

沿岸油污對潮間帶之影響與生態復育

陳弘成、吳雅琪

今年 (2001) 阿瑪斯號在鵝鑾鼻外海擱淺，導致洩油而污染龍坑海域地區，引起喧然大波。其漏油量不大，且污染海域的範圍亦小，但因國人對環境維護有增無減，再加上不必要的政治考量，故此事件仍以重大油污加以處理。並積極探討其對沿岸生態之影響及可能的復育工作。其實要瞭解一個生態系統是否正常、豐富，有無受到影響或因污染而產生變化，除了能量流向 (energy flow) 的研究外亦可由一些生態指標來評估，其中最常採用者為 Diversity indices、Evenness indices、Similarity indices、Dominance indices 及 Biological indices 等等。另外，一些生物體內的生化、生理或組織指標也能利用來監測環境有否受到影響，尤其是各種生物在反映污染物的毒害作用上有些特殊的指標，其中以檢測生物體內遺傳物質 DNA 的破壞與改變來篩選環境中的致突變物質，另外生物血液 ALAD (aminolaevulinic acid dehydratase) 的變化能偵知環境中 Pb 的污染，體內 Metallothionein (MT) 的增加來反映重金屬的污染，體內 AChE (Acetylcholinesterase) 活性受抑制來監測有機磷的污染，利用 MFO 或 Cytochrome P450 監測有機物的污染，LDH 及 MDH 來察覺石油的污染等等，都屬於常用的生物監測法。其實，生物體內 cell 的生理機能若有變化才會引起組織或器官 (tissue or

organ) 功能之失調，再影響個體 (individual) 之活力與生命，然後再影響到整個族群 (population)，當某種 population 在生態體系中受影響，則整個社群 (community) 也最後受到牽連。因此生物監測法比一些生態指標法更能早先提出預警，故具重要性，這也是以生態指標的環境影響評估法，有時在實際應用時並不十分適用。當然尚有一些行為或食性甚至生殖的改變也能提供一些相同的評估功效。

一、沿岸生物面臨的困難與其適應

A、沿岸生物所面臨的問題

1. 水分流失
2. 波浪作用
3. 溫度急速波動
4. 鹽度急速波動
5. 溶氧、二氧化碳與 pH 之變動
6. 適宜照度範圍
7. 掠食者
8. 食物之減少
9. 浸水時間的長短

B、生物如何適應沿岸的環境

1. 具扁平的外形

2. 有挖洞保生的動作
3. 具保護及保水的外膜
4. 具堅固的外殼
5. 形成殼蓋
6. 減低身體高度
7. 改變排泄物的性狀
8. 具吸附的行為
9. 能在空氣中呼吸
10. 使浮游幼生期縮短或延長
11. 具保育幼生的行為
12. 具孵育卵粒的保護行為
13. 具廣鹽性與廣溫性
14. 降低代謝率與活動
15. 回居的行為
16. 有發達的視力

二、油污染 (Oil Pollution)

A、一般毒性與考量

1. 油污來源

- (a) 船舶流出
- (b) 觸礁外漏
- (c) 在 transport action 時粗心外漏 (在運輸的過程中 , 粗心外漏)

2. 污染水質並殺害水生生物

3. 煉油廢物如 oil, acid, alkalies, phenols, sulfide & others 具有毒性

4. 冷卻水。若每天產生 50,000 barrels 需要冷卻水 40,000 gallon/m , 造成熱污染

5. 鳥類大量死亡

6. 水產生物不具食用性

7. 30 mg/l of oil wastes for cattle 引起家畜下痢,但人類不吃故少影響

8. 15 ton fuel oil 經 6 天能擴散到 8 mile² (8 平方哩) in area 及 20 miles in distance

B、Toxic effect (毒性影響)

1. Mammals : 刺激眼睛及呼吸作用

2. Bird oiled :

(a) 使羽毛潮濕並造成淹死情形

(b) 不能飛翔

(c) 吃油及其衍生物而中毒死亡

(d) 卵之孵化率由 90% 減至 20%

3. Fish : 毒性隨不同之油污而改變

如鯉魚 Carp

(1) 4ml/l (crude oil) 其 LT_{50} 為 17 天 , 但死亡在 6-7 天。

(2) 4 ml/l 其 LT_{50} 為 3 天。

Leopomis 在 22-25mg/l 的油污成份 ethylene 其 LT_{50} 為 1 小時 , 在 60 mg/l 的 pentane 其 LT_{50} 只有數小時。

juvenile shad-其各種油污之毒性如下 :

Oil type	LC_{50} (ppm)			
	hours	24	48	96
Gasline		91	91	-
Diesel oil		204	167	-
Bunker oil		-	2417	1652

其 Toxic action : (1) use up dissolved oxygen (2) inhibit the passage of O_2 from air (3) direct poisoning (gill, enzyme, plant cytoplasm, nerve system) (4) Asphyxia (mucous)

4. Molluscs 引起牡蠣大量死亡 , 主要為

(1) 食物供應的減少

(2) 干擾其攝食機制

即 rate of feed or gill epithelial cilia 受麻醉或破壞

5. Crustacea , 在 Empire Mix crude oil on enzyme in oyster , shrimp and mullet 的研究中 , 發現 oil 並不能影響 ALP, ACP, GOT, GPT , 且 oil not very toxic 只能影響 LDH, MDH, B-Glu

6. Algae 如 phytoplankton, 雖受影響, 但 1-6 個月後可恢復舊觀

7. Zooplankton & benthos 則影響較大

C. Oil Accumulation in aquatic life (油污在水生生物之累積)

Accumulation, Release, Retention of petroleum hydrocarbon (including lipid pools) 以 Chlorinated hydrocarbon pesticide 為例 , 得知其故累積量隨水中油分之增加而增加。

1. 對 Oyster

在 500mg/l 之 hydrocarbon 至少其 Acute Toxic 仍不明顯 , 故累積量與之成正比。但到 900g/l 時 , 則對 oyster 非常 sensitive , 而 close their shells 使 oil 不能大量進入而減少。

2. 受 fat content of oyster 之影響以二個油脂含量

(a) 1.62% lipid (lipid wt/wet wt)

(b) 0.93%

When exposed to 106 μ g/l 之 hydrocarbon , 知 elution 很快 , 92% of 330 μ g/g 在 2 week 消失 , 以後

之 rate 就很慢，很 stable，且用水亦沖不出來。

3. Accumulation 與 (1) 身體之 condition (lipid content)
(2)size (3)concentration (4)food &starvation (5)
environment factor 如 salinity, tem.都有關。

D. Detergents (除油劑) 油污發生時，有些地方仍得使用除油劑，可分成兩種：

1. ionic-in water：能解離成 positive or negative charge
2. non-ionic：不能解離或溶解者

在 Torrey Canyon 是用 non-ionic 如 BP 1000 detergent，但當時毒性強，目前的毒性已因研發而不但較油污低而且減低很多。

除油劑的成分：

- (a) a surfactant-ethylene oxide 為 oil emulsifier
- (b) an organic solvent-使與 oil 產生崩離. 一般為 Aromatic 之 hydrocarbon 其量愈高愈毒，但 solvent 能消失 10ppm (35h) →5ppm (95h) →0.5ppm 如 10ppm 在 95h 只剩下 5ppm
- (c) a coconut oil diethanolamide 能穩定其乳化物，使其不再聚集成油片。

三、布拉哥油污對生態與漁業之影響

1. 布拉哥之油污對生物之毒性並不如預期大。
2. 溶氧之飽和度減至 77%。
3. 短期營養鹽及矽藻量增加，但葉綠素及其他浮游植物減少，數月後恢復正常。
4. 動物性浮游生物如水母、橈腳類及毛顎類均減少。
5. 潮間帶之海藻與底棲生物之種類與數量大受影響。
6. 潮間帶之魚類比亞潮帶的危害嚴重。
7. 亞潮帶之黑瓜子鱈及大鱗鰻之幼魚數量減少最明顯。
8. 漁業行為受影響，魚類資源受損。

四、油污之處理

漏油一旦發生時，一定要掌握當時的狀況如海流、風浪，漏油的數量及殘留的油量，油品的化學成份、結構與黏度及油與除油劑的毒性、當地的生物種類與生態角色、觀光與海洋資源，才能讓相關單位進行考量與決策，以利油污的快速清除，減少油污之後遺症。

其實漏油一旦在海上發生時：

第一階段不管利用何種方式除油，最好能阻止浮油飄

流至海岸地帶，這是因為潮間帶的生物相豐富，具觀光價值及除油困難之故。

第二階段是進行岩邊或裂縫中積油之溫和清除，以避免進一步對生態的傷害。

第三階段當花費的努力並無實質效果時，則是進行自然復原、復育與保育工作。

油污之清除有多種，因地、因時、因物、因財、因力而有所不同，但概分為：

物理清除法：如攔油索網、抽吸殘油或人工吸油、燃燒法、吸附法（如吸油布、吸油棉、木屑）、天然海浪作用法、沉入法、壓力水柱法或爆破法等等。

化學清除法：如前節所述除油劑之使用，由於目前之除油劑毒性比油污為低，故仍可有限度的使用。但在生態敏感地區、油層很厚、黏度很高或已風化變硬之地區，其使用之功效不大。

生物清除法：利用油污自然受生物分解（Biodegradation）或被生物吞食累積（Grazing & Bioaccumulation）而慢慢去除之，其中以接種 super bacteria 的去除效果較佳，但也有外來菌種之問題及施用的困難。利用海藻培養之方法亦有物種競爭的問題。另外岩岸的 Protozoa、Amphipod、Isopod、Limpet、Chiton 及 Littoria 也都有吞食或刮食而去除之作用，但效果慢些。

五、油污後沿岸之生態復育或保育

只有在除油工作進行到第三階段或當油污在沿岸已經很少時，才能進行生態復育。但宜記得當一個穩定的生態系被外來大量的污染物所危害時，其要恢復到原來的生態系是一個冗長的過程，而一個變化中的生態系在相對較少的時間即可演變成其他的生態系。因此，生態復育可分為天然的復育與人工的復育。

天然的復育即在第三階段時 to do nothing，讓其自然復原到它們原來時空變化的最低數量以上。如在 Torry Canyon disaster 中受油輕微污染者需要 3 年才能恢復 (recovery)，其正常的生態，受中度污染者需 5-8 年，重大油污染者約要 10 年以上，若再使用除油劑 (當時之毒性很強)，則至少要 15 年才能復原。巴拿馬的高潮帶紅樹林 fringe，則因油污陷入無氧的泥地且只能緩慢地排入水中，故需要 20 年以上。

人為的復育也是第三階段時行之，其方法在於

1. 保留受污染而殘存的海藻。
2. 甚至於加入 super bacteria (最好能由當地分離培養者)。
3. 移入附近未受油污影響相同 zonation 的藻類岩塊或其孢子體或配子體。
4. 移入鄰近健康的 Barnacle Limpet 及 Littorina 到其原來 zonation 的 lower limit，如此才能有機會與藻類競爭。

5. 在油污地帶的中間，若能清除油污並能重新 recolonize 上述動植物將更有效。
6. 利用育苗場培育上述的生物幼生，或即將行固著生活之幼體，進行 releasing。
7. 在復育過程中不能去除上述這些生物的 predator，以維持其生物之多樣性。
8. 進行一些保育的措施，如限制人員出入，禁採生物等等，成立 Core area、Buffer zone、Transition zone 以利復育。

參考文獻

- Corner, E.D.S., Southward, A.J. and E.C. Source. 1968. Toxic of oil-spill removers (detergents) to marine life ; an assesment using the barnacle *Elminius modestus*. J. mar. boil. Ass. U.K. 108,29-47.
- Pulich W.M., K. Winters and C.V. Baalen. 1974. The effects of a No. 2 fuel oil and two crude oils on the growth and photosynthesis of micoalgae. Mar.Biol. 28,87-94.
- Smith J.E. (ed). 1968. Torrey Canyon pollution and marine life. London, Cambridge press.196 pp.
- Stephan, J.J. and J.M. Teal. 1973. Accumulation, release and Relention of petroleum hydrocarbons by the oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Biol. 22, 37-44.
- Colin Little and J.A. Kitching. 1996. The Biology of rocky Shores. Oxford University Press. Oxford New York Tokyo.

Peter Calow. 1994. Handbook of Ecotoxicology. Blackwell Scientific Publications. London Edinburgh Boston.

David Raffaelli and Hawkins Stephen. Intertidal Ecology. 1996. Chapman & Hall.

張崑雄編。布拉哥油災漁業調查報告。1979。中央研究院動物研究所專刊第五號。