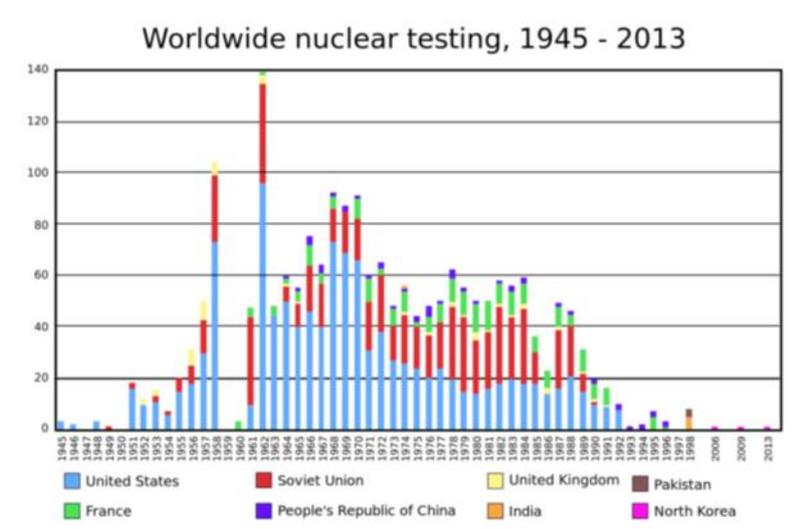


圖 1、核子試爆統計[3]

2.2 核子燃料再處理廠排放

核子燃料再處理廠排放亦為人工核種進入海洋的主要來源，位於英國的謝拉費爾德(Sellafield)與法國的卡普·德拉·哈谷(Cap de la Hague)核子燃料再處理廠於 1970 至 1998 年間約排放 40 PBq 的 Cs-137 至愛爾蘭海與英吉利海峽，這些核種隨後隨著洋流遷移至大西洋與北冰洋。

2.3 核子事故

1986 年發生於俄羅斯的車諾比事件，約排放 16 PBq 的 Cs-137 至波羅的海及黑海，造成該海域表層海水的 Cs-137 濃度在 2000 年時分別達約 60 mBq/L 及 25 mBq/L，這些核種隨後隨著洋流遷移至北大西洋與北冰洋。

1989 年蘇聯核子潛艇 Komsomolets 號於挪威西南方沉沒，估計有 3 PBq 的 Cs-137 流入海洋。

2011 年發生的福島事故，約排放 1-6 PBq 的 Cs-137 至北太平洋海域[2]。

2.4 放射性廢棄物海拋

放射性廢棄物海拋主要發生在 1940 至 1960 年代，IAEA-TECDOC-1105 報告統計，總計約 85 PBq 的放射性廢棄物及被拋入太平洋與大西洋。

3. 各海域 Cs-137 狀況

3.1 太平洋

目前太平洋海域內海水與沉積物中，人造核種主要來自核子試爆所產生的落塵，而這些分布於平流層的核子落塵，將通過對流層傳遞到陸地和海洋表面，這種落塵的分布與緯度區域極為相關，最大濃度多分布於中緯度區域，最小濃度則為赤道和極點。此外，由於大多數大氣中核武試驗係於北半球進行，因此北半球核子落塵的量遠超過南半球。人造核種在核試地點附近區域的地理分布與預期一致，隨後經由西北太平洋環流和赤道流和逆流系統重新分配(圖 3-1)。另有關於海域中放射性核種隨深度變化的分布，則可透過調查底層水體中核種活度進行研究。

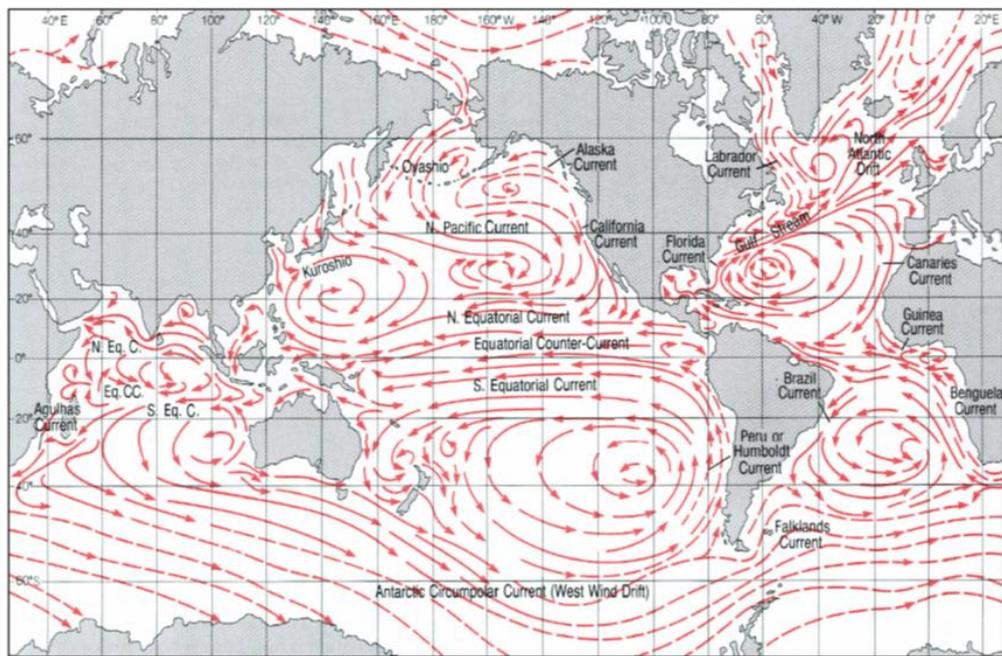


圖 3-1 全球表面洋流系統

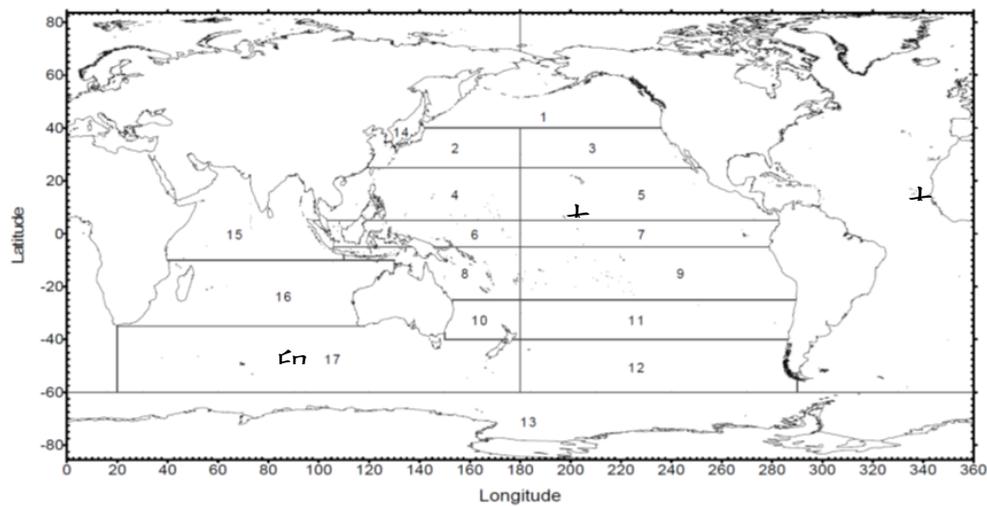


圖 3-2 太平洋與印度洋內調查區塊

3.1.1 太平洋區塊劃分說明

根據 IAEA TEDOC-1429 報告，IAEA 根據已知的洋流系統、核試地點、近年來研究數據和放射性核種分布可能性等，將太平洋依不同的緯度進行區塊劃分 (Box, 見圖 3-2)，自 1971 年開始，已調查太平洋海域內 14 個區塊表面水中的放射性核種濃度，並藉由迴歸分析，取得表面水中放射性核種有效半化期的最佳估計值。其中：

區塊 13：南冰洋海域；

區塊 14：日本海因臨近北韓、中國、俄羅斯等核武國，在海洋放射性研究中具有相當重要性，故獨自劃分為一獨立區塊；

區塊 1 (北緯 40 度)：為亞北極帶太平洋，也是太平洋在 60 年代觀測到最多 Cs-137 落塵的區塊；

區塊 2 和 3 (北緯 25 至 40 度)：分別為黑潮尾流的上下游，亦為黑潮和親潮的水體的混合區塊；

區塊 4 和 5 (北緯 5 至 25 度)：為北赤道洋流的上下游，是對應亞熱帶渦旋的典型寡營養鹽洋流（區塊 5 還包括加利福尼亞洋流），這些區塊含括了太平洋的核武試驗場（如 Bikini、Enewetak、Johnston Atolls 等），西太平洋亞熱帶海域與東太平洋亞熱帶不同，主要受當地落塵的影響；

區塊 6 和 7 (南緯 5 度至北緯 5 度)：分別是南赤道洋流的上下游；區塊 4 與 5 和 6 與 7 的邊界大致符合赤道逆流的範圍；區塊 7 包括赤道湧升流區域；

區塊 8 和 9 (南緯 5 至 25 度)：分別為南赤道洋流的上下游；區塊 6 與 7 和 8 與 9 之間的邊界大致對應於南赤道逆流的範圍；區塊 9 包含法國核武試驗場（Mururoa 和 Fangataufa）；

區塊 10 (南緯 25 至 40 度)：塔斯曼海域；

區塊 11 (南緯 25 至 40 度)：南太平洋的中緯度地區；

區塊 12 (南緯 40 至 60 度) 和區塊 13 (南緯 60 度以下)：包括南冰洋和南極環流。

3.1.2 太平洋表面水 Cs-137 濃度

圖 3-3 顯示 1991 至 1995 年及 1996 至 2000 年間，全球海洋放射性資料庫（Global Marine Radioactivity Database, GLOMARD）中有關表層海水 Cs-137 含量的數據，並由此計算出太平洋內各區塊的平均放射性核種濃度，就 1991 至 1995 年的資料而言，雖然數據密度不高，但是仍如同預期，可明顯觀察到核種活度有著由南向北增加的趨勢，如南部 Cs-137 約為 0.6 mBq/L，到北部的日本海便增加至 2.7 mBq/L，而 1996 至 2000 年的資料亦有類似趨勢。太平洋海洋偵測之取樣點集

中於西北部（日本海附近），該區域表面水層 Cs-137 含量分布詳如圖 3-4。

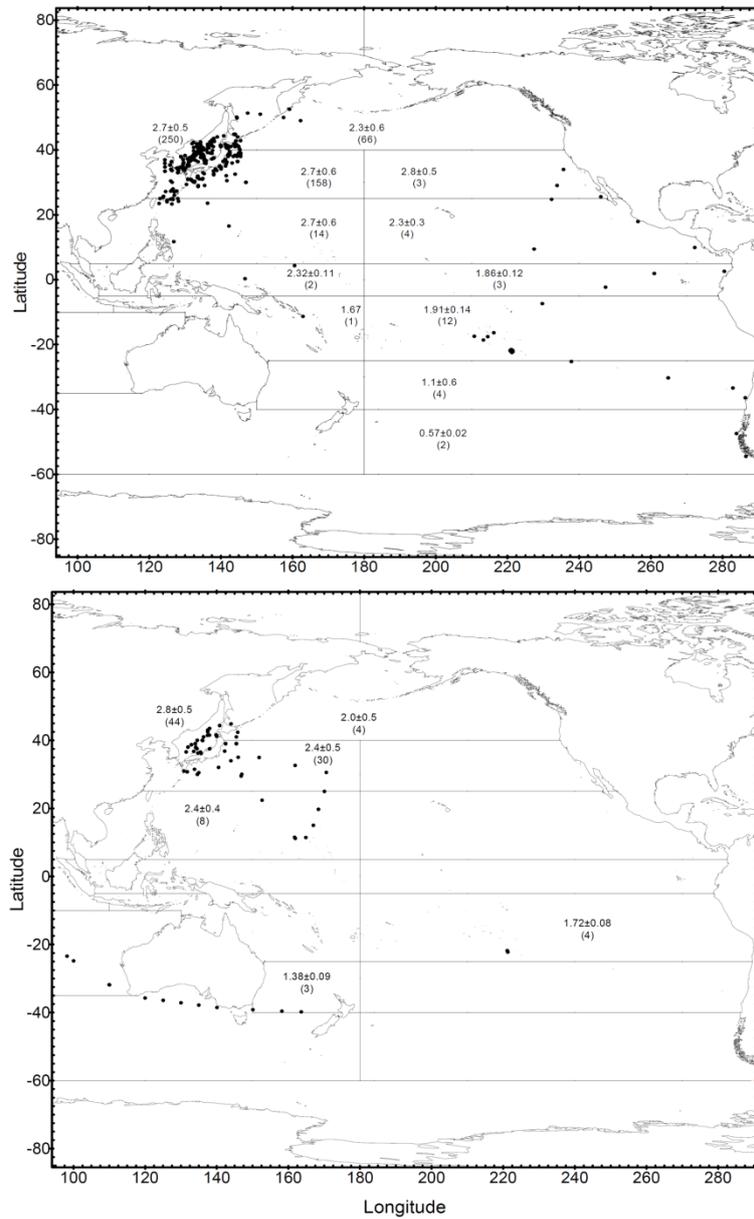


圖 3-3 表面水中 Cs-137 濃度（上圖 1991-1995 年、下圖 1996-2000 年，單位 mBq/L）

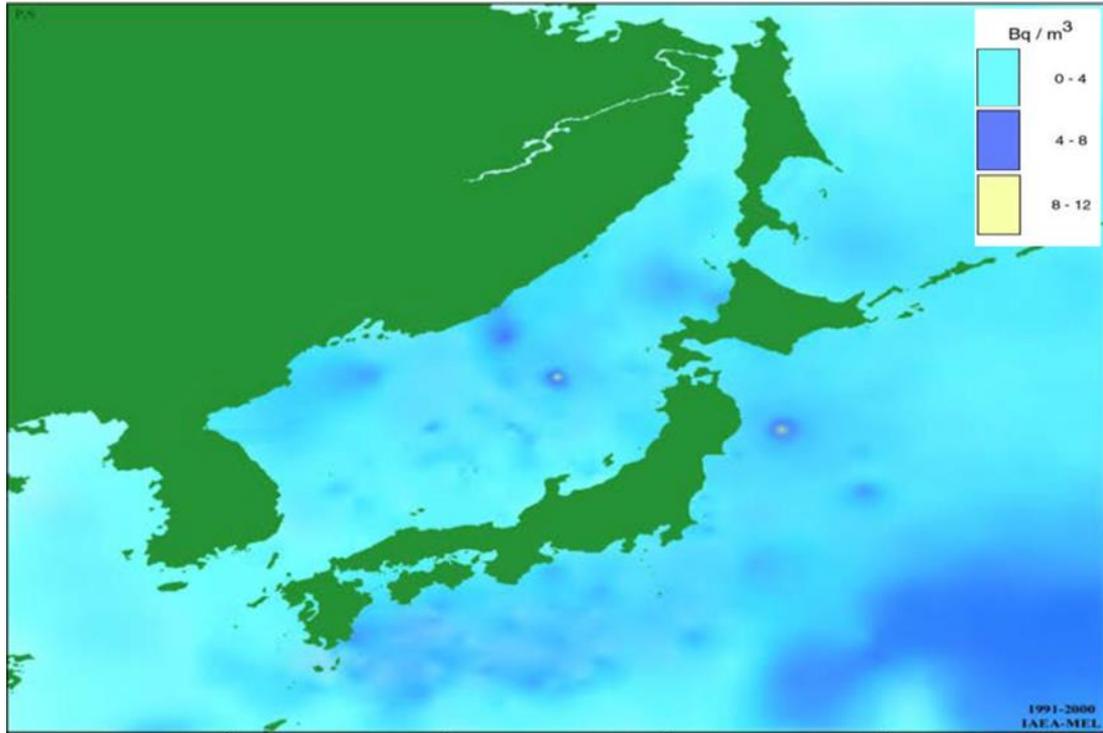


圖 3-4 1991-2000 年間西北太平洋內 Cs-137 濃度分布

3.1.3 太平洋表面水 Cs-137 核種活度變化時序

IAEA-TECDOC-1429 中，有比較 1971 年以來，太平洋 14 個區塊及其緣海的表層水體 Cs-137 含量，並藉由迴歸分析，找出表層水體內放射性核種的有效衰變常數和有效半化期的最佳估計值。這些數值可用於推估其他年度表面水體中放射性核種的含量，並與相關地區近期測量的結果進行比較。

若將各區塊表面水體內 Cs-137 活度進行衰變修正，至 2000 年時，其濃度如表 3-1 和圖 3-5 所示，各區塊內 Cs-137 濃度範圍約為 0.7 至 2.8 mBq/L（區塊 8 和 12 由於缺乏數據，故無法估計），活度最大值出現在東赤道太平洋（區塊 7）海域，而最低值則出現在塔斯曼海域（區塊 10）。

若比較南太平洋與北太平洋表面水體的放射性偵測結果，可發現南太平洋海域中的放射性核種具有較長的有效半化期，而對於過去三十年此海域核種數據進行放射性衰變校正時，也可觀察到表面 Cs-137（區塊 11 除外）有逐漸增加的趨勢，如表 3-2 所示，北、赤道和南太平洋的 Cs-137 數據所對應的平均有效半化期，分別為 13 ± 1 （北）、 22 ± 5 （南）和 29 ± 3 年（赤道太平洋），經彙整，太平洋整體的 Cs-137 有效半化期為 16 ± 4 年，這些數據暗示北太平洋因落塵所產生的 Cs-137 正逐漸遷移至南太平洋海域。

表 3-1 2000 年表面水體 Cs-137 的有效半化期與濃度

Box No.	Effective half-life	Estimated concentration in 2000.01.01	Recent measurements			Decay-corrected value to 2000.01.01 (mBq/L)
	$T_{1/2} \pm 1\sigma$ (years)	Concentration $\pm 1\sigma$ (mBq/L)	Averaged value (mBq/L)	Number of data	Period	
01	13.7 \pm 0.8	1.7 \pm 0.1	2.1 \pm 0.5	4	1996–1997	2.0
02	16.5 \pm 0.9	2.3 \pm 0.1	2.6 \pm 0.6	30	1996–1997	2.4
03	10.6 \pm 0.5	1.9 \pm 0.1	3.2 \pm 0.6	3	1993	2.8
04	24.2 \pm 3.1	2.8 \pm 0.4	2.6 \pm 0.4	7	1997	2.4
05	18.4 \pm 4.2	2.7 \pm 0.6	2.7 \pm 0.4	4	1993	2.3
06	29.9 \pm 7.7	2.4 \pm 0.6	2.7 \pm 0.1	2	1993	2.3
07	21.3 \pm 3.0	1.7 \pm 0.2	2.2 \pm 0.1	3	1993	1.9
08			1.9 \pm 0.4	1	1993	1.7
09	28.5 \pm 1.6	1.8 \pm 0.1	1.9 \pm 0.1	4	1996	1.7
10	23.3 \pm 2.6	1.3 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1	3	1998	1.4
11	11.9 \pm 2.0	0.7 \pm 0.1	1.3 \pm 0.8	4	1993	1.1
12			0.6 \pm 0.3	2	1993	0.6
13			0.1 \pm 0.1	1	1994	0.1
14	19.0 \pm 0.9	2.5 \pm 0.1	3.0 \pm 0.5	44	1996–1997	2.8
15	20.2 \pm 1.9	1.5 \pm 0.1	1.6 \pm 0.3	17	1998	1.6
16	26.3 \pm 4.9	1.9 \pm 0.4	2.2 \pm 0.3	7	1998–1999	2.1
17	12.7 \pm 7.0	0.7 \pm 0.4	1.1 \pm 0.6	12	1998–1999	1.0
18	13.6 \pm 1.5	2.8 \pm 0.3	15 \pm 3	1	1997	14
19				0		
20	4.2 \pm 0.2	1.9 \pm 0.1	3.8 \pm 2.1	9	1997	3.6
21	14.1 \pm 1.8	49.8 \pm 6.5	66 \pm 20	214	1996–1997	61
22	5.7 \pm 0.3	4.5 \pm 0.2	6.9 \pm 3.1	137	1996–1999	6.5
23			57 \pm 55	28	1999	57
24	6.9 \pm 0.6	3.1 \pm 0.3	4.5 \pm 1.6	44	1996–1997	4.2
25	23.3 \pm 1.8	2.3 \pm 0.2	4.5 \pm 2.9	15	1996–1999	4.2
26	7.3 \pm 1.2	25 \pm 3	30 \pm 14	20	1996–2000	25
27			2.7 \pm 0.4	15	1997–1998	2.6
28	14.9 \pm 1.6	1.3 \pm 0.1	1.8 \pm 0.9	16	1996–1997	1.7
29	23.7 \pm 5.7	1.4 \pm 0.3	1.7 \pm 0.2	5	1991–1993	1.4
30	20.2 \pm 6.3	0.5 \pm 0.1	0.7 \pm 0.2	2	1993	0.6

註：區塊 1-14 為太平洋海域、15-17 為印度洋海域、18-30 為大西洋海域

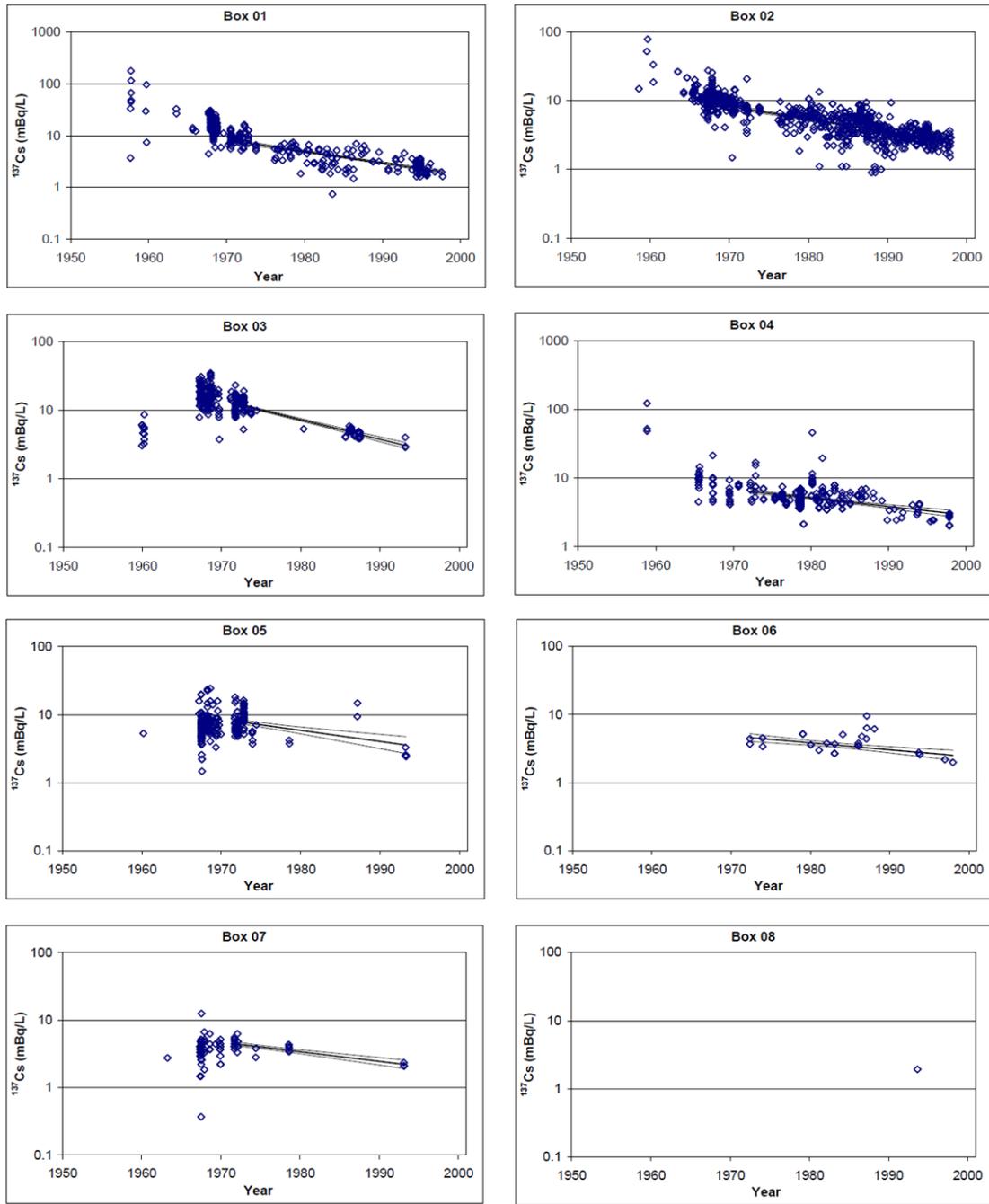


圖 3-5 太平洋表面水體 Cs-137 濃度分布

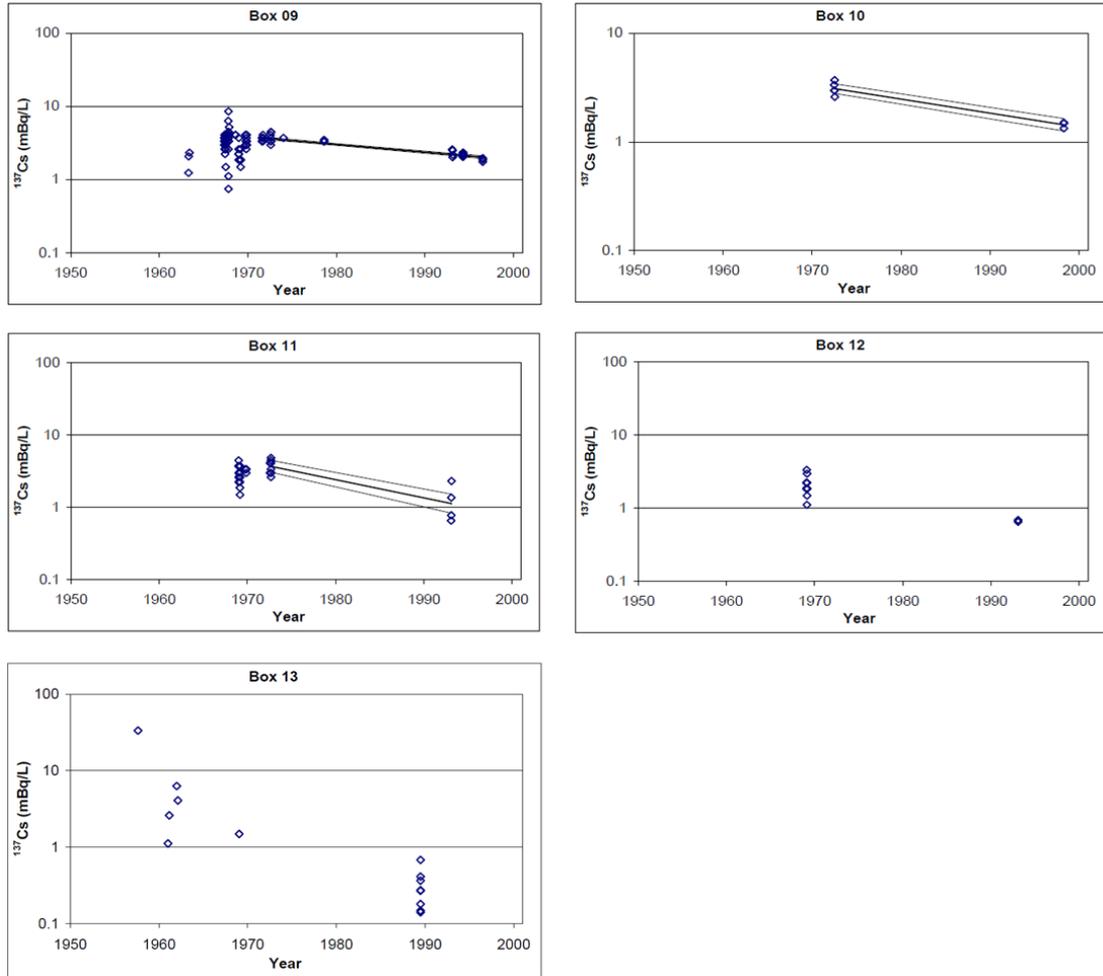


圖 3-5 (續) 太平洋表面水體 Cs-137 濃度分布

表 3-2 太平洋表面水體 Cs-137 的平均有效半化期

Effective Half-life $\pm 1\sigma$ (years)		
Area	Boxes	^{137}Cs
North Pacific	01-05	12.7 ± 1.4
Equatorial Pacific	06-07	28.6 ± 3.0
South Pacific	08-12	22.2 ± 5.2
All Pacific	01-12	15.9 ± 4.3

3.1.4 太平洋不同深度水層的 Cs-137 核種分布

本節聚焦於 Cs-137 核種於海水中不同深度的分布情形。1973 年的海洋地球化學研究計畫（Geochemical Ocean Sections Study, GEOSECS）曾於太平洋規劃取樣分析作業，由此提供許多海水中 Cs-137 活度剖面分布的調查數據，IAEA 1997 年再次於 GEOSECS 的取樣點展開偵測作業，以重新評估水層中核種濃度分布及變動情形。圖 3-6 為各研究計畫於西北太平洋的主要取樣點，事實上，太平洋海域放射性核種的數據，大都是使用 GLOMARD 資料庫中的數據來進行評估。水層中 Cs-137 剖面分別如圖 3-7 至 3-9 所示，依據 GEOSECS 與 IAEA 的調查數據，可發現 Cs-137 活度在海水表層與次表層中有顯著減少。

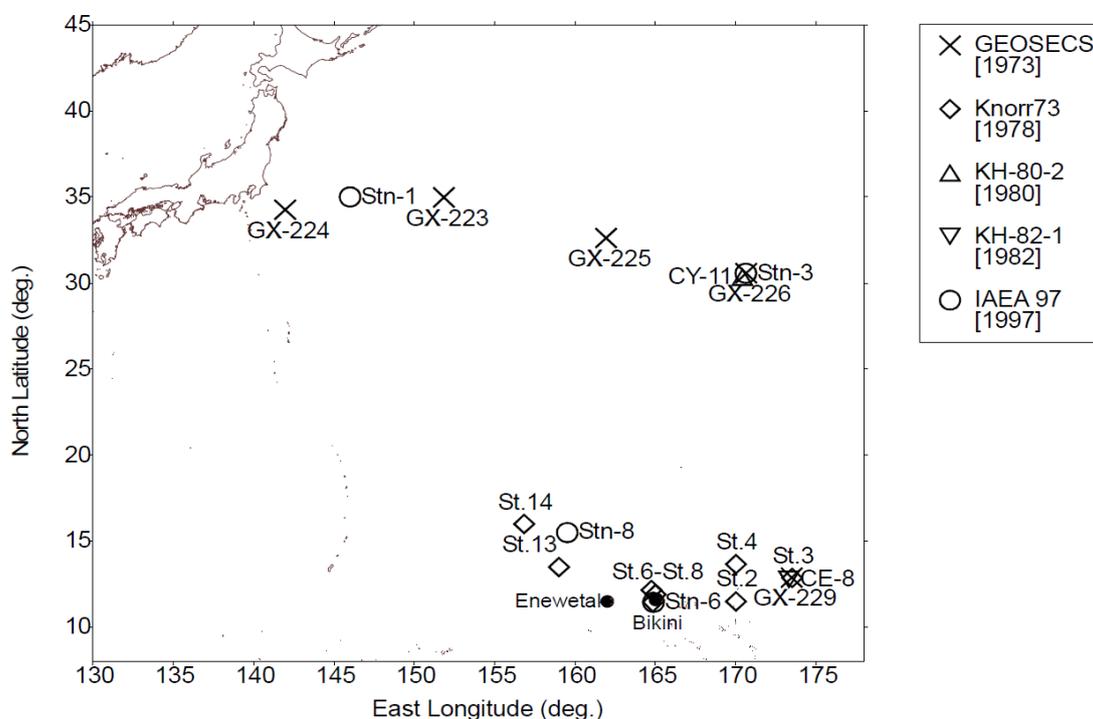


圖 3-6 西北太平洋取樣點分布圖

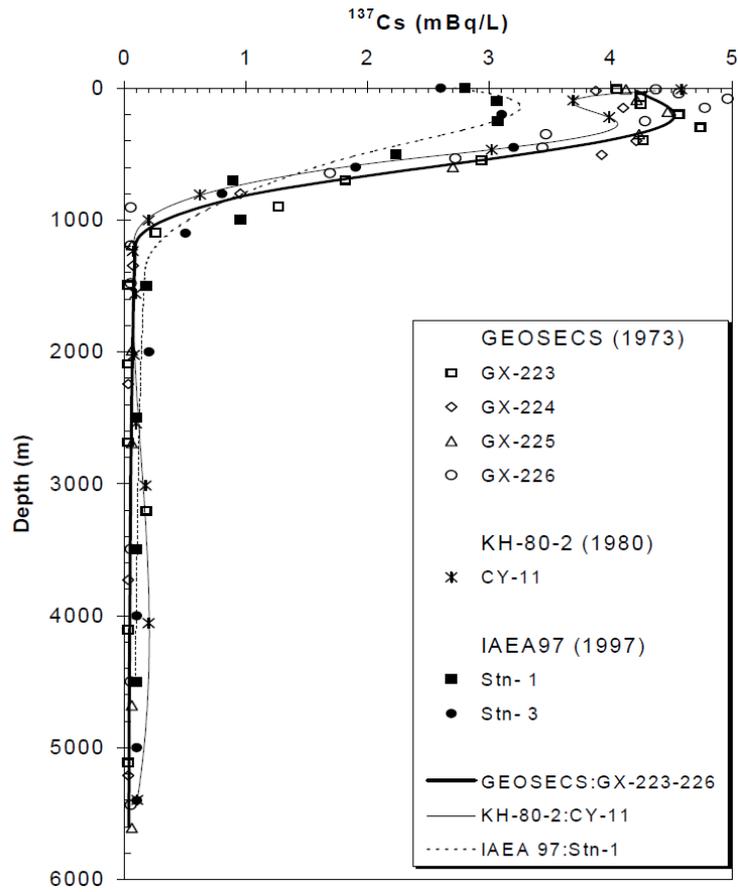


圖 3-7 GEOSECS 西北太平洋之 Cs-137 濃度剖面圖

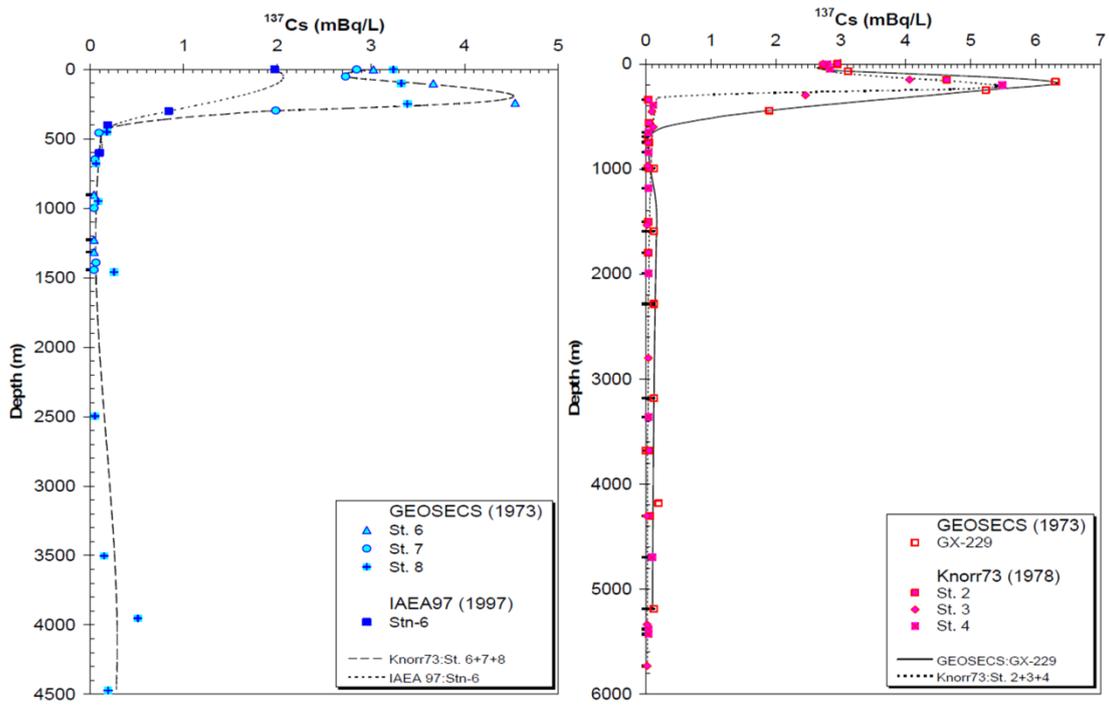


圖 3-8 比基尼環礁之 Cs-137 濃度剖面圖

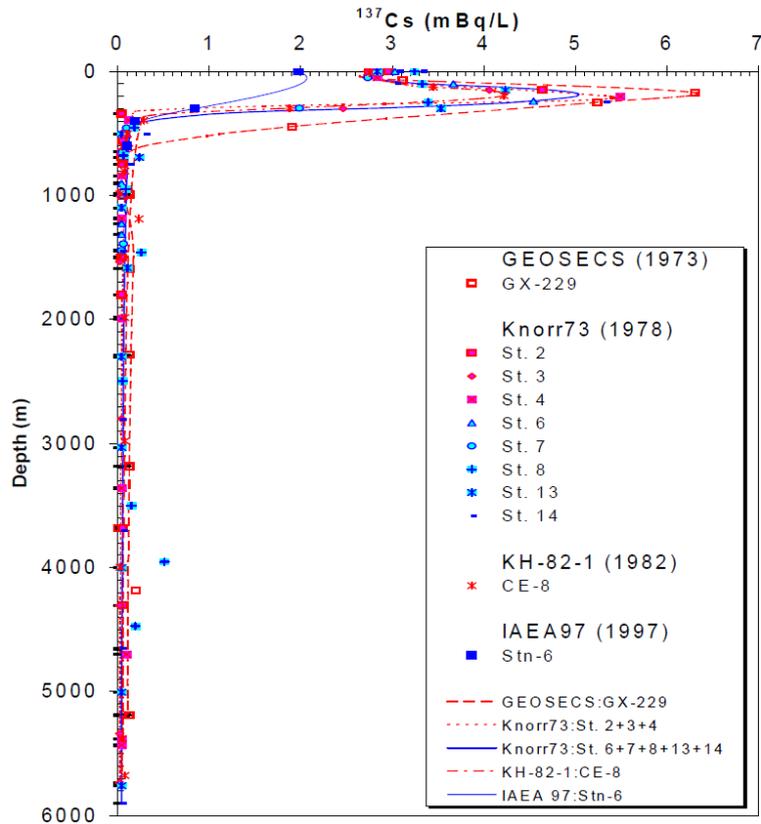
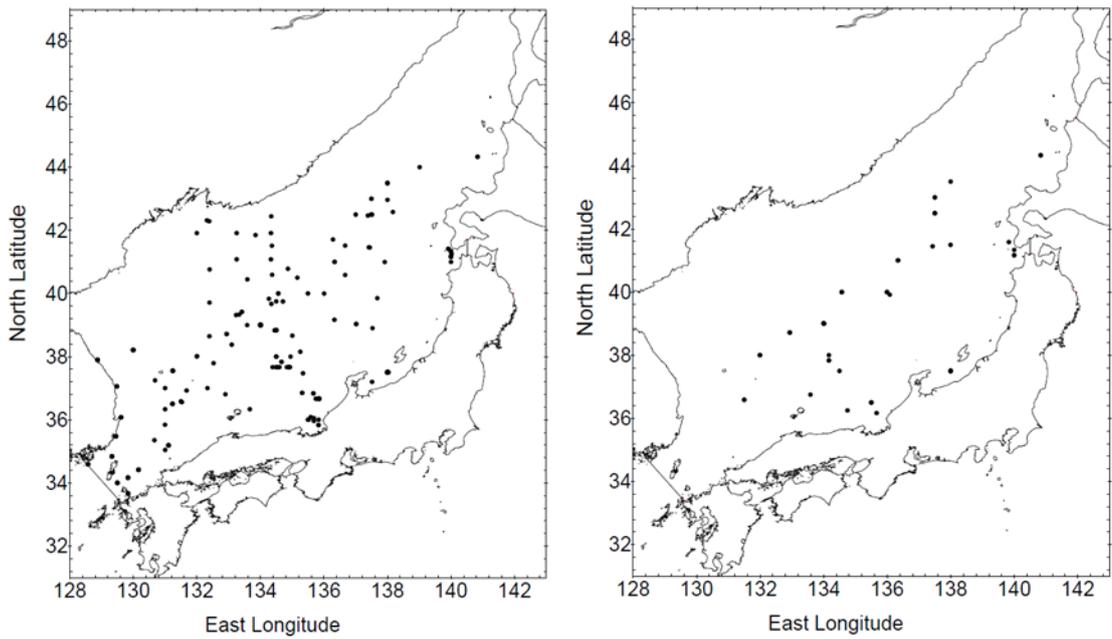


圖 3-9 比基尼環礁 Cs-137 濃度比較（東部：紅色；西部：藍色）

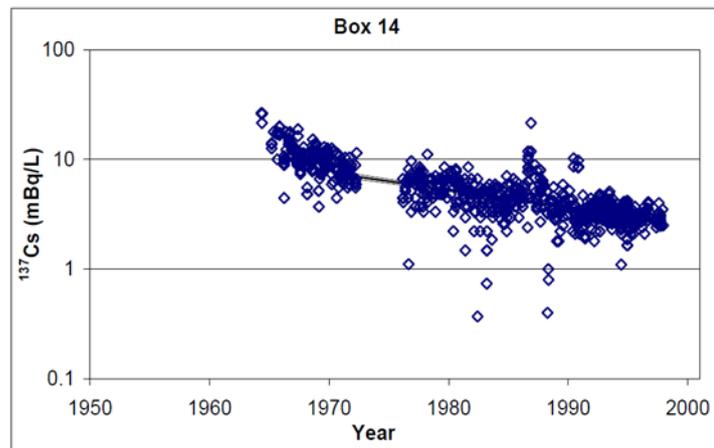
3.1.5 遠東海域

3.1.5.1 日本海

日本海表面水中 Cs-137 活度水平（區塊 14）是根據太平洋與緣海中人造核種歷史數據資料庫（Historical Artificial Radionuclides in the Pacific Ocean and its Marginal Seas, HAM）的數據進行評估，根據核種衰變修正的計算結果，可推得 2000 年日本海中 Cs-137 的表面濃度約為 2.5 mBq/L、有效半化期為 19 年(圖 3-10)，這些數值與西太平洋中緯度地區相近（區塊 4），這意味著日本海表層海水的 Cs-137 濃度可能受到黑潮支流（對馬海流）的影響。



(a)

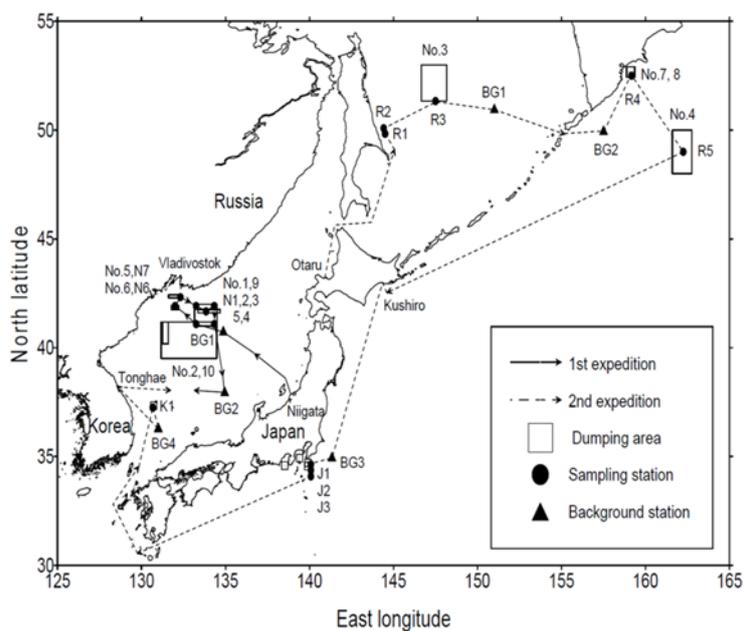


(b)

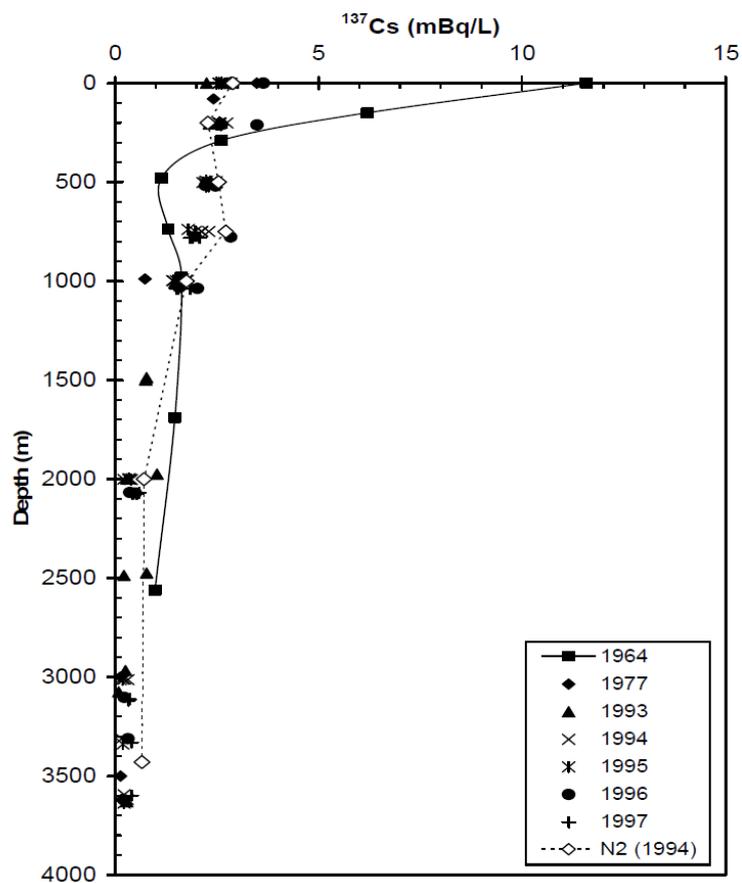
圖 3-10 日本海的取樣點分布與 Cs-137 偵測結果 (a)取樣點分布 (左為 1991-1995 年間，右為 1996-2000 年間)；(b)Cs-137 濃度隨時間的變化。

日本海中 Cs-137 活度的垂直剖面分布如圖 3-11 所示，水層中 Cs-137 的活度將隨著深度的增加而呈指數型下降。然而，由於日本海

海域深度的下降梯度普遍小於西太平洋地區，這也特別反映在 Cs-137 活度的垂直剖面上。



(a)



(b)

圖 3-11 日本海深海取樣之站點與偵測結果 (a)取樣點分布；(b) Cs-137 濃度剖面圖。

3.1.5.2 鄂霍次克海

鄂霍次克海的偵測結果與日本海或西北太平洋相較，其核種存量雖然在沉積物內有明顯增加，然而整體含量（包含水和沉積物）並無顯著差異。

3.1.5.3 黃海和東海

黃海是由一個面積 380×10^9 平方米、平均深度 44 米的半封閉型大陸棚所構成，周圍由中國和朝鮮半島的陸地所環繞。該區域表層海水的 Cs-137 比活度為 1.78 至 3.38 mBq/L，平均為 2.63 ± 0.21 mBq/L。

3.2 印度洋和南海

印度洋與大西洋、太平洋在北方界線上相當不同，印度洋只到北緯 25°N 。海洋的南部邊界約在 40°S 的亞熱帶區，其赤道洋流系統（圖 3-1）與赤道北方季節性風向的關係密切，每年的 11 月到 3 月，這裡有東北季風，此時北赤道洋流（NEC）從 8°N 向西流向赤道，赤道逆流（ECC）從赤道向東流動到 8°S ，南赤道洋流（SEC）則從 8°S 向西流動到 $15\text{-}20^{\circ}\text{S}$ ；5 月到 9 月，則有西南季風，此時赤道以北的洋流逆轉，與東部赤道逆流（ECC）結合，從 15°N 到 7°S 的整個向東流動成為季風洋流，南赤道洋流（SEC）則持續向西至 7°S 以南，但比東北季風季節更為強勁。

3.2.1 印度洋表層海水之 Cs-137 濃度

印度洋與南海共分為 4 個區塊(圖 3-2)，圖 3-12 繪製了 1991 至 1995 年和 1996 至 2000 年的 Cs-137 數據。1991-1995 年的資料較少，難有適切的分析結果，反之 1995-2000 年的數據較為充裕，由圖中數據顯示，區塊 13 的值最小（低於 60 最小），中心區塊(10 塊（和 350 塊之間，區塊 16)的值最高，此結果與一般觀察所得之趨勢(即 Cs-137 含量與緯度呈正相關)不同，應是由於印度洋的特殊洋流循環模式所致。

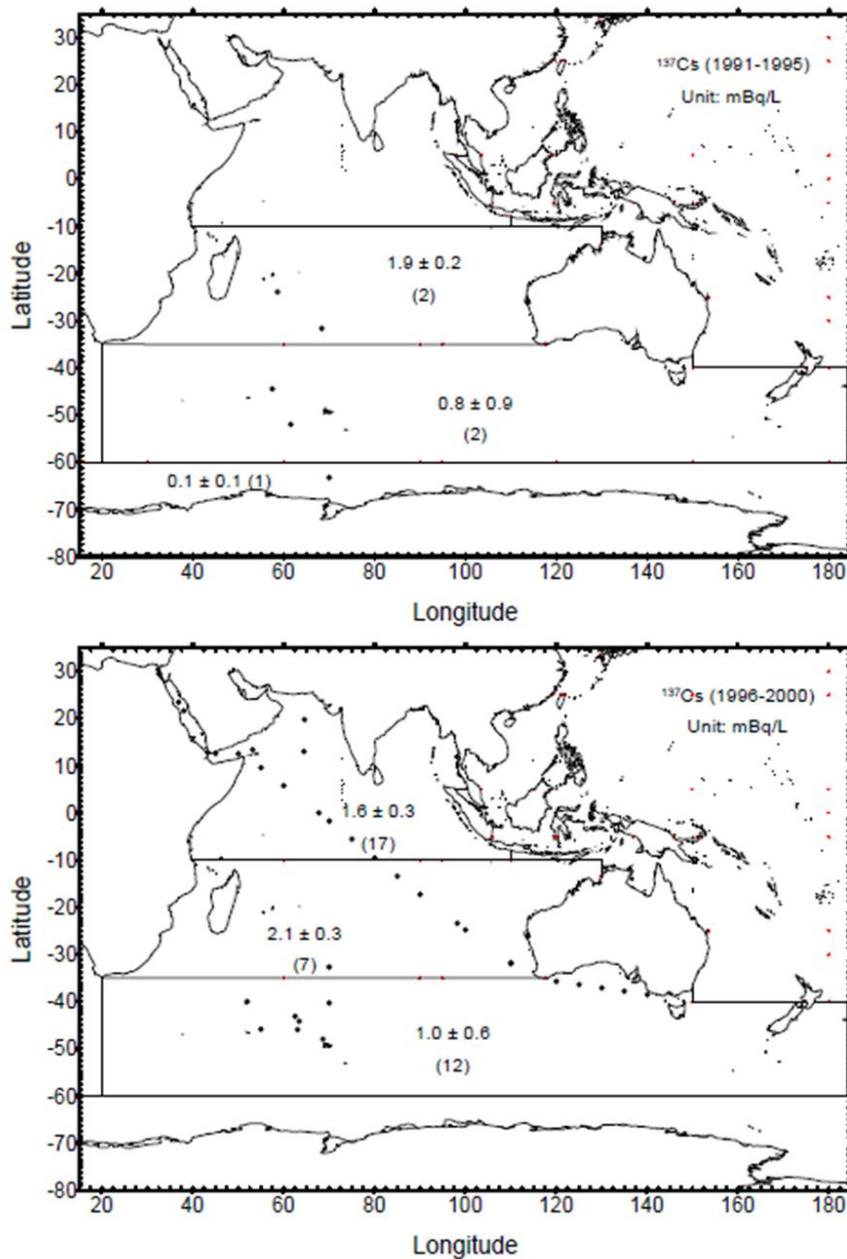


圖 3-12 印度洋和南海的 Cs-137 含量（數據修正至 2000 年 1 月 1 日）。

3.2.2 印度洋表面水 Cs-137 核種隨時間的變化情形

使用存儲在 GLOMARD 資料庫中的數據，評估區塊 15、16 和 17 的表層海水 Cs-137 濃度隨時間的變化情形，其結果如圖 3-13。

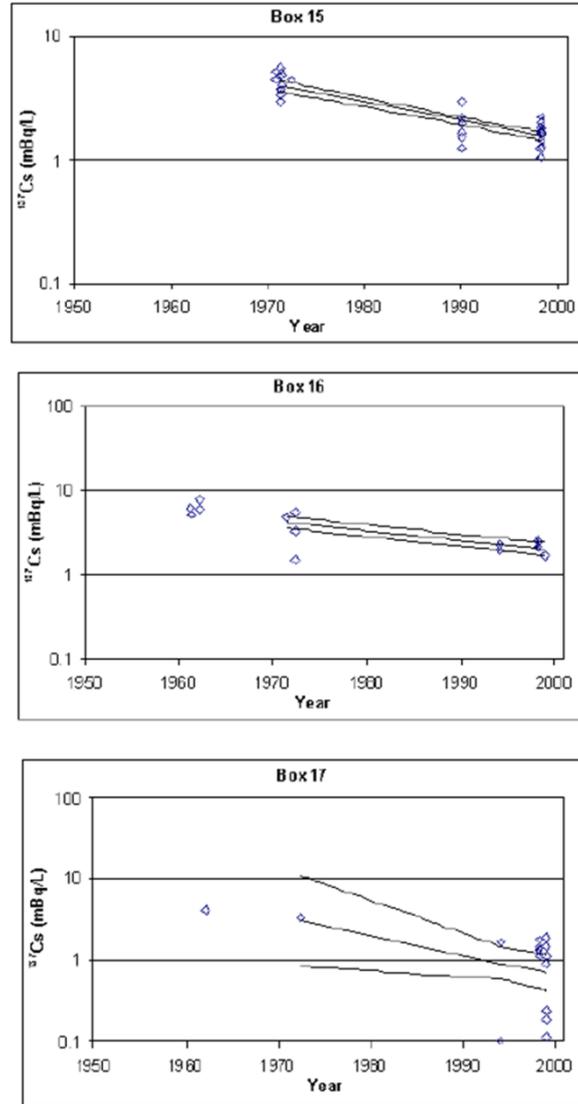


圖 3-13 印度洋表層海水 Cs-137 適時間的變化

由此結果，可推得 Cs-137 的有效半化期約 20.3 年，詳如表 3-3。

表 3-3 印度洋表層海水 Cs-137 之有效半化期

Area	Boxes	Effective half-life $\pm 1\sigma$ (year)
		^{137}Cs
North Indian Ocean	15	20.2 \pm 1.9
South Indian Ocean	16+17	21.9 \pm 6.3
All Indian Ocean	15-17	20.3 \pm 1.8

* Error weighted averaged values

3.2.3 印度洋 Cs-137 核種隨水層深度之變化

以 GEOSECS 第 417 測站 (3°57'N, 56°30'E) 所得資料進行分析，其結果如圖 3-14。

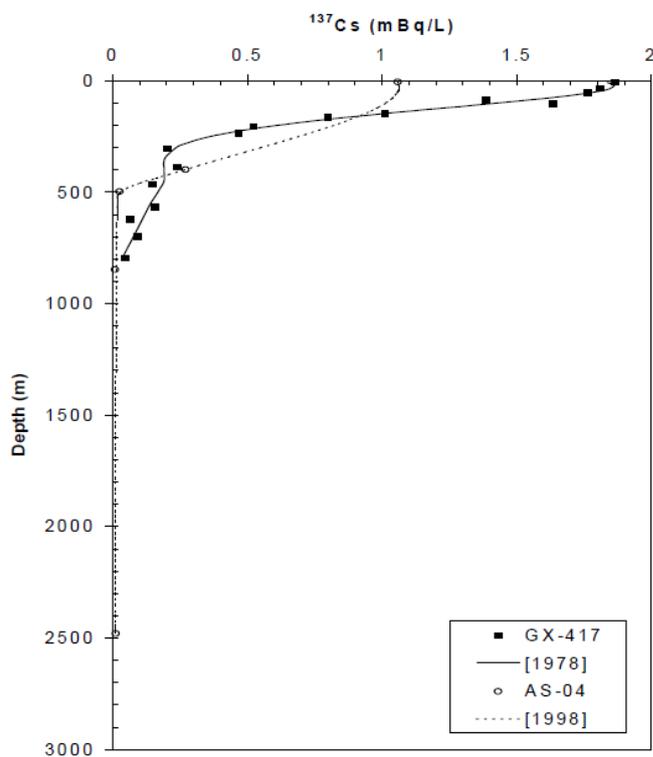


圖 3-14 印度洋不同深度水層之 Cs-137 濃度剖面圖

3.3 大西洋和北冰洋

與太平洋相較，大西洋受到區域性核武試爆的影響較少，然由於核燃料再處理廠排放和車諾比事故的影響，大西洋東北部的 Cs-137 含量較高，如北海、波羅的海、黑海及愛爾蘭海。經由對大西洋東北部進行密集取樣，結果顯示 Cs-137 水平在 2.8 和 4.5 mBq/L 之間，平

均濃度為 3.3 mBq/L。

3.3.1 大西洋表面水 Cs-137 濃度

大西洋和北冰洋及其緣海分為 18-30 區塊。

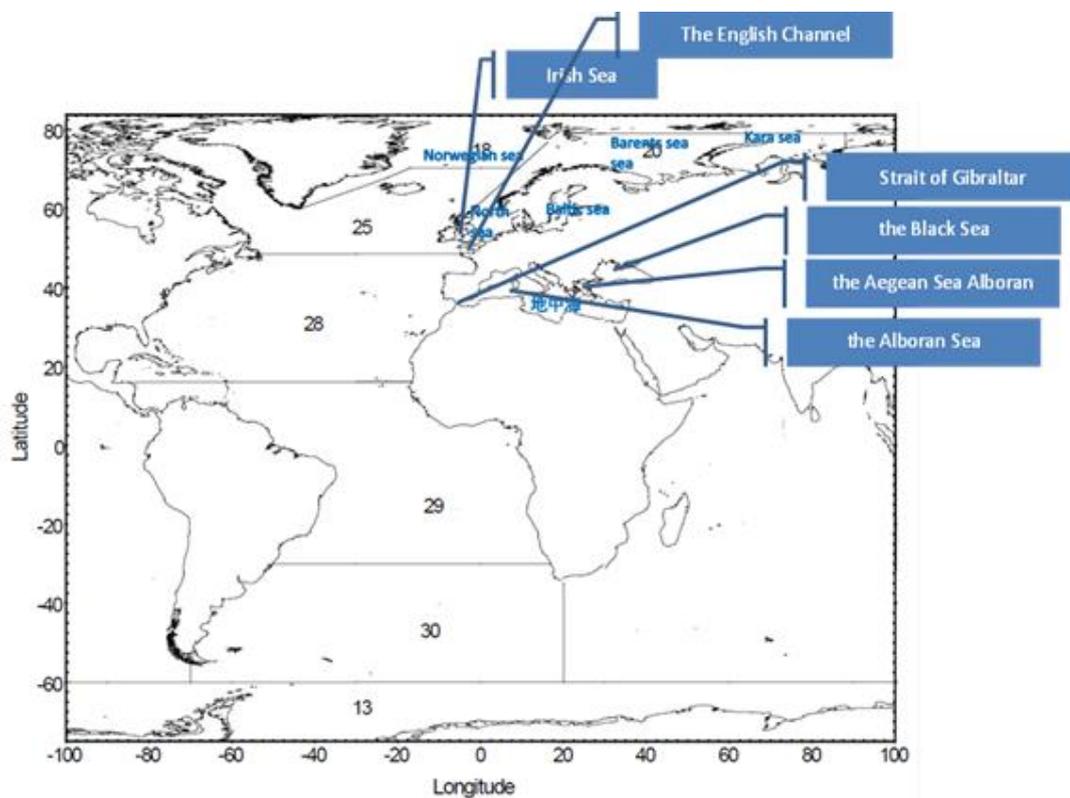
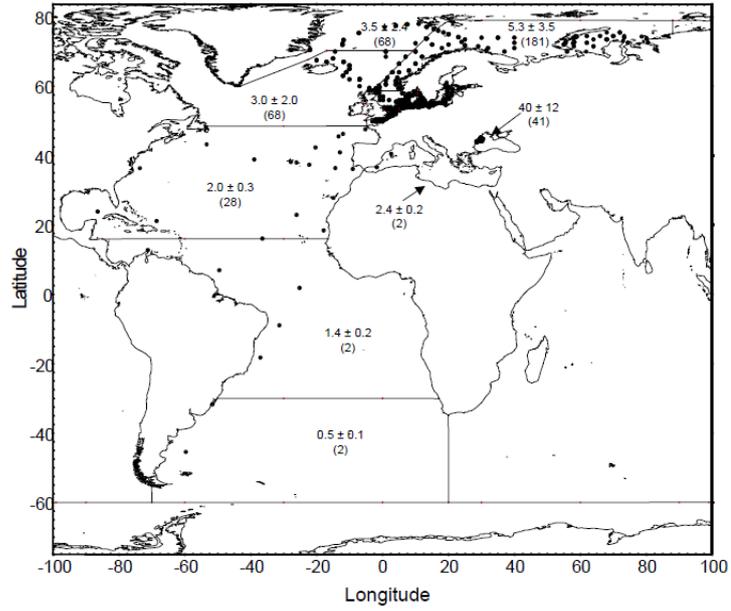
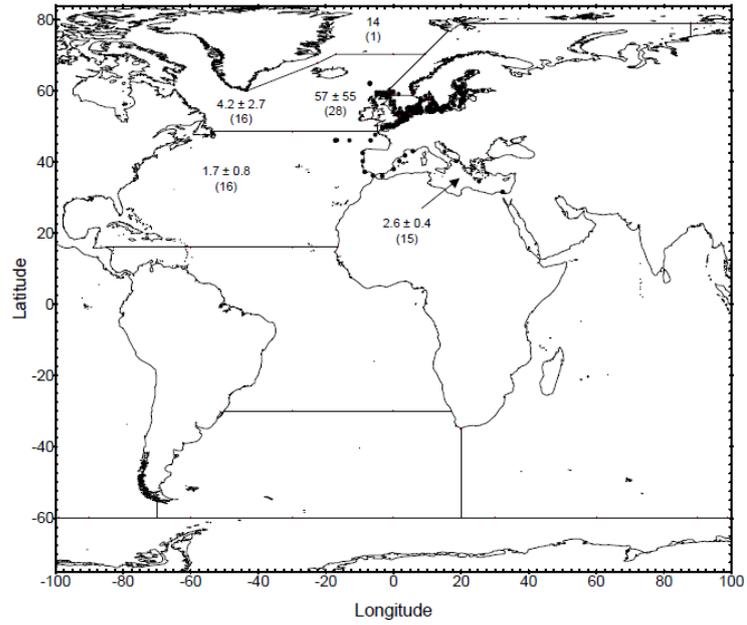


圖 3-14 大西洋海域區塊劃分

1991 至 1995 年和 1996 至 2000 年間，大西洋表層海水 Cs-137 濃度詳如圖 3-15。



(a)



(b)

圖 3-15 大西洋表層海水 Cs-137 之濃度分布，數據修正至 2000 年 1 月 1 日 (a)1991 至 1995 年資料；(b)1996 至 2000 年資料。

1991 至 1995 年的數據顯示，大西洋 Cs-137 含量明顯受到緯度效應影響，南方平均值約 0.6 mBq/L(區塊 30)，北方平均值則約 3.5 mBq/L(區塊 18)，其中最高濃度出現在波羅的海(平均值約 60 mBq/L)和黑海(約 40 mBq/L)，1996 至 2000 年間的數據亦呈現相近的趨勢。

3.3.2 大西洋表層海水 Cs-137 含量隨時間的變化

由 GLOMARD 資料庫中的數據推算大西洋不同區塊的 Cs-137 有效半化期，經整併鄰近區塊，其結果如表 3-4。

表 3-4 大西洋主要區塊表層海水 Cs-137 之有效半化期

Area	Boxes	Effective half-life $\pm 1\sigma^*$
		(year) ¹³⁷ Cs
North Atlantic	25+28	18.6 \pm 4.2
Central Atlantic	29	23.7 \pm 5.7
South Atlantic	30	20.2 \pm 6.3
All Atlantic	25-30	20.4 \pm 3.0

Cs-137 在北大西洋約為 19 \pm 4 年，中大西洋為 24 \pm 6 年，南大西洋約 20 \pm 6 年，大西洋整體的 Cs-137 有效半化期則約為 20 \pm 3 年。

3.3.3 大西洋 Cs-137 活度隨水層深度之變化

有關大西洋 Cs-137 活度隨水層深度變化的研究，其取樣站點詳如圖 3-16。

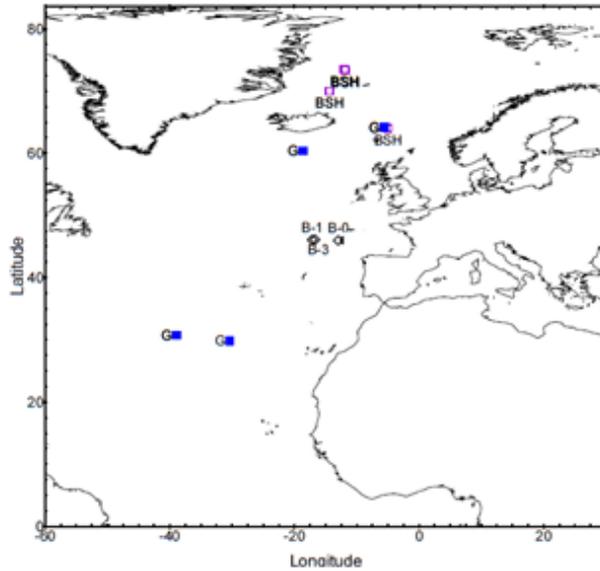


圖 3-16 用於評估大西洋不同深度水層 Cs-137 含量之取樣點

圖 3-17 為北大西洋（60°N 北方）不同深度水層的 Cs-137 核種濃度，圖中顯示 Cs-137 活度大致與深度呈負相關，另一方面，由 1972、1985 和 1995 年的數據顯示，Cs-137 活度則隨時間增加，此係因 Sellafield 核子燃料處理廠排放 Cs-137 所致，根據 IAEA-TECDOC-1429 報告所述，Cs-137 從 Sellafield 場址遷移至調查海域約需 10 年，此現象與 Sellafield 再處理廠 Cs-137 排放量於 70 年代中期達到最大之情形十分吻合，但有關 1995 年 Cs-137 活度進一步增加的情形，則難有適當解釋。

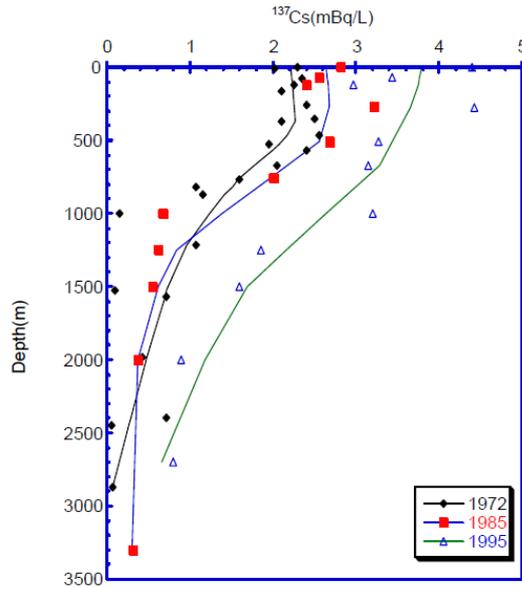


圖 3-17 北大西洋不同深度水層的 Cs-137 核種濃度(60°N 北方)

圖 3-18 為 IAEA 1996 年與 GEOSECS 計畫 (1973 年) 的 Cs-137 偵測結果比較，顯示表層海水濃度於 1973 年為 3.2 mBq/L，至 1996 年則降為至 1.2 mBq/L，而深度超過 750 米的海水，其 Cs-137 含量則於 1996 年增加，惟原報告未對此敘明原因。

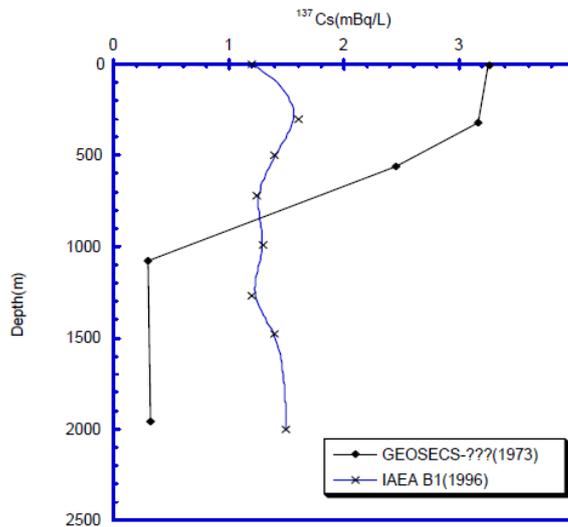


圖 3-18 北大西洋不同深度水層 Cs-137 核種濃度(50°N 南方)

3.3.4 北歐海洋(northern European seas)的放射性核種

北歐海洋的人造放射性核種主要來自全球落塵、Sellafield 和 Cap de la Hague 核子燃料再處理廠的液體排放，以及車諾比事故的落塵。除了這些來源，核電廠、燃料生產設施、核能研究設施，以及在大西洋東北部傾倒的低放射性廢物，均可能導致環境中的放射性核種增加。

北冰洋(Arctic Ocean)則有其它的潛在來源，例如：在 Kara 和 Barents Seas 傾倒的放射性廢棄物、Kola 半島核子活動所造成的排放、沉沒核子潛艇“Komsomolets”等。

3.3.5 愛爾蘭海域(The Irish Sea)

愛爾蘭海(區塊 23)在 1999 年秋天的 Cs-137 活度濃度分布如圖 3-19。

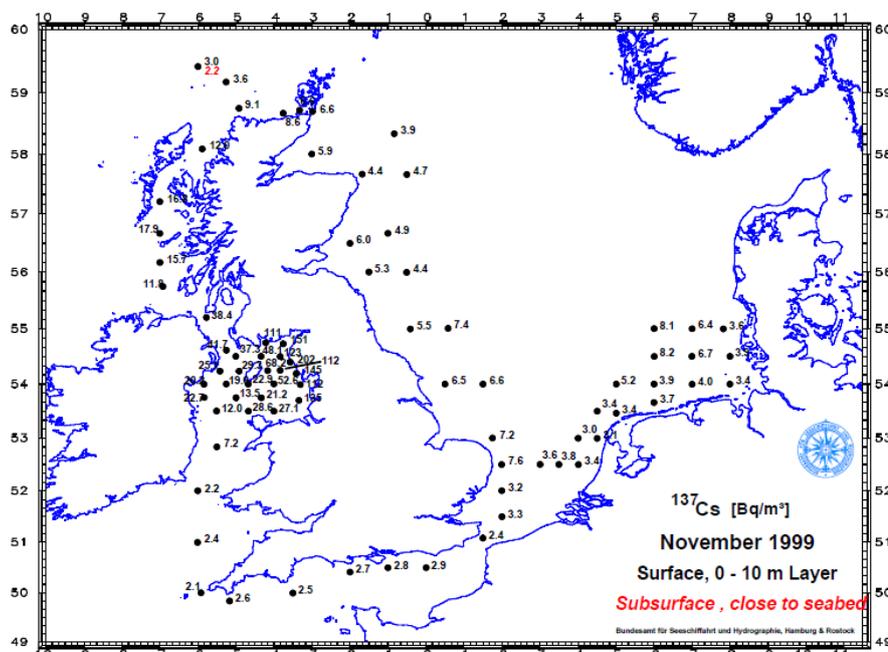


圖 3-19 愛爾蘭海域 Cs-137 監測結果(1999 年)

據估算，愛爾蘭海於 2000 年的平均 Cs-137 濃度約為 60 mBq/L。1976 至 1980 年、1981 至 1985 年、1986 至 1990 年和 1991 至 1995 年間的表層海水 Cs-137 濃度分析結果(圖 3-20)，清楚地顯示 Cs-137 係來自 Sellafield 核子燃料再處理廠。

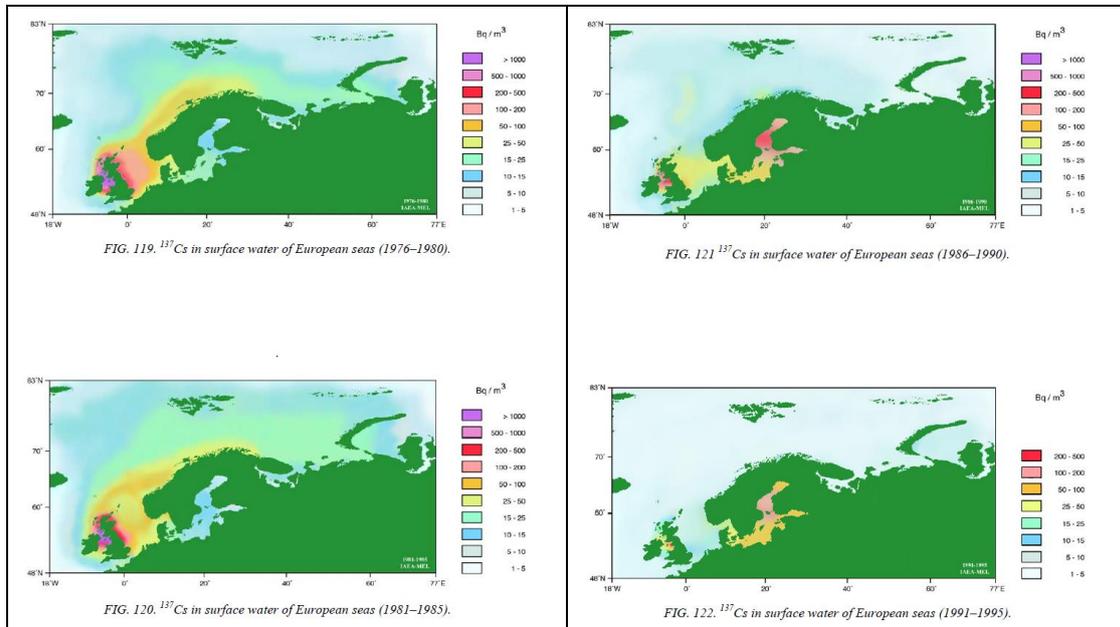


圖 3-20 不同年代愛爾蘭海域 Cs-137 監測結果

3.6.6 北海(The North Sea)

北海(區塊 22)因接收愛爾蘭海和英吉利海峽(the English Channel)的水流，而受到來自 Sellafield 和 Cap de la Hague 核子燃料再處理廠的污染，因此 Cs-137 濃度與排放時間於趨勢上呈現相關。1975 年，Sellafield 核子燃料再處理廠的 Cs-137 排放量達到最大，而在北海，1979 年測得之 Cs-137 濃度達到最高，其值約為 500 mBq/L。1975 年後，Sellafield 核子燃料再處理廠的排放量逐年下降，由於近年來排放量顯著減少，北海的 Cs-137 濃度目前僅略高於北大西洋因落塵所致之表層海水放射性含量水平。

3.6.7 波羅的海(The Baltic Sea) (區域 21)

在 1986 年以前，波羅的海的 Cs-137 來源為全球落塵，其所含之 Cs-137 核種會經由丹麥海峽(the Danish Straits)流入北海；1986 年車諾比事故發生之後，大部分 Cs-137 沉積在波羅的海的細粒沉積物中，至 2005 年時，水相中的 Cs-137 濃度已減少至原有的 1/2。據評估，波羅的海 Cs-137 的有效半化期為 14.1 ± 1.8 年，如考量放射性衰變，2000 年時，表層海水 Cs-137 的平均濃度已降至約為 60 mBq/L。

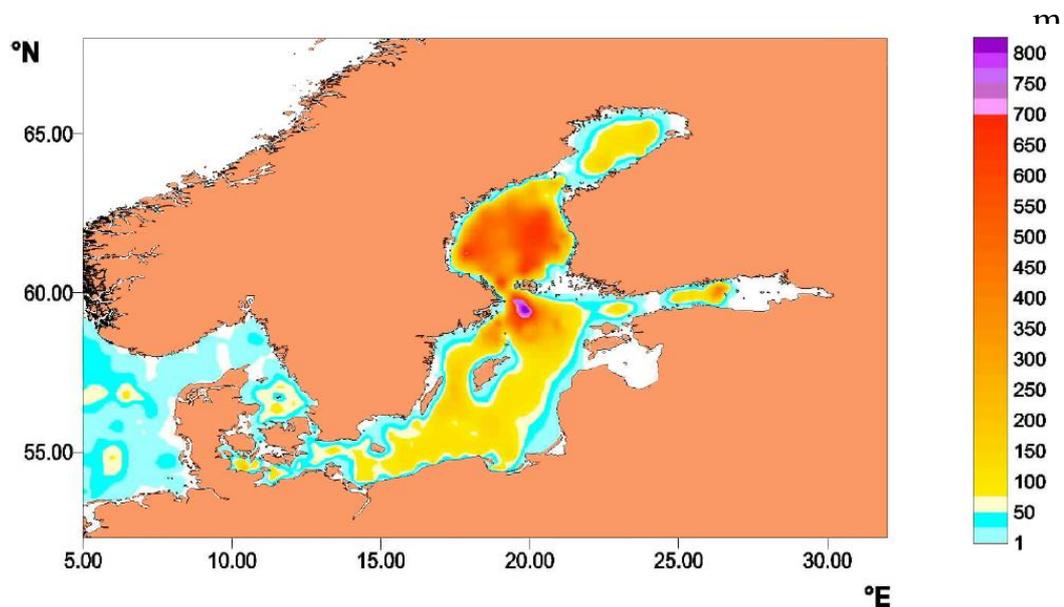


圖 3-21 車諾比事故後波羅的海 Cs-137 監測結果(1986-1988)

3.6.8 北冰洋(The Arctic Seas)

北冰洋的 Cs-137 來源除了全球落塵外，主要來自核子燃料再處理廠的排放物。由 2000 年在北冰洋(the Norwegian, Barents and Kara

Seas) 的調查結果顯示，該處之 Cs-137 水平明顯低於 1985 年的調查結果，這是由於 Sellafield 再處理廠的排放量減少，使得該海域 Cs-137 水平下降。在北極水域，未發現受到前蘇聯傾棄的放射性廢棄物和其他放射性物質的長期污染，依據 1992 年和 1995 年於該區域之偵測結果，顯示北部 the Norwegian Sea 的沉沒核子潛艇“Komsomolets”亦無造成長期污染。據估算，Cs-137 在 the Barents Sea 的有效半化期為 4.2 ± 0.2 年，因此推估 2000 年時，該海域平均 Cs-137 濃度約為 3 mBq/L。

3.6.9 地中海

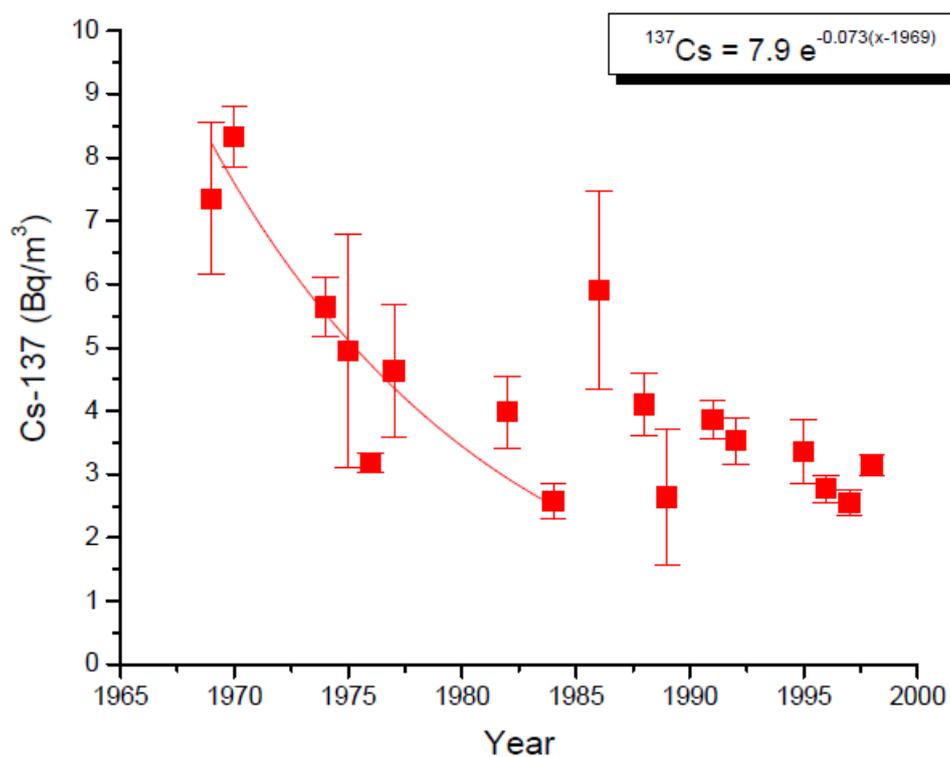
地中海是一個封閉的深盆地，經由狹窄、淺的直布羅陀海峽與大西洋相通。地中海之人造放射性核種主要來自 1960 年代初的核武試爆落塵（其中約有 12 PBq 的 Cs-137）。1986 年車諾比事故發生後，據估計，地中海東部和北部地區沉積了 3 至 5 PBq 的 Cs-137，另一批車諾比事故所產生的放射性核種則通過黑海（0.3 PBq 的 Cs-137）流入地中海。另一方面，Marcoule（法國）核子燃料再處理廠獲准將低放射物質排入地中海西北部的 the Rhone river，至 1995 年為止，Cs-137 總排放量達 30.2 TBq。

1977 年，地中海西南部和第勒尼安海的 Cs-137 平均值為 4.4 ± 0.7 mBq/L，地中海西北部、亞得里亞海、愛奧尼亞海的 Cs-137 平均值則為 4.8 ± 1.8 mBq/L，僅在地中海東南部發現略低的值（ 4.2 ± 0.3 mBq/L）。

表層海水 Cs-137 濃度隨時間的變化趨勢如圖 3-22 所示，在 1970 至 1985 年間，表層海水 Cs-137 濃度呈現明顯的指數下降；1986 年發

生車諾比事故後，地中海北部和東部的 Cs-137 劇烈增加，至 1990 年，地中海 Cs-137 的濃度已恢復到車諾比事故發生前的數值。

圖 3-22 地中海 Cs-137 監測結果(1969-1998)



4. 台灣附近海域

台灣附近海域係位於太平洋西北部（區塊 4）的海域，其人造核種除來自核爆落塵外，2011 年的日本福島事故亦會有所影響。

依據 IAEA TEDOC 1429 報告之相關內容（圖 3-3、表 3-1），此區塊表面海水的 Cs-137 平均濃度為 2.4 ± 0.4 mBq/L（推算至 2000 年 1 月 1 日），有效半化期為 24.2 ± 3.1 年，由此推算至 2017 年 1 月 1 日，其 Cs-137 濃度約為 1.5 ± 0.3 mBq/L。此值可作為一參考背景值，以評估福島事故對此海域的影響。

為進一步瞭解台灣海域的放射性分布及歷史變動趨勢，特引用 MARiS 資料庫於相關區域的偵測數據進行研析，並參考行政院農業委員會訂定的護漁範圍，將查證範圍聚焦在北緯 $18^\circ \sim 30^\circ$ 、東經 $116^\circ \sim 127^\circ$ （如圖 4-2）。

此外，為便於分析本次查證範圍內各海域放射性含量的變動趨勢，參考台灣鄰近海域的洋流流向，另將查證範圍概分為 A（台灣東北方）、B（台灣東南方）、C（台灣西方）等三區，結果如圖 4-3。

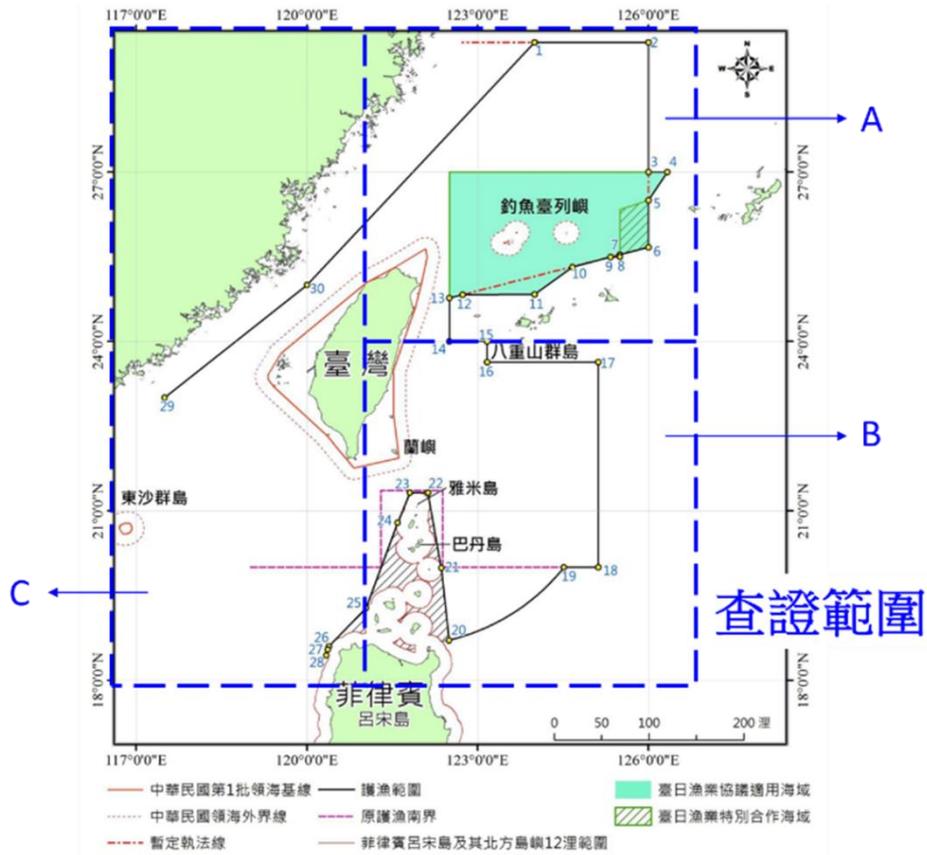


圖 4-2 以 MARiS 資料庫所查證之台灣海域

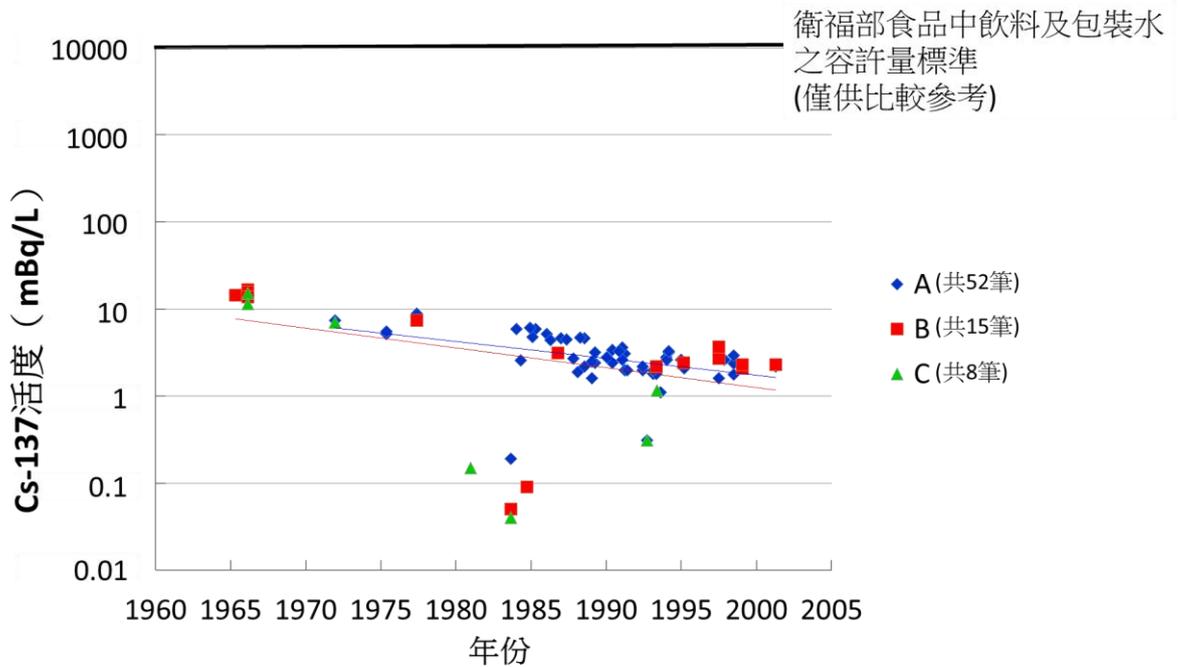


圖 4-3 以 MARiS 資料分析台灣附近海域表面水 Cs-137 濃度

經檢視 MARiS 資料庫，截至目前為止，於本次查證範圍共有 75 筆水樣 Cs-137 含量分析數據，其中 A 區 1972~2002 年共有 52 筆數據，B 區 1965~2002 年共有 15 筆數據，C 區 1966~1994 年共有 8 筆數據，其歷史數據詳如圖 5-11，結果顯示，歷史 Cs-137 活度最高為 16.65 mBq/L(1966 年)，若以行政院衛生福利部「食品中原子塵或放射能污染容許量標準」的限量作為比較參考基準(對於飲料及包裝水，Cs-134 與 Cs-137 總和: 10 貝克/公斤，約相當於 10,000 mBq/L) [4]，查證範圍內的水樣 Cs-137 含量為食品容許量標準的千分之二以下，此外，A、B 二區的 Cs-137 活度大致隨年份呈一下降趨勢，而 C 區因資料筆數較少，且變異較大，其數據於統計學上僅供參考，而以上三區之活度範圍及變動趨勢大致與 IAEA-TECDOC-1429 報告中有關太平洋鄰近區域的偵測數據接近。

MARiS 資料庫現有數據顯示，C 區的數據較少，其偵測結果較難代表該區域實際的輻射狀態，此外，福島事故發生於 2011 年，然各區偵測數據均於 2002 年前取得，故無法藉此評估福島事故的影響，如需判斷台灣鄰近海域是否有輻射異常仍有不足，因而有必要建立完整監測計畫，以釐清台灣離岸海域環境輻射狀況。

5. 結論

全球海域的人造核種污染，以核爆落塵為主要貢獻，此來源導致太平洋 Cs-137 含量增加約 311 PBq(10^{15} Bq)，對大西洋約增加 201 PBq，對印度洋約增加 84 PBq，對北冰洋約增加 7.4 PBq。另一個人造核種的來源為核子燃料再處理廠的排放物，據統計，約有 40 PBq 的 Cs-137 已排放至愛爾蘭海與英吉利海峽。此外，核子事故亦為海洋中人造核種的重要來源，1986 年於俄羅斯發生的車諾比事件約排放 16 PBq 的 Cs-137 至波羅的海及黑海，1989 年蘇聯核子潛艇 Komsomolets 號於挪威西南方沉沒，估計有 3 PBq 的 Cs-137 流入海洋，2011 年於日本發生的福島事故則約排放 1-6 PBq Cs-137 至北太平洋海域。其它較為零碎的來源，包含各類放射性廢棄物的拋置等，則有約 85.075 PBq 進入太平洋與大西洋。

依據 IAEA TEDOC-1429 報告資料，各海域區塊的表面海水 Cs-137 濃度彙整如表 5-1。

表 5-1 全球各海域區塊表面海水 Cs-137 濃度

海域	區塊	有效半化期 (年)	修正至 2000 年 1 月 1 日活度 (mBq/L)	修正至 2017 年 1 月 1 日活度 (mBq/L)
North Pacific	1	13.7 ±0.8	2	0.8 ±0.2
	2	16.5 ±0.9	2.4	1.2 ±0.3
	3	10.6 ±0.5	2.8	0.9 ±0.2
	4	24.2 ±3.1	2.4	1.5 ±0.3
	5	18.4 ±4.2	2.3	1.2 ±0.3
Equatorial Pacific	6	29.9 ±7.7	2.3	1.6 ±0.2

	7	21.3 ±3	1.9	1.1 ±0.1
South Pacific	8	*	1.7	1.1 ±0.3
	9	28.5 ±1.6	1.7	1.1 ±0.1
	10	23.3 ±2.6	1.4	0.8 ±0.1
	11	11.9 ±2	1.1	0.4 ±0.3
	12	*	0.6	0.4 ±0.2
Antarctic	13	*	0.1	0.1 ±0.07
Sea of Japan	14	19 ±0.9	2.8	1.5 ±0.3
Arabian Sea	15	20.2 ±1.9	1.6	0.9 ±0.2
Indian Ocean	16	26.3 ±4.9	2.1	1.3 ±0.2
Southern Ocean	17	12.7 ±7	1	0.4 ±0.3
Arctic Ocean	18	13.6 ±1.5	1	0.4 ±0.1
	19	*	*	*
Barents Sea	20	4.2 ±0.2	3.6	0.2 ±0.1
Baltic Sea	21	14.1 ±1.8	61	26.4 ±8.5
North Sea	22	5.7 ±0.3	6.5	0.8 ±0.4
Irish Sea	23	*	57	38.5 ±37
English Channel	24	6.9 ±0.6	4.2	0.8 ±0.3
North N. Atlantic	25	23.3 ±1.8	4.2	2.5 ±1.7
Black Sea	26	7.3 ±1.2	25	5.0 ±2.7
Mediterranean Sea	27	*	2.6	1.8 ±0.3
North Atlantic	28	14.9 ±1.6	1.7	0.8 ±0.4
Central Atlantic	29	23.7 ±5.7	1.4	0.9 ±0.2
South Atlantic	30	20.2 ±6.3	0.6	0.3 ±0.1

* IAEA-TECDOC-1429 無相關數據。

表 5-1 為 2000 年的調查結果，2000 年後，除福島事故外，並無重大輻射污染事件，因此，此表數據可作為各海域是否受福島事故影響之參考值。台灣位於北太平洋區塊 4 之海域，依據上表，其 Cs-137 參考濃度約為 1.5 ±0.3 mBq/L。

依據國際原子能總署海洋資訊系統 (MARiS) 之現有資料，1965~2002 年台灣海域內共有 75 筆海水 Cs-137 含量偵測數據，其歷史最高值為 16.65 mBq/L (1966 年)，約為衛福部「食品中原子塵或

放射能污染容許量標準」針對飲料及包裝水之容許量標準的千分之二以下，惟台灣西方海域的數據較少，這些數據較難代表該區域實際的輻射狀態，此外，福島事故發生於 2011 年，然台灣海域的偵測數據均於 2002 年前取得，故無法由這些數據評估福島事故的影響。

綜上，MARiS 資料庫雖蒐集了全球海洋輻射偵測的數據，惟其有關台灣海域的輻射監測資料相當有限，如需藉此判斷台灣鄰近海域輻射是否異常仍有不足，因而有必要建立完整監測計畫，以釐清台灣海域環境輻射狀況，俾供未來分析輻射監測數據時之用，並期釋國人之疑慮。

參考文獻

- [1] IAEA-TECDOC-1429, Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS) Radionuclide levels in oceans and seas, 2005
- [2] IAEA, The Fukushima Daiichi Accident- Report by the Director General, 2015
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapons_testing.
- [4] 行政院衛生福利部，「食品中原子塵或放射能污染容許量標準」，105 年 1 月 11 日。