



Palos Verdes Shelf 超級基金場址

美國環境保護總署

第 9 區

加州三藩市

2008 年 2 月

補救調查報告已完成；可行性研究正在進行

Palos Verdes Shelf 超級基金場址 (Palos Verdes Shelf Superfund site) 是 Palos Verdes Peninsula 外的受污染沉積物影響的區域。受污染沉積物沉積在太平洋海面以下 150 英尺及更深處，是人類不會接觸到的深度。不過，Palos Verdes Shelf 區域的魚類體內含有高濃度的 DDT 及 PCB。雖然目前的 DDT 和 PCB 濃度已低於歷史高點，但魚類體內的 DDT 及 PCB 濃度仍然對人類健康及自然環境造成危害。

補救調查報告提要

補救調查 (RI) 報告對下列各點作出了總結：

- 污染物的性質及散佈範圍
- 污染物的流佈和演變
- 該場址目前對人類健康及環境造成的風險

雖然自 30 多年前即已停止排放 DDT 及 PCB，但這些持久性污染物仍然存留於 Palos Verdes Peninsula 外的海底沉積物中。補救調查發現，經過這麼多年，DDT 及 PCB 含量已經降低。有些污染物從陸棚被帶入更深的水域，有些則與較清潔的沉積物混合而獲得稀釋；而且在受污染的淤積層中，我們還發現了 DDT (非 PCB) 正在慢慢分解的證據。RI 報告利用新的魚類資料重新評估了該場址對人類健康所造成的風險，發現魚類 (尤其是白花魚等底棲攝食魚) 體內的 DDT 及 PCB 含量仍然未達安全標準，因此我們有必要提供魚類食用建議報告 (請參閱第 7 頁表 1)。雖然我們已發現一些環境復原的跡象 (如禿鷹在 Channel Islands 上築巢)，但該場址仍會對當地野生動物造成危害。

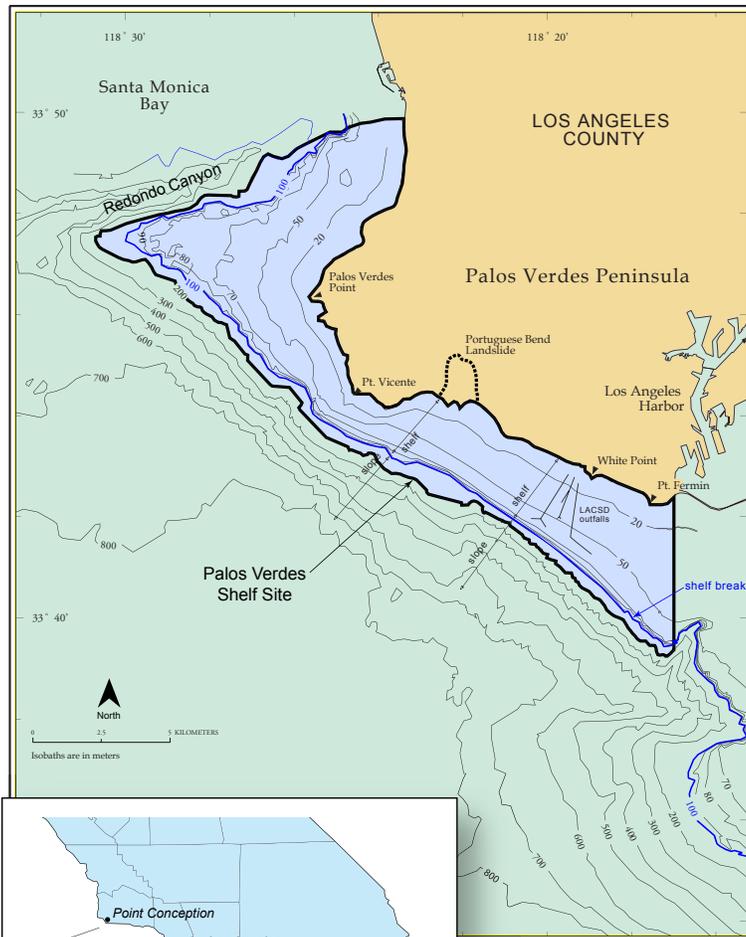


圖 1 : Palos Verdes 超級基金研究區域

EPA 一直在關注該場址對人類健康造成直接危害的問題，並與州政府、當地相關機構及社區團體共同合作，以降低食用最有可能含高濃度污染物的魚類。有關「制度性管制」(Institutional Controls) 方案的說明，請參閱第4頁。與此同時，EPA 已啟動超級基金的調查、風險評估及補救辦法篩選程序。

EPA 的 RI 報告對 Palos Verdes Shelf 研究區域的現況作出了詳盡的分析，而本概要說明只是這份報告的提要。如需完整的 Palos Verdes Shelf 超級基金場址 RI 報告，請瀏覽 EPA 的第 9 區 (Region 9) 站點，網址是：www.epa.gov/region09/waste/sfund/pvshelf。

完成補救調查後，EPA 將擬定可能的補救辦法，以降低該場址對人類健康及環境所造成的風險。這些替代補救措施將在可行性研究中加以說明；該研究預計於 2008 年秋發佈，供大眾審閱。EPA 將會在建議計劃中闡述其認為最可取的替代補救辦法，並將在 San Pedro/Palos Verdes Peninsula 鄰近地區舉行公聽會來討論該項提議計劃，敬請民眾提供寶貴意見。

場址特性

從 Pt. Conception 到墨西哥邊界的加州海岸向內彎曲，形成名為「Southern California Bight」的大

海灣。Palos Verdes Peninsula 是一塊小而凸出的陸地，一直延伸至 Southern California Bight。其北鄰接 Santa Monica Bay，南面銜接 San Pedro Shelf。Channel Islands 位於西邊及西北邊。Palos Verdes Peninsula 外狹窄的陸棚名為 Palos Verdes Shelf，其長約 9 英里，寬不到 1½ 英里。陸棚上大部分的海床坡度平緩 (1 至 3 度)。陸棚在 250 至 300 英尺處斷裂，之後陡降逾 2,300 英尺，直到海底。(請參閱圖 1。)

一份於 1993 年針對 Palos Verdes Shelf 所做的研究報告將該場址描述為有岩石露頭及海藻床的區域。之後，都市化、Portuguese Bend 土石流及 White Point 排出口改變了這個區域的面貌。自 1930 年代至 1980 年代，White Point 排出口將大約 400 萬噸的沉積物排放到該陸棚上。而自 1950 年代起，排出口北面的 Portuguese Bend 土石流也為該區域帶來了大約 600 到 900 萬噸的沉積物。工程措施已將土石流穩定下來；儘管如此，土石流前端部分仍繼續磨蝕並成為沉積物的來源。

沿着 Palos Verdes Shelf 的海流及海浪形態依季節及所處位置各有不同。圖 2 顯示 Southern California Bight 的一般海流形態。主要的海洋環流形態包括往南流的加州海流、往北流的加州反流及受到往北流的戴維生反流 (Davidson Countercurrent) 之季節性影響的海流。在春季至秋季期間，表層與底層海流通常會被位於 30 至 100 英尺深的海洋密度躍層 (海水密度劇烈變化的區域) 分隔開。陸棚上密度躍層以下的海流通常往西北流，與海床界線平行。相反，表層海流則主要往東南方流，只有在秋末和初冬西風減弱時才轉為往西流。接近底層的海浪及海流大多數時候並不會再次沖動沉積物，但偶爾 (大都是在發生暴風雨的時候) 也會沖動沉積物使其在陸棚上流動，甚至沖離陸棚。

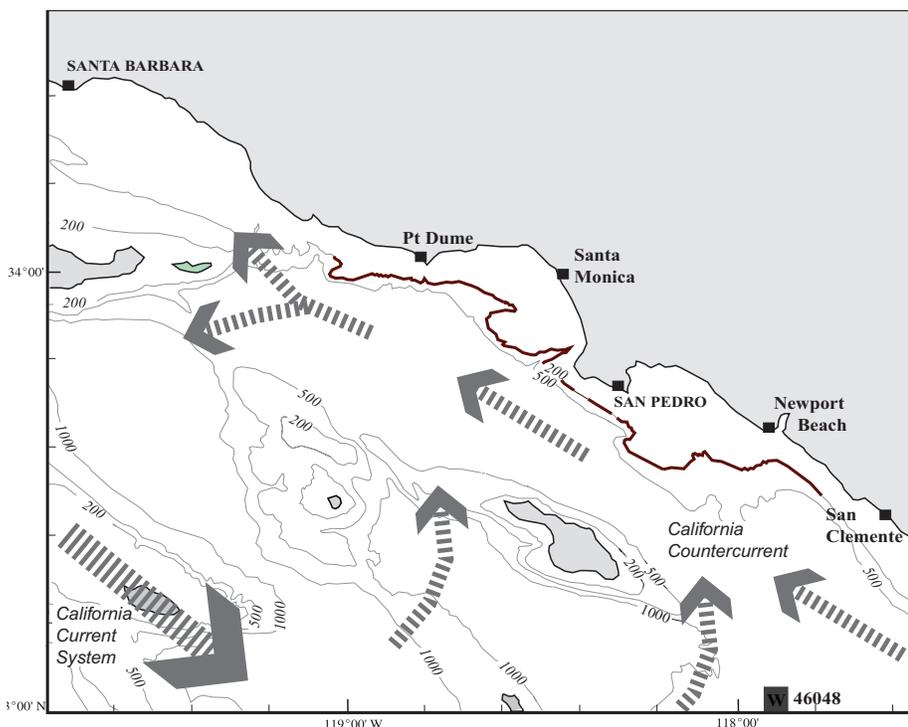


圖 2：Southern California Bight 的一般海流形態

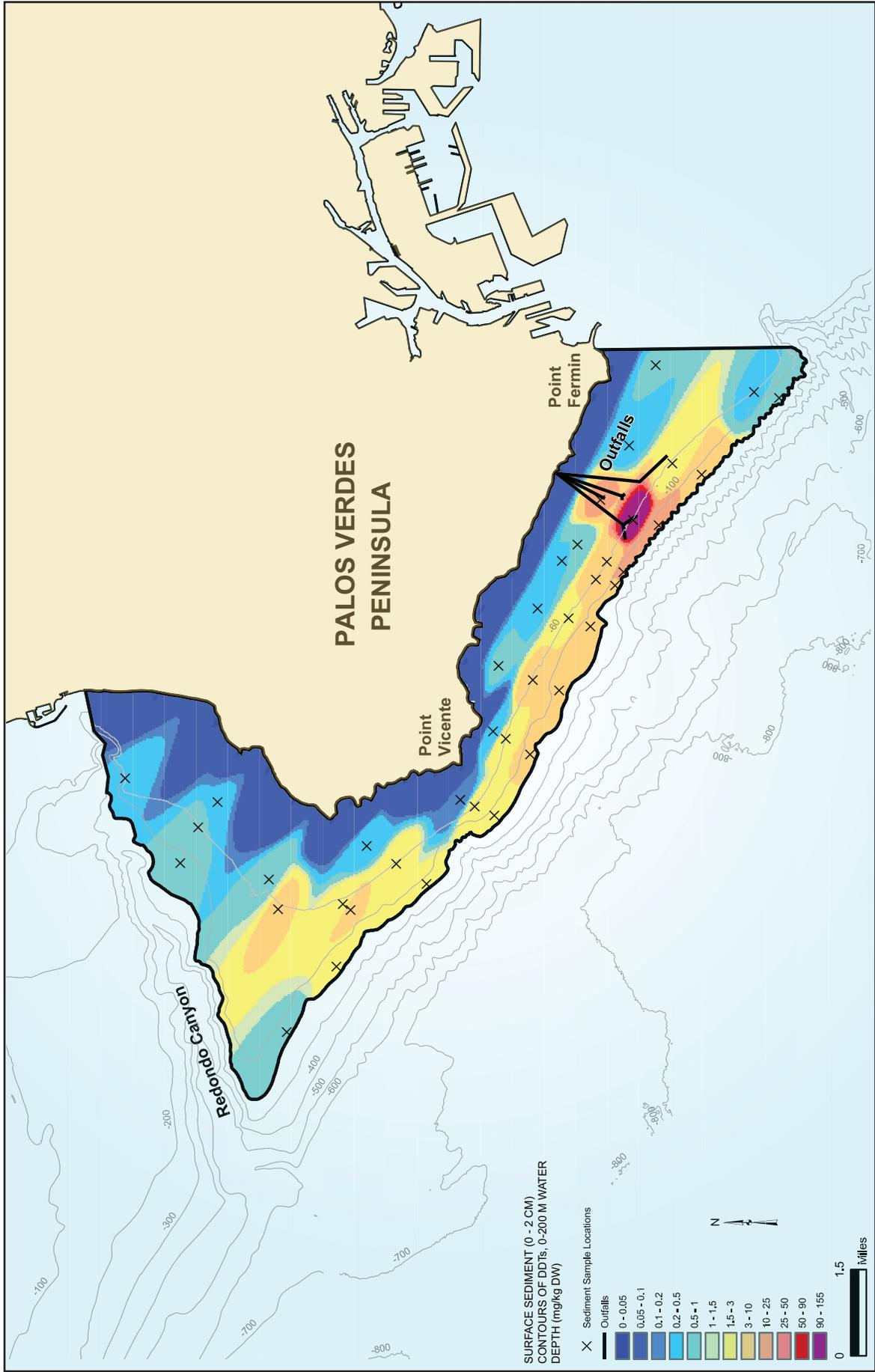


圖 3 (DDT 淤積層分佈圖)：受流出物影響 (EA) 的淤積層厚逾 2 英尺，而流出口處的表層 DDT 濃度高達 200 ppm (百萬分之一)。隨著淤積層往西北方成扇形散開，表層污染物濃度降為 2 至 10 ppm，近岸處的濃度不到 1 ppm，在陸棚斷裂處的濃度則為 3 到 15 ppm。在表層 6 至 12 英寸厚的下方，沉積物的污染濃度在 100 到 200 ppm 之間。

為什麼 Palos Verdes Shelf 會有大量的 DDT 和 PCB ？

洛杉磯縣的廢水 (流出物) 自 1937 年起就從 Palos Verdes Shelf 外的 White Point 排出。污水在進入排出口之前，先在卡森城 (City of Carson) 的聯合水質污染處理廠 (Joint Water Pollution Control Plant) 進行處理。洛杉磯縣下水道管理處 (Los Angeles County Sanitation District, LACSD) 負責管理該縣的下水道系統。Montrose Chemical Corp. 是使用該污水排放系統的多家工業廠商之一，該公司是全美最大的 DDT 製造商。自 1950 年代至 1971 年止，大量的 DDT 及相關的工業廢料流入下水道系統，並最終從 White Point 流出口排出。1971 年是 Montrose 使用該縣下水道排放廢水的最後一年，當年度估計約有 50,500 磅的 DDT 從排出口排出。在 1976 年頒佈禁令之前，排入下水道系統的工業廢水中還含有另一種持久性有害物質 PCB。禁止排放這些持久性污染物後，LACSD 繼續將處理過的廢水排入 Palos Verdes Shelf。這在受 DDT 及 PCB 污染的沉積物上形成了一層較為清潔的沉積物。

在 Palos Verdes Shelf 上，估計約有 570 萬噸的沉積物遭到了 White Point 流出口的排出物影響。在這些流出物影響 (EA) 的沉積物中大約混合了 110 噸 DDT 及 11 噸 PCB。EA 沉積物在沿海 150 英尺深處至陸棚斷裂處之間形成長達 1 英哩的可辨淤積層。淤積層厚度在 2 英寸至逾 2 英尺不等，最大累積區域在 200 英尺深處。流出口鄰近地帶的淤積層最厚，且 DDT 及 PCB 濃度也最高，之後往西北方成扇形散開。請參閱圖 3 及圖 4。

EA 沉積物的演變和流佈

如上文所述，1970 年代之後已停止向 Palos Verdes Shelf 排放 DDT 及 PCB，而總懸浮固體的排放量至 2003 年已減少了 97%。與 1992 年相比，目前 EA 沉積物中的 DDT 及 PCB 濃度與含量都有所降低。EA 淤積層位於較為清潔的沉積物下方，因此在確定處理剩餘污染物的最佳方法時，必須先了解一個問題，即淤積層是否會一直被埋住？RI 報告檢視了影響 EA 沉積物的各種過程，討論其互動方式，並嘗試量化各個過程對陸棚不同部分的重要性。下文

制度性管制方案

制度性管制 (IC) 方案的提出與實施，是為了針對某些會危害人類健康風險的魚類問題而設立，例如在 Palos Verdes Peninsula 捕捉到的白花魚體內通常都含有高濃度的 DDT 和 PCB。IC 方案包含三部分：大眾教育宣導、魚類監測以及執行。本方案的實施有賴於和其他聯邦、州、當地相關機構及社區團體的共同合作，以執行白花魚的商業禁捕令和捕獲量限制，並教育大眾可將遭受污染降至最低的捕魚方法和魚類烹調方式。有關 IC 方案的資訊可在 www.pvsfish.org 網上查閱。



簡單討論了控制 EA 沉積物之演變和流佈的生物、化學及物理過程。

生物因素

在污染較嚴重的淤積層上方、厚度約 1 英尺的較清潔沉積物中，仍然含有濃度可量測的 DDT 和 PCB。被埋住的污染物究竟是如何到達表面的呢？一種解釋是透過生物因素。陸棚地表棲息著蠕蟲、海參、蝦、螃蟹和其他無脊椎動物。它們通常可以耐受污染物的影響，並像蚯蚓翻動土壤一樣翻動那些沉積物。雖然多數動物只能翻動表面 6 英寸的沉積物，但有些較大型的品種，例如鬼蝦 (ghost shrimp)，可以將地表下數英尺深的沉積物翻攪上來。這種垂直攪動增加了表面沉積物中的 DDT 和 PCB 含量。攪動也使物質變得鬆動，更容易重新懸浮在水中。但是，無脊椎動物食用有機物質並產生排泄物顆粒的過程，也會使沉積物更加緊密。一項 1992 年的研究發現，在 EA 沉積物中，已有多達 50% 的淤泥和黏土變成顆粒物。

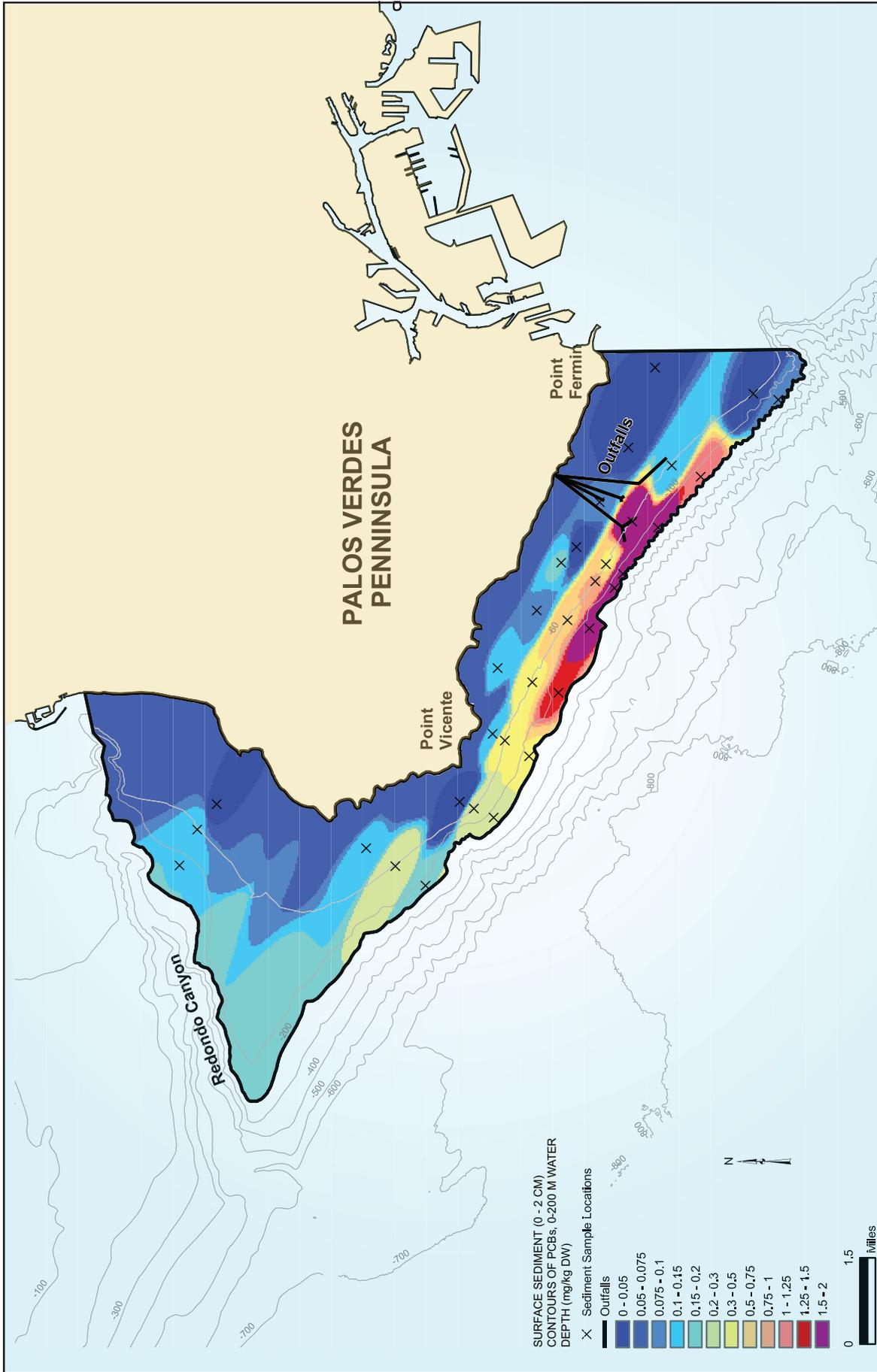


圖 4 (PCB 分佈圖)：除流出口鄰近地帶外，PCB 的表層濃度通常低於 0.5 ppm。我們沒有關於沉積物深處 PCB 濃度的最新資料，但在 1992 年，淤積層一英尺或以下深處的濃度約在 2 至 20 ppm 之間。

化學因素

Palos Verdes Shelf 上的大多數 DDT 都會迅速轉變成兩種 DDT 的類緣化合物，即 DDE 或 DDD。最近的分析結果顯示，至少在某些區域，化學分解過程仍在持續進行。關於這個稱為脫氯還原的過程，EPA 掌握了有限卻十分有力的資料。EPA 分別於 1992 年和 2005 年在 Long Pt. 外 200 英尺深處同一地點採取沉積物岩心，加以分析比較。結果顯示 DDE 正轉變成另一種更簡單的類緣化學物質，稱為 DDMU。在岩心中也找到了其他分解產物。但目前對這些分解產物毒性的了解非常有限。還原脫氯可以解釋沉積物深處 DDE 濃度降低的現象。然而，想要確定這種轉變是否正在進行以及會進行到什麼

程度，還必須對整個陸棚的沉積物岩心進行化學分析。目前沒有證據顯示，原本以稱為「Aroclors」的工業化學原料形式沉積在陸棚上的 PCB 正在進行脫氯還原。而觀察到 PCB 減少，則可能是由於分散作用造成的。

物理因素

海浪和潮流會使沉積物懸浮、沉澱，並沿陸棚流動及離開陸棚。當 EA 沉積物中顆粒較細和含較多有機質的顆粒懸浮起來時，其所含的污染物會隨著顆粒一起流動。如果流送至某區域的沉積物比流走的多，沉積物就會累積。這通常會覆蓋住現有的 EA 沉積物，流出口北面似乎就出現這種情況。如果某區域中沉積物流走的速率比流進的快，就會發生相反的現象，這種情況下受污染的沉積物會被侵蝕。流出口東南面的區域就呈這種現象。從 EA 淤積層中重新懸浮的物質，特別是沉降速度很慢的顆粒，可以在沉回水底之前被漂離 Palos Verdes Shelf。個別顆粒可能會經歷多次懸浮、流送和沉積過程，並逐漸遠離陸棚，最後通常來到比較不易發生懸浮的斜坡或較深的盆地。最上層的沉積物受這些過程的影響最大。隨著時間的變化細小的沉積物會被清除掉，留下較粗、較重的沉積物，比較不易因海浪和潮流沖刷而重新懸浮。

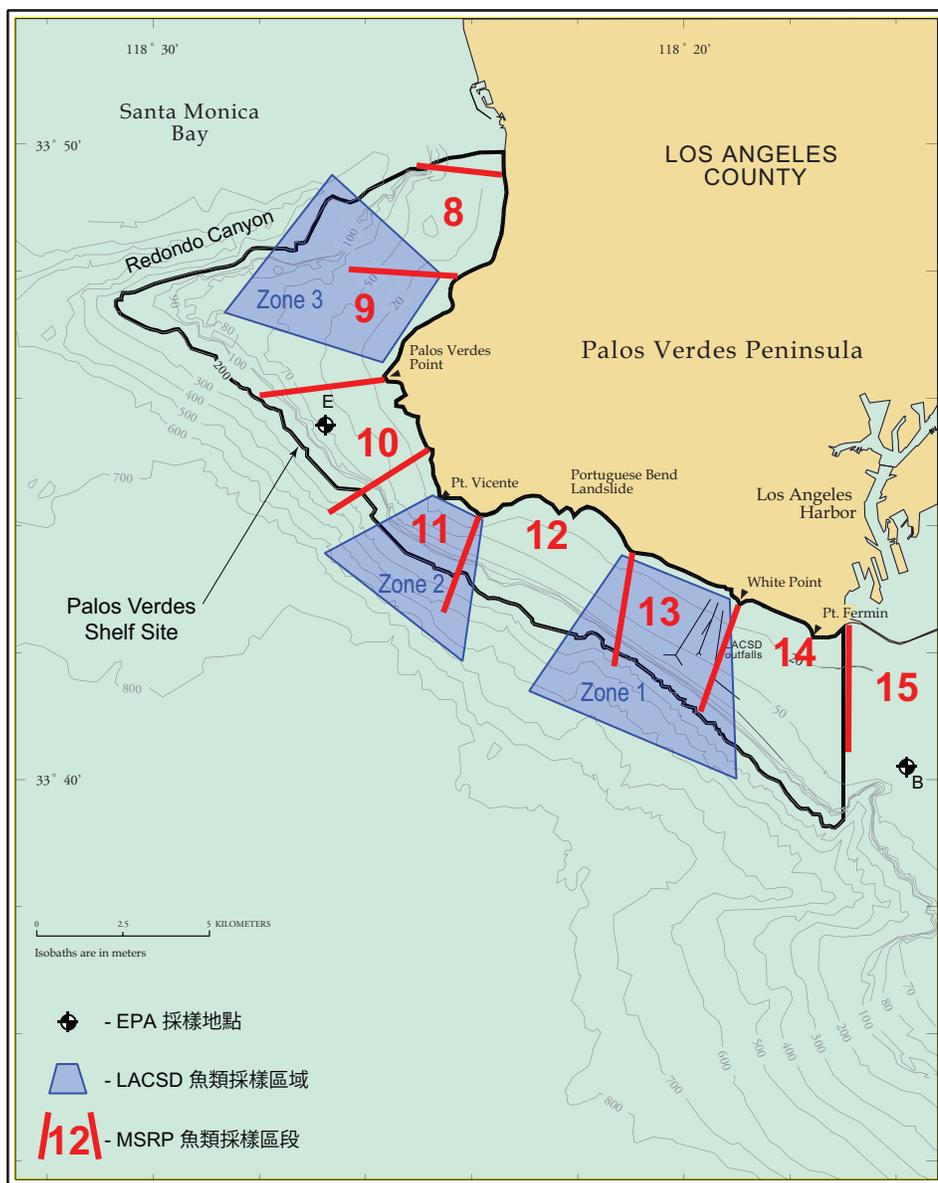


圖 5：Palos Verdes Shelf 魚類採樣地點

重新評估人類健康與環境風險

EPA 在 1999 年使用來自許多來源和年份的魚類資料，製作了一份「人類健康風險評估」。在這份 RI 報告中，EPA 使用比較新的資料從「2002 年 EPA-Montrose 沉積復原計劃聯合海洋魚類調查」以及 LACSD 的 2002 年魚類採樣（請參閱圖 5）資料，重新評估了人類健康風險。這些場址產生的危害，主要是由於其沉積物中的污染物進入食物鏈所致。魚類在吃下蠕蟲、螃蟹和其他生活在沉積物中的生物時，其體內就會累積 DDT 和 PCB。這項重新評估收集了在 Palos Verdes Shelf 研究區域捕捉到的六種魚類包括：花鱸 (kelp bass)、白花魚 (white croaker)、星雲副鱸 (barred sandbass)、石斑 (rockfish)、河鱸 (surfperches) 和石九公 (California scorpionfish) 來做體內 DDT 和 PCB 的濃度分析。

目前已知 PCB 和 DDT 都會危害健康，並可能致癌。EPA 使用由每日接觸量或參考劑量建立的危害指標，來量化潛在的非致癌健康影響。危險商數 1.0

被界定為代表超出參考劑量的臨界值。EPA 假定致癌物沒有安全接觸臨界值，因此以一生中潛在的癌症風險增加程度，計算可能致癌物的風險。

在 RI 報告中重新評估人類健康風險時，EPA 使用兩種假設的攝取情況：一種是最大合理接觸量 (RME) (亦即攝取量)，即每天食用 107.1 公克的魚，而嗜食者則每天食用 115.7 公克 (大約每天四分之一磅)。另一種假設情況稱為集中傾向接觸量 (CTE)，代表比較多樣化的飲食，其魚肉攝取量相當於每天 21.4 公克 (每星期進食一次份量為 5 安士的魚)。表 1 顯示在這兩種假設情況下，分別食用這六種魚類的潛在健康危害。值得注意的是，計算這些健康風險時，僅使用魚肉組織內的 DDT 和 PCB 濃度。DDT 和 PCB 都是親油性的，即會堆積在脂肪中。因此，整條魚的污染物濃度通常比魚肉組織濃度高出 8 到 10 倍。所以這些風險值低估了食用整條魚的人的污染物接觸量，例如使用燉煮或其他烹調方式的人。

魚種	最大合理接觸量		集中傾向接觸量	
	癌症風險	非癌症危險商數 (>1 超過參考劑量)	癌症風險	非癌症危險商數 (>1 超過參考劑量)
白花魚	6×10^{-3}	183	6×10^{-4}	37
花鱸	1×10^{-4}	5	1×10^{-5}	0.9
石斑	1×10^{-4}	5	1×10^{-5}	0.9
河鱸	7×10^{-5}	2	6×10^{-6}	0.5
石九公	3×10^{-4}	8	3×10^{-5}	2
星雲副鱸	3×10^{-4}	10	3×10^{-5}	2

表 1：癌症與非癌症健康風險是根據在 Palos Verdes Shelf 研究區域內捕捉到的這六種魚類體內污染物濃度中間值的 95% UCL (信賴區間上限) 而得出。最大合理接觸量假定攝取率約為每天一餐。集中傾向接觸量假定攝取率約為每週一餐。

Palos Verdes Shelf 超級基金場址最新報導

場址聯絡人：

Carmen White, SFD-7-1
補救計劃經理 (補救調查和清理)
(415) 972-3010
white.carmen@epa.gov

Sharon Lin, SFD-7-1
補救計劃經理 (大眾教育宣導、
監察及執行)
(415) 972-3446
lin.sharon@epa.gov

Jackie Lane, SFD-3
社區參與協調專員
(415) 972-3236
lane.jackie@epa.gov

美國 EPA 第 9 區
75 Hawthorne Street
San Francisco, CA 94105



免費熱線電話：
(800) 231-3075



若需更多場址資訊，請造訪第 9 區超級基金場址總覽網頁，網址為
<http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/pvshelf>

若需場址文獻庫藏位置，請查看上述場址總覽網頁。

United States Environmental Protection Agency
Region 9
75 Hawthorne Street (SFD-3)
San Francisco, CA 94105
Attn: Jackie Lane (PVS 12/07)

FIRST-CLASS MAIL
POSTAGE & FEES
PAID
U.S. EPA
Permit No. G-35

Official Business (僅供公務使用)
Penalty for Private Use, \$300 (如作私人用途，可被罰款, \$300)

Address Service Requested (需轉遞服務)