

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台灣海域鯨豚多氯聯苯濃度與疾病關係分析

Analysis of Relationship of Diseases and Concentrations of Polychlorinated Biphenyls in Cetaceans from Taiwan Coastal Waters

計畫編號：NSC 90-2313-B-002-316

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：周晉澄 台灣大學 獸醫學系

計畫參與人員：陳怡寧 台灣大學 獸醫學研究所

一、中文摘要

多氯聯苯 (Polychlorinated biphenyls, PCBs) 為包含 209 種同類物的人工合成物，具親脂性，進入環境後會累積在食物鏈中，同時會造成各種毒性，可能是導致鯨豚發生疾病及擱淺的原因之一。鯨豚屬於哺乳動物，生活史長，且身為海洋食物鏈的高級消費者，適合做為海洋持久性有機物污染的生物指標。本研究首先建立適合分析鯨脂內 PCBs 的方法，然後收集台灣沿海擱淺與流刺網誤捕鯨豚之鯨脂樣本進行 19 種 PCBs 同類物分析，並收集病材做疾病探討。從 2000 年至 2001 年共收集 73 隻 13 種鯨豚之 37 隻雄性及 36 隻雌性的鯨脂樣本，包含擱淺 19 隻及誤捕 54 隻。總濃度範圍從花紋海豚的 235 ng/g 脂重到糙齒海豚的 33,734 ng/g 脂重。不同鯨豚種類成熟雄性鯨脂內 PCBs 濃度由高到低分別是糙齒海豚、小虎鯨、瓶鼻海豚、弗氏海豚、花紋海豚及熱帶斑海豚；此外，擱淺組濃度極顯著高於誤捕組，可能和擱淺個體普遍呈消瘦且身體狀況極差有關，但 PCBs 濃度與疾病之間的關係仍須做更進一步的評估。成熟雄性個體濃度顯著大於未成熟雄性個體，而不同成熟度的雌性個體濃度變異度很大，可能和 PCBs 會隨懷孕及泌乳傳給下一代有關。所選取 19 種同類物中，以 5 到 7 個氯的同類物含量為主，其中又以 PCB153 含量最多，佔 PCBs 總量的 20 到 30%。另外以 TEQs (2,3,7,8-TCDD equivalent quantity) 評估 PCBs 毒性，範圍由露脊鼠海豚的 2.7 pg/g 脂重到糙齒海豚的 7,967 pg/g 脂重。毒性主要來自 PCB126，其次為 PCB118 及 PCB156。與其他研究報告結果比較，台灣沿海鯨豚體內 PCBs 濃度相對較低，與熱帶地區菲律賓、印尼、

南非及澳洲結果類似。

關鍵詞：多氯聯苯，鯨豚，擱淺，疾病

Abstract

Polychlorinated biphenyls (PCBs) are highly persistent, bioaccumulative, and toxic contaminants that had been suspected to be part of the reasons for cetacean's stranding and diseases. Total of 73 blubber samples of 13 cetacean species from stranded or accidentally caught were collected during year 2000 to 2001. Total concentrations of 19 PCBs congeners were between 230 ng/g lipid weight of Risso's dolphin to 33,734 ng/g lipid weight of rough-toothed dolphin.

The most abundant congener was PCB153 in all samples and penta to hepta chlorobiphenyls were the predominant PCB congeners. The ratio of PCB153 to total 19 PCBs congeners was very consistent between 20 to 30%. The 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin equivalents (TEQs) were from 2.7 pg/g lipid weight of finless porpoise to 7,967 pg/g lipid weight of rough-toothed dolphin. One of the non-*ortho* congener, PCB126, has the most weight. PCB118 and PCB156, mono-*ortho* congeners, were the second contributors to TEQs. PCBs concentrations and TEQs were higher in mature male cetaceans than in immature male cetaceans but were inconsistent in female cetaceans for the transferring of PCBs from mother cetacean to their offsprings by gestation and lactation. In this study, cetaceans from Taiwan waters have a

relative lower PCBs concentrations and TEQs comparing to other high latitude waters.

Keywords: Polychlorinated biphenyls, cetaceans, stranding, diseases

二、計畫緣起及目的

本研究的目的是探討台灣海域鯨豚體內 PCBs 濃度與其擱淺疾病之間的關係。樣本來源包括擱淺及誤捕之鯨豚，誤捕樣本主要來自澎湖及花蓮，而擱淺案例則來自台灣各地及各離島。因為 PCBs 為脂溶性物質，故針對鯨脂分析 PCBs 濃度，並配合剖檢病變，以瞭解 PCBs 與擱淺疾病之間的關係。

PCBs 會造成高層消費者動物之免疫與生殖系統障礙，如美國大湖區的食魚候鳥、北海及白令海的海豹、聖路易斯湖海口的白鯨及地中海的條紋海豚 [1]。其中，又以海洋哺乳動物中的海豹及鯨豚受到的傷害最大。這些動物除了位於食物鏈的高層外，其體內代謝 PCBs 的酵素含量比起陸生哺乳動物又顯著缺乏 [1]；加上 PCBs 會隨胎盤及乳汁進入下一代 [2, 3]，於是這些污染物便持續累積在動物體內，可能引起嚴重的後果。

1987 年至 1994 年間，北美大西洋岸及墨西哥灣的瓶鼻海豚與地中海的條紋海豚發生感染麻疹病毒 (Morbillivirus) 集體擱淺死亡。分析後發現，死亡動物有免疫力抑制的現象，且體內 PCBs 的濃度大於 $300 \mu\text{g/g}$ 濕重 [4]，明顯高於存活個體之 $0.012\text{-}147 \mu\text{g/g}$ 濕重的體內含量 [5]。因此推測 PCBs 的累積可能造成免疫抑制，而提高鯨豚感染病毒的機率及死亡率 [4]。之後的研究亦指出，PCBs 會使淋巴球及嗜中性球的反應異常，造成鯨豚免疫抑制而易感染疾病導致擱淺死亡 [6, 7]。

影響鯨豚體內 PCBs 累積量的因素包括地理位置、鯨豚種類、性別與年齡。一般而言，熱帶地區鯨豚體內 PCBs 累積濃度高於溫寒帶鯨豚，不過仍和工業活動顯著相關 [1]。此外，不同鯨豚種類之 PCBs 濃度亦不同。推測原因可能為：(1) 代謝 PCBs 的能力不同，如代謝酵素 PB 和 MC-type 酵素缺乏，或腸內菌的組成不同。(2) 活動範圍不同，如之

前所討論的地理分佈因素。(3) 食性不同，如主食魷魚的喙鯨體內之 PCBs 濃度可能比攝食海洋哺乳類，如海豹及其他海豚的虎鯨體內濃度來的低，此乃生物放大作用較小所致 [1]。另外，雄性鯨豚體內的 PCBs 濃度比雌性鯨豚高。那是因為雌性鯨豚脂肪內累積的 PCBs 有 80% 可能在授乳期經由乳汁轉到初生鯨豚身上。鯨豚乳汁脂肪含量可高達 40%，由乳汁轉移的量亦較其他動物來的多 [2, 3]。因此，雄性鯨豚體內的 PCBs 含量會隨年齡增加而增加，然而雌性鯨豚則不然 [3]。上述因素都必須在統計評估 PCBs 含量與疾病擱淺間的關係時一併考慮。

台灣四面環海，擁有豐富的海洋資源，全球 78 種鯨豚就有 27 種分佈在台灣海域中 [8]。鯨豚生活在海洋，與人類同樣位於食物鏈高層，壽命長度更可長達 40 年以上，不但非常適合做為台灣海域環境污染的生物指標，更可用來評估海洋資源受 PCBs 污染對人類健康影響的參考。期望此研究能建立台灣海域鯨豚體內含量的基本資料，並評估 PCBs 污染與鯨豚發生疾病擱淺的關係。

本研究選取偵測的 PCBs 同類物為 PCB28、52、66、77、101、105、118、126、138、149、153、156、157、169、170、180、183、187 和 189 共 19 種。另外選取 PCB112 作為回收率標準品及 PCB103 作為內標準品。其中 PCB77、126 及 169 為 non-ortho 同類物，而 PCB105、118、156、157 和 189 為 mono-ortho 同類物。這兩大類同類物因類似戴奧辛，故可利用此 8 種同類物與 2,3,7,8-TCDD 的相對毒性 (TEQs, 2,3,7,8-TCDD equivalent quantity) 來評估 PCBs 對鯨豚的潛在毒害性。其餘 11 種同類物則是參考文獻中指出出現頻率及濃度皆高的同類物 [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]。

三、結果與討論

本研究共收集 73 個鯨脂樣本進行 19 種 PCBs 同類物分析，其中 19 個來自擱淺鯨豚，54 個來自流刺網誤捕的鯨豚，共包含 13 種鯨豚。誤捕個體主要來自澎湖及花蓮，以花紋海豚 (n=18) 最多；擱淺個體則來自 14 個縣市，以糙齒海豚 (n=5) 數量最多。

死亡鯨豚進行病理解剖，一方面記錄基本資料及肉眼病變，視樣本狀況收集病材做組織病理學檢查及疾病探討；一方面收集背鰭前方的鯨脂，用鋁箔紙包裹放入封口袋中，儲存在攝氏-20度冰箱中保存至分析。鯨脂樣本自攝氏-20度移至攝氏4度解凍後，切成小塊稱重，加入回收標準品以均質機攪碎，用1M氫氧化鈉/乙醇溶液皂化，再以50毫升正己烷液液萃取三次。萃取液以減壓濃縮機濃縮後，以5%濃硫酸和1克矽膠固相萃取管柱淨化，再利用氮氣濃縮至500微升，使用HP6890氣相層析儀/HP5972A質譜儀搭配長60公尺，內徑0.25釐米，厚度0.25微米之Rtx[®]-5MS crossbound-5% diphenyl-95% dimethyl polysiloxane管柱進行定性定量分析。同時以正己烷萃取後，放入烘箱至不變重量，方得油脂含量。

實驗室程序空白樣本皆在各PCBs同類物的偵測極限(3.36 ~ 14.91pg)以下，顯示在前處理過程中未受污染。回收標準品之回收率範圍為70 ~ 116%，Matrix spike之回收率在75 ~ 104%，都在可接受的範圍內。

分析結果顯示，所選取19種同類物中，以5到7個氯的同類物含量為主，其中又以PCB153含量最多，佔PCBs總量的20到30%。其次主要的同類物依含量多寡為PCB101、138、118、149、180、187、52、66、105、170、183及28。Non-ortho同類物PCB77、129、126及其中3個mono-ortho同類物PCB156、157及189的量全小於總量的1%甚或低於偵測極限。在不同氯數PCBs含量比分布方面，年紀越大者，體內高氯數PCBs含量比例越高，即越易累積在脂肪中，且越難被代謝。低氯數PCBs含量則較易隨脂肪消耗及母乳分泌而降低。

表一呈現不同種類之鯨脂樣本中平均脂肪含量、以濕重及脂肪含量為基準之平均總濃度含量。由於不同種類鯨豚之鯨脂中所含脂肪含量有顯著差異，且擱淺個體常因疾病或飢餓大量消耗脂肪，故以脂肪含量為基準之濃度表示應較具比較價值。脂肪含量比例最低者為花紋海豚(43%)，最高者為侏儒抹香鯨(95%)。其個體總濃度範圍在擱淺鯨豚鯨脂內則為506 ng/g脂重至33,734 ng/g脂重，在誤捕鯨豚鯨脂內為235 ng/g脂重到21,264

ng/g脂重，擱淺組濃度極顯著高於誤捕組($p < 0.01$)，可能和擱淺個體普遍呈消瘦且身體狀況極差有關。此外，成熟雄性個體濃度顯著大於未成熟雄性個體($p < 0.01$)，亦印證了PCBs會隨年齡增加而累積。雄性與雌性個體濃度間並無顯著差異，但不同成熟度的雌性個體濃度變異度很大，可能和PCBs會隨懷孕及泌乳傳給下一代有關。因此只比較不同鯨豚種類成熟雄性鯨脂內PCBs濃度，而由高到低分別是偽虎鯨、糙齒海豚、小虎鯨、瓶鼻海豚、花紋海豚、弗氏海豚、熱帶斑海豚及露脊鼠海豚。

另外以TEQs評估PCBs毒性範圍，誤捕分布為露脊鼠海豚的2.7 pg/g脂重到弗氏海豚的4,147 pg/g脂重，擱淺鯨豚分布為弗氏海豚的3.5 pg/g脂重到糙齒海豚的7,967 pg/g脂重。毒性主要來自PCB 126，其次為PCB 118及PCB 156。擱淺數量最多的糙齒海豚體內毒性當量濃度也最高，其次為瓶鼻海豚及弗氏海豚。

在肉眼病變方面，大部分擱淺案例皆呈現創傷、肺水腫、肺積水、肺炎、肉牙腫性肺炎、心室擴張鬱血、胸水、腹水及心衰竭，而這些病徵皆有可能是擱淺動物在死前於水中掙扎所造成。此外，在鯨脂、肺臟、膽管、肝臟及腸胃道發現寄生蟲也非常普遍，然而現今資料對判別寄生蟲感染是否造成擱淺或致命仍嫌不足。有兩個擱淺案例則未發現任何病變，可能是在外海遭誤捕後，被漁民拋回海中再飄回岸上，應不算是擱淺之案例。若要更明確的釐清鯨脂內PCBs濃度與鯨豚發生疾病擱淺之間的關係，則需要更多生活史資料及健康評估，如血液生化值、微生物學調查等等。

與其他研究報告結果比較，台灣沿海發現的偽虎鯨體內PCBs濃度比加拿大的少[16]；露脊鼠海豚、弗氏海豚及瓶鼻海豚的濃度比日本的少，與菲律賓及印度類似[17, 18]；而糙齒海豚、熱帶斑海豚、花紋海豚、侏儒抹香鯨及小抹香鯨的濃度則與澳洲和南非的結果類似[9, 19]。露脊鼠海豚及中華白海豚多生活在沿岸、河口甚至河川中，生活範圍較侷限，可作為局部地區的污染指標。香港的露脊鼠海豚及中華白海豚體內濃度高於本研究所得之濃度，但由於樣本數不足且

在性別及年齡上不具代表性，加上分析方法不同，同時有關此海域露脊鼠海豚及中華白海豚的分佈、遷徙和其他生活史資料亦不足，不宜直接下任何結論。

四、計畫成果自評

鯨豚樣本得來不易，本研究能分析 73 個樣本實為難得，雖然在擱淺樣本收集上仍嫌不足，但在部分誤捕種類上已初步獲得 PCBs 在野外個體鯨脂內的背景濃度，對長期監測和突發事件（如大量鯨豚集體死亡）的評估上非常有幫助。然而由於鯨豚樣本新鮮度難以控制，對於病理學、微生物檢查及其他疾病之探討非常困難，因此若想要瞭解鯨豚體內 PCBs 濃度與鯨豚發生疾病擱淺之間的關係，不但需要在採樣的第一現場尋求更多的協助，如各縣市防治所或保育單位，更需要尋求或探討較不易受樣本新鮮度影響的分析方法，如 DNA 分析等。希望在收集更多擱淺樣本及其相關健康評估後，能對 PCBs 濃度和疾病擱淺間的關係更加瞭解。

五、參考文獻

- [1] Tanabe S, Iwata H, Tatsukawa R. Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological on marine mammals. *Sci Total Environ* 154: 163-177, 1994.
- [2] Borrell A, Bloch D, Desportes G. Age trends and reproductive transfer of organochlorine compounds in long-finned pilot whales from the Faroe Islands. *Environ Pollut* 88: 283-292, 1995.
- [3] Ridgway S, Reddy M. Residue levels of several organochlorines in *Tursiops truncatus* milk collected at varied stages of lactation. *Mar Pollut Bull* 30(9): 609-614, 1995.
- [4] Aguilar A, Borrell D. Abnormally high polychlorinated biphenyl levels in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) affected by the 1990-1992 Mediterranean epizootic. *Sci Total Environ* 154: 237-247, 1994.
- [5] Erickson MD. Analytical chemistry of PCBs. 2nd eds. CRC Press, Inc, USA, 1997
- [6] Fischer LJ, Seegal RF, Ganey PE, Pessah IN, Kodavanti PRS. Symposium overview: toxicity of non-coplanar PCBs. *Toxicol Sci* 41: 49-61, 1997.
- [7] Lahvis GP, Wells RS, Kuehl DW, Stewart JL, Rhinehart HL, Via CS. Decreased lymphocyte responses in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) are associated with increased concentrations of PCBs and DDT in peripheral blood. *Environ Health Perspect* 103(suppl 4): 67-72, 1995.
- [8] Chou LS. Guide to cetaceans of Taiwan. National museum of marine biology and aquarium, Taipei, 1994.
- [9] de Kock AC, Best PB, Cockcroft V, Bosma C. Persistent organochlorine residues in small cetaceans from the east and west coasts of southern Africa. *Sci Total Environ* 154: 153-162, 1994.
- [10] Schantz MM, Koster BJ, Wise SA, Becker PR. Determination of PCBs and chlorinated hydrocarbons in marine mammal tissues. *Sci Total Environ* 139/140: 323-345, 1993.
- [11] Wells DE, Campbell LA, Ross HM, Thompson PM, Lockyer CH. Organochlorine residues in harbour porpoise and bottlenose dolphin stranded on the coast of Scotland, 1988-1991. *Sci Total Environ* 151: 77-99, 1994.
- [12] Kleivane L, Skaare JU, Bjørge A, de Ruiter E, Reijnders PJH. Organochlorine pesticide residue and PCBs in harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) incidentally caught in Scandinavian waters. *Environ Pollut* 89: 137-146, 1995.
- [13] Young D, Becerra M, Kopec D, Echols S. GC/MS analysis of PCB congeners in blood of the harbour seal *phoca vitulina* from San Francisco Bay. *Chemosphere* 37: 711-733, 1998.
- [14] Jepson PD, Bennett PM, Allchin CR, Law RJ, Kuiken T, Baker JR, Rogan E, Kirkwood JK. Investigating potential associated between chronic exposure to polychlorinated biphenyls and infectious disease mortality in

harbour porpoises from England and Wales. *Sci Total Environ* 243/244: 339-348, 1999.

- [15] O'Hara TM, Krahn MM, Boyd D, Becker PR, Philo LM. Organochlorine contaminant levels in Eskimo harvested bowhead whales of Arctic Alaska. *J Wildl Dis* 35: 741-752, 1999.
- [16] Kannan K, Tanabe S, Ono M, Tatsukawa R. Critical evaluation of polychlorinated biphenyl toxicity in terrestrial and marine mammals: increasing impact of non-ortho and mono-ortho coplanar polychlorinated biphenyls from land to ocean. *Arch Environ Contam Toxicol* 18: 850-857, 1989.
- [17] Tanabe S, Watanabe S, Kan H, Tatsukawa R. Capacity and mode of PCB metabolism in small cetaceans. *Mar Mam Sci* 4: 103-124, 1988.
- [18] Minh TB, Nakata H, Watanabe M, Tanabe S, Miyazaki N, Jefferson TA, Prudente M, Subramanian A. Isomer-specific accumulation and toxic assessment of polychlorinated biphenyls, including coplanar congeners, in cetaceans from the North Pacific and Asian coastal waters. *Arch Environ Contam Toxicol* 39: 398-410, 2000.
- [19] Vetter W, Scholz E, Gaus C, Müller JF, Haynes D. Anthropogenic and natural organohalogen compounds in blubber of dolphins and dugongs (*Dugong dugon*) from Northeastern Australia. *Arch Environ Contam Toxicol* 41: 221-231, 2001

表一、台灣沿海不同種類鯨豚鯨脂內平均脂肪含量及平均多氯聯苯總濃度

鯨豚種類	樣本個數	平均脂肪比例	ΣPCBs (ng/g 濕重)	ΣPCBs (ng/g 脂重)
<u>花紋海豚</u>				
誤捕	18	43	1,978	4,505
擱淺	2	13.5	2,198	16,482
<u>熱帶斑海豚</u>				
誤捕	11	65	2,304	3,279
擱淺	1	20	102	506
<u>弗氏海豚</u>				
誤捕	11	59	2,234	4,103
擱淺	2	52	2,383	6,003
<u>瓶鼻海豚</u>				
誤捕	6	59	3,599	6,054
<u>露脊鼠海豚</u>				
誤捕	5	84	1,511	1,824
擱淺	3	64	431	675
<u>飛旋海豚</u>				
誤捕	1	64	380	486
<u>短肢領航鯨</u>				
誤捕	1	50	2,385	4,879
<u>侏儒抹香鯨</u>				
誤捕	1	95	198	2,09
<u>小抹香鯨</u>				
擱淺	1	34	5,003	14,803
<u>偽虎鯨</u>				
擱淺	1	22	5,630	25,248
<u>小虎鯨</u>				
擱淺	3	29	1,684	6,043
<u>中華白海豚</u>				
擱淺	1	*	292	*
<u>糙齒海豚</u>				
擱淺	5	17	1,029	13,659

* 樣本採樣量不足，無法進行脂肪比例測定