

十二、臺灣底棲性端腳類研究現況及其在環境 評估應用之展望

張賴妙理 陳一鳴 陳章波

1. 國立中山大學海洋生物研究所

2. 國立中山大學海洋資源學系

3. 中央研究院動物研究所

摘 要

端腳類為分佈廣泛的甲殼類動物，由海水、淡水，乃至陸上濕地皆可見其踪影，其中以生活於海洋環境中的底棲性端腳類為數最多。底棲性端腳類常為沿岸底棲羣聚的優勢生物，亦為食物網中次級生產量的主要供給者，且因其長期居住同一區域，缺乏大規模移動，可反應該區底棲環境的衝擊改變。現海洋環境遭受污物、廢水排放、油污、重金屬堆積等各式污染，破壞情形日益嚴重。欲進行底棲環境評估，並進而選擇指標生物做為長期監測之用，則不能忽視底棲性端腳類。因此本文介紹底棲性端腳類生物特性、臺灣底棲性端腳類的研究現況，及其在環境評估上做為生物指標的應用。

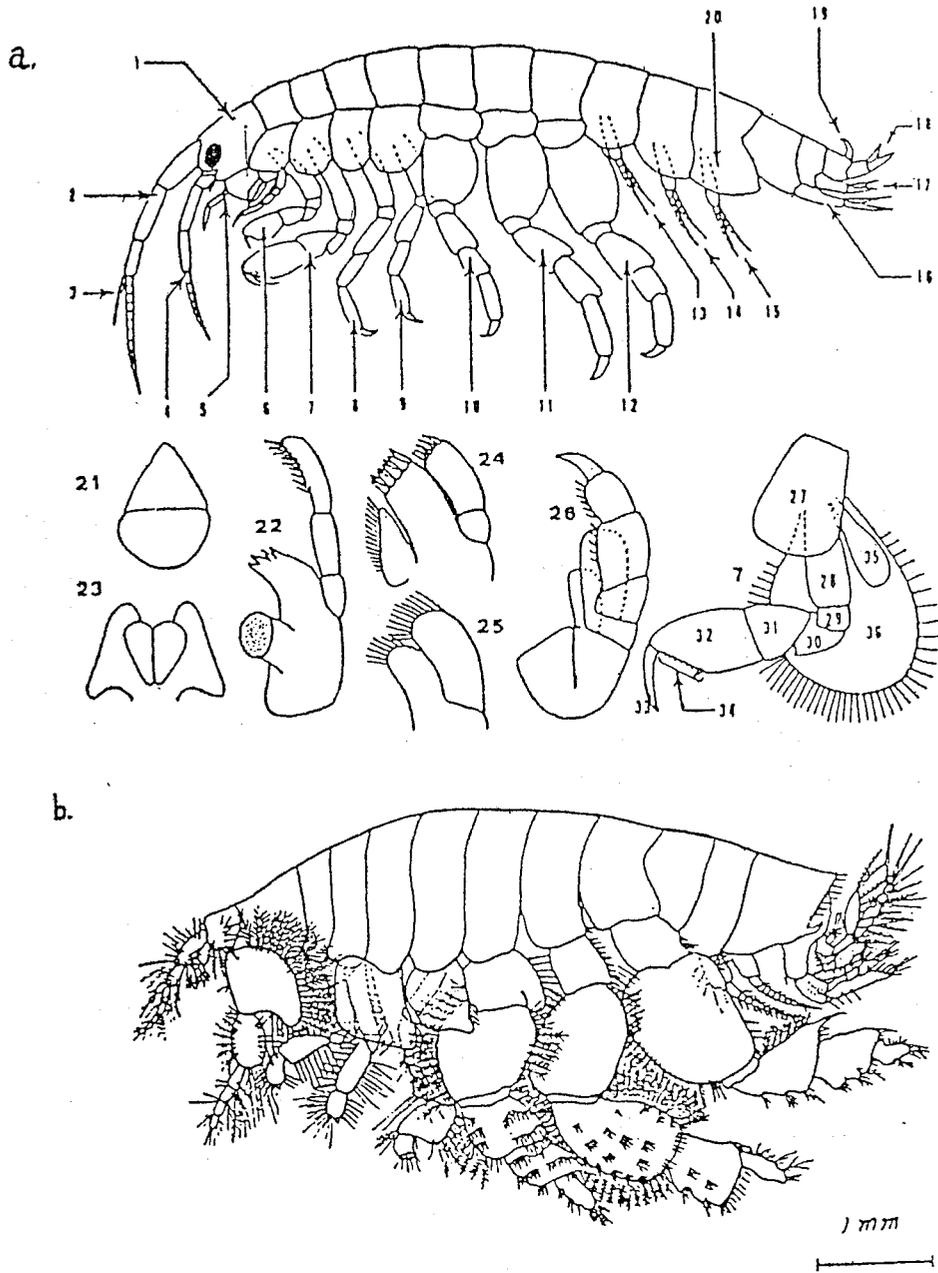
1. 前 言

臺灣四面環海，沿岸海洋生物資源豐富，但由於近來遭受各式污染，海洋環境破壞情形日益嚴重，導致生物資源萎縮。端腳類為甲殼類動物，分佈棲所廣泛，其中以生存於海洋環境中的底棲性端腳類為數最多。底棲性端腳類常為沿岸底棲羣聚的優勢生物，亦為底魚主要食物之一。欲進行底棲環境評估，進而選擇指標生物做為長期監測之用，則不能忽視底棲性端腳類，然國內相關於底棲性端腳類之研究十分貧弱。基於底棲性端腳類之生態地位及應用性，因此撰寫本文，介紹其生物特性、臺灣底棲性端腳類研究現況，及在環境評估上做為污染指標的應用。

2. 端腳類的生物特性

端腳類 (amphipods) 為節肢動物門 (Arthropoda)——甲殼綱 (Crustacea)——軟甲亞綱 (Malacostraca) 中之一個目，其外形類似糠蝦 (mysis)，體側扁但無背甲 (carapace)，眼固定無眼柄。為雌雄異體，其胚胎發育為直接發生 (direct development)，受精卵於胸部的孵育袋 (brood pouch) 中孵化至稚體 (juvenile) 而釋出於環境，無幼生時期 (larval stage)。在已知種類中，最小成體體長為 1 mm；最大成體體長可達 28 cm (Bousfield, 1973)。

在現行分類體系中，將端腳類分為四個亞目 (新體系趨向分成三個亞目)，共 120 科 5,500 種。其中砂蝨蝦亞目 (Gammaridea) 截至 1980 年，計約 90 科 763 屬 4,786 種，佔了整體端腳類 85% 以上 (石丸, 1986)。又端腳類之化石紀錄十分貧乏，其出現的地質年代僅可回溯至新生代——第三紀——始新世。且所有已知的端腳類化石，經鑑定得知皆屬於同一科 (Gammaridae)，亦皆屬於砂蝨蝦亞目，而與其它三個亞目相比較，砂蝨蝦亞目之端腳類的基節板 (coxal plate) 發育較完整，為較原始的端腳類 (Bousfield, 1973)。現以端腳類中為數最多的砂蝨蝦亞目之外部形態，說明其基本體制及重要分類形質 (圖一：a)：



圖一 砂蠃蝦亞目之端脚類

a. 一般基本體制。

b. 臺灣通霄底棲性端脚類 *Eohaustorius subulicola* Hirayama 外部形態。

Fig. 1. Gammaridean amphipods.

a. Basic external morphology.

b. *Eohaustorius subulicola* Hirayama in Tunghsiao, Taiwan.

a. 1. 頭部 head; 2. 第1觸角 antenna 1; 3. 副鞭 accessory flagellum; 4. 第2觸角 antenna 2; 5. 口器 mouth parts; 6, 7. 第1, 2 咬脚 gnathopods 1-2; 8~12. 第3~7 胸肢 pereopods 3-7; 13~15. 第1~3 腹肢 pleopods 1-3; 16~18. 第1~3 尾肢 uropods 1-3; 19. 尾節板 telson; 20. 第3 側板 epimeron 3; 21. 上唇 labrum; 22. 大顎 mandible; 23. 下唇 labium; 24, 25. 第1, 2 小顎 maxillae 1-2; 26. 顎脚 maxilliped; 27. 基節板 coxa (=第1節); 28~33. 第2~7 節 articles 2-7; 34. 掌 palm; 35. 鰓 gill; 36. 覆卵葉 oostegite.

頭部 (head)：包括頭節、位於頭節側面的眼一對、兩對觸角 (antennae) 及口器 (mouth parts)。第一觸角 (a-2, 3) 有 3 個分節 (segments) 及一根多分節 (multisegmented) 的鞭毛 (flagellum)，還有一根副鞭 (accessory flagellum)，此構造較鞭毛短或退化或缺乏。第二觸角 (a-4) 則具五個分節及一根多分節的鞭毛。口器 (a-5, 21~26)，依圖順序為上唇 (labrum)、大顎 (mandible)、下唇 (labium)、第一、二小顎 (maxillae 1~2) 及顎腳 (maxilliped) 六部分，口器有特化傾向，為判斷屬的分類依據。

胸部 (peraeon)：有 7 節體節，每一體節具一對呈單肢狀 (uniramous) 的胸肢 (peraeopods) (a-6~12)。每一胸肢呈七個分節 (a-27~36)，第一分節為基節 (coxal segment) 朝腹面延伸發展形成基節板 (coxal plate) (a-27)，可保護鰓 (a-35) 及覆卵葉 (oostegite; brood plate) (a-36)，覆卵葉為雌性特徵。第五、六胸肢 (a-10, 11) 之基節板呈雙葉狀 (bilobed)，能使此兩隻胸肢稍向側面活動。而第五、六、七三對胸肢，基本形狀相似，大小亦相近，是判斷科的分類依據，每隻胸肢之第二分節後緣形態變化，則是判斷種的分類依據。又第一、二胸肢 (a-6, 7) 亦稱為第一、二咬腳 (gnathopods)，與其它胸肢形態互異，稍呈鉗狀 (subchelate)，第二咬腳通常較第一咬腳為大，咬腳功能為協助口器收集食物或挖掘、築管、製造聲響，甚而有觸覺功能。咬腳形態之變化，主要發生在第六節掌 (palm) (a-34) 的部位，此差異為屬的分類依據之一。

腹部 (abdomen)：共分六節，前三節腹節 (pleon) 皆有朝腹面生長之側板 (epimeron)，第三側板 (a-20) 後緣形狀變化，是判斷種的分類依據。且第一、二、三對腹肢 (pleopods) (a-13~15)，皆呈雙肢狀 (biramous)，具多分節。後三節腹節，又稱尾節 (urosome)，第一、二尾肢 (a-16, 17) 呈雙肢狀，外形相似；通常第三尾肢 (a-18) 形態呈多樣化，其雙肢中外肢 (outer rami) 為二分節，且較內肢 (inner rami) 為長，此尾肢形態上變化為判斷科、屬、種之共同分類形質。

尾節板 (telson)：(a-19) 常為雙葉 (bilobed)，位於第三尾節末端，在肛門背面。其形態變化為判斷科、屬、種之共同分類形質。

圖一：b 則為採自通霄沙岸的端腳類 *Eohaustorius subulicola*，其外表形態顯示，附屬肢多剛毛 (setae) 及硬棘 (spine)，但第三至第七胸肢缺少第七分節，此為特化現象。

端腳類分佈廣泛，生活樣式與棲所皆呈多樣化 (表一)，由海水、淡水至陸上濕地，都可見其踪影。在已知種類中，大多數棲息於海洋環境，且多營底棲生活，在底質中生存，以底質表層 30 cm 以內為主。其體色亦與棲所相關，生活於沙地的端腳類體色多呈奶油色；生活於藻床的端腳類多呈紅色、綠色或褐色；另有些種類花紋複雜；有些種類體色會改變 (Bousfield, 1973)。端腳類之食性則有肉食性、草食性、雜食性及碎屑食性。

表一 端腳類的生活樣式、棲所及棲所性質 (參考 Bousfield, 1973; 石丸, 1986)
Table 1. Living types, habitats and types of habitats for the Amphipods

生活樣式	棲所	棲所性質
浮游性	海洋	外洋水層
底棲性	濕地、淡水湖泊、溪流、地下水、海洋	沙、泥、石、岩礁管、藻床、水草
寄生性	海洋	水母、魚或海龜身上
共生性	海洋	海綿、珊瑚、海鞘及多毛類之管子

3. 端腳類標本的採集及處理方式

端腳類的採集方式隨棲息場所及採集目的不同而改變。浮游性種類以動物性浮游生物網捕捉；底棲性種類則採集方式較複雜，可分以下數種方式：(1)潮間帶沙泥地之定量採集常以 PVC 管做為採

集工具；(2)亞潮帶以適合潛水員或船隻操作的採泥器為主 (Holme, 1971)；(3)在底質表面 (surface) 活動的種類，可以底拖網採集 (Fincham, 1984)；(4)在藻床生存的種類，採集方式有二，一將海藻以海水沖洗、攪動，將附着的蟲體趕出，再用篩網 (0.5 mm) 過濾收集。另一種方式為將藻類攜回實驗室內，以低濃度福馬林溶液浸泡後，蟲體可自藻類上脫離收集，此法最適用於穿孔性的種類；(5)生存於石塊上的種類，則以海水沖洗石塊表面，若有淡水，以淡水沖洗，效果更佳 (石丸, 1986)。其餘採集工具包括篩網、洗瓶、小撮子、標本瓶、固定液等，篩網使用方法乃將採得之底質，如沙粒剛入篩網中，在水中搖動，將蟲體自沙中趕出至水中，因蟲體受表面張力影響、如蟲體甲殼具臘質，比重輕而上浮，可過濾上層水收集蟲體。

採集底棲性種類時，如欲得活體標本，則需將蟲體置入備有採集地之底質及海水的容器中，並在水表層打氣，携回實驗室。如欲固定標本，則使用 5~10% 中性福馬林溶液為固定液 (海水種類以海水配製；淡水種類以淡水配製)，固定時間約需 1~3 天。採用中性福馬林溶液，主要是避免蟲體甲殼軟化，以免增加日後解剖時的困難。但固定時間亦不能太長，以避免軟化情形日漸形成。標本固定若處理不良，則蟲體肌肉崩壞，影響蟲體形狀，會導致鑑定種類的誤差。標本固定後，以淡水將固定液洗掉，將蟲體置入裝有 70% 酒精的小容器中，以棉花塞住容器口，再將小容器放入裝有 70% 酒精的大容器中，容器口需密閉，此種方式稱為雙重浸液保存。

4. 臺灣底棲性端腳類研究現況

因底棲性端腳類 (benthic amphipods) 占端腳類的絕大部份，所以本文著重於臺灣底棲性端腳類的研究現況。有關臺灣海域底棲性端腳類的研究，十分缺乏。直至 1980 年始，因大型底棲無脊椎動物相的研究增多，臺灣底棲性端腳類動物相才有初步的調查研究，至於分類報告，則空白一片。表二列舉 1980 年至今，臺灣大型底棲無脊椎動物相研究中，和底棲性端腳類相關的報告。

由表二可知，雖然臺灣沿岸底質有沙、泥、岩礁、珊瑚礁等之分，但報告中的底棲性端腳類皆出現於沙泥地。除了蘇等 (1985) 之研究未列出種數，其餘每一調查地區之種類數目有 2~8 種不等。在八個相關報告中，龐 (1981) 之研究調查在粉沙 (silt) 及黏土 (clay) 占 8% 以下之地區，底棲性端腳類 *Urothoe grimaldii* 為該區主要特有種之一；江 (1986) 之研究調查底棲性端腳類 *Hyale grandicornis* 為該區優勢生物之一；Kuwabara and Akimoto (1986) 之研究調查 Ampeliscidae 和 Corophiidae 之端腳類為該區優勢羣；陳等 (1989) 之研究調查 *Eohaustorius subulicola* 等端腳類於該區數量多，其中僅陳等 (1989) 之研究對底棲性端腳類具季節變化分析及簡單說明。又表二顯示，研究中使用之篩網網孔，有三個研究未說明網孔大小，其餘五個研究使用網孔大小為 0.5 mm~1 mm 不等之篩網，網孔越小者自然收集到的生物種類越多。這些研究雖不是針對底棲性端腳類選擇篩網使用，但上述篩網皆適用，只是以 0.5 mm 篩網收集，可防止稚蟲大量漏失。至於報告中之鑑定依據，日本動物圖鑑以簡略圖示說明，且所列種類不多；Barnard 及 Bousfield 之圖鑑有檢索表，但二者製作之檢索表不盡相同。而端腳類之分類鑑定，除了仔細描繪完整蟲體外形及各個附屬肢之細部形態之外，更應注意口器之解剖與描繪。因此初學者欲鑑定端腳類至種名，如只看圖鑑定，或對檢索表使用之分類形質說明不甚明瞭，極易造成鑑定錯誤。

5. 底棲性端腳類於環境評估之應用及展望

底棲性端腳類於生態地位而言，是食物網中次級生產量之主要供應者，為底魚、蟹、蝦及海鳥所食 (Zimmerman *et al.*, 1979; Pienkowski, 1983; Collie, 1985)，又底棲性端腳類於不同棲息環境下，常有其主要且特定的優勢羣 (dominant group)，例如潮間帶、亞潮帶沙地之優勢羣為自由鑽動的 Phoxocephalid 及 Haustoriid；河口泥質底之優勢羣則常為管棲的 *Corophium*

表二 近十年來 (1980-1989) 臺灣底棲性端腳類研究相關報告
Table 2. Reports about benthic amphipods from 1980 to 1989 in Taiwan

研究地點	研究時間	水深	底質	研究事由	篩網網目 (mm)	種類	文獻	鑑定依據*
新竹香山	1980, 7月~ 1981, 4月	潮間帶	沙、泥	文蛤養殖	0.94	2	龐, 1981	Barnard ¹
通霄、臺西附近 海域	1981	3~50m	沙	—	0.63	8	Dörjes & Cheng, 1986	—
東港沿岸	1983, 11月	—	沙、泥	捕蝦業	—	3	Kuwabara & Akimoto, 1986	Griffiths
高雄永安沿岸	1984, 8月~ 1985, 7月	潮間帶 (0~5m)	沙	液化天然氣 儲氣槽、冷 海水排出	1.0	2	江, 1986	日本動物圖 鑑
高雄永安 LNG 進口站附近海域	1985, 11月~ 1986, 10月	亞製帶	沙、泥	同上	—	—	蘇等, 1985	—
蘇澳沿岸	1986, 12月~ 1987, 10月	潮間帶	沙、泥	火力發電廠	—	2	益鼎工程 1988	—
臺中梧棲附近海 域	1987, 12月~ 1988, 12月	5 m	沙、泥	火力發電廠 冷海水排出	0.5	2	洪等, 1988	—
通霄附近海域	1988, 5月~ 1989, 4月	潮間帶	沙	冷海水排出	0.5	4	陳等, 1989	Barnard ² Bousfield Hirayama

* 日本動物圖鑑：內田亨編輯，1965。北隆館出版，東京。

Barnard¹: Barnard, J.L. 1972. The marine fauna of New Zealand: Algae living littoral Gammaridea (Crustacea Amphipoda), (New Zealand Department of Sci. and Indust. Res. Bull. 210), A.R. Shearer, Government Printer, Wellington, New Zealand.

Barnard²: Barnard, J.L. 1969. The families and genera of marine Gammaridean Amphipoda. Smithsonian Institution Press, Washington, U.S.A.

Bousfield: Bousfield, E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England.— Cornell University Press, Ithaca, N.Y.

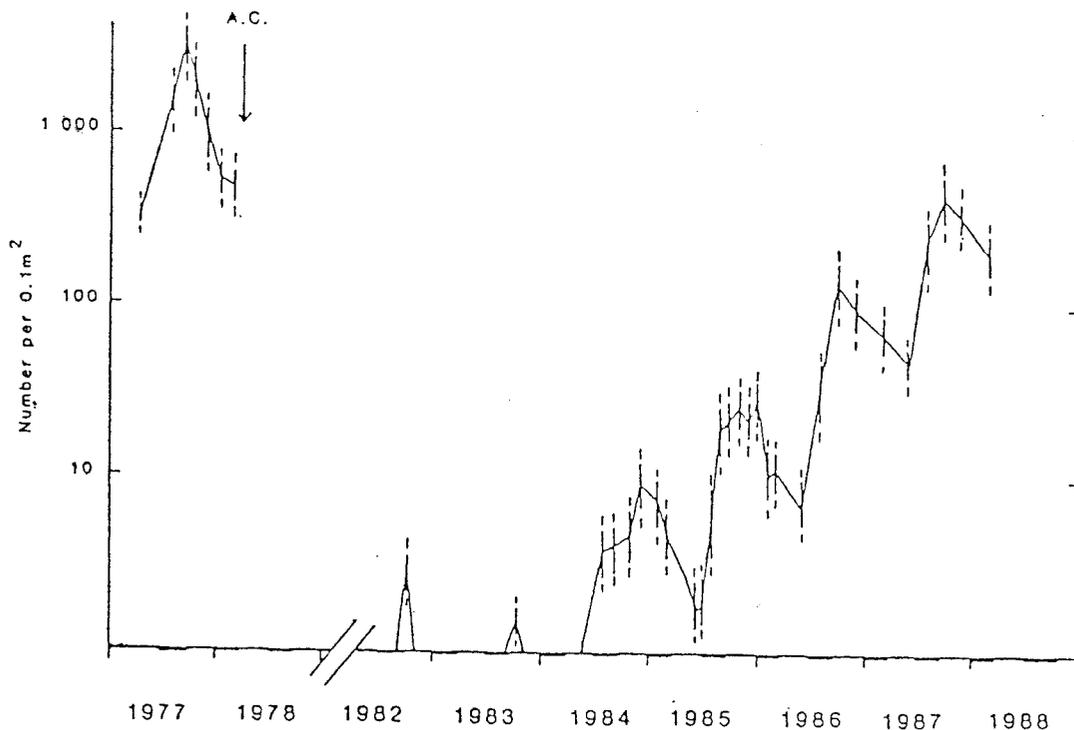
Griffiths: Griffiths, C. 1976. Guide to the benthic marine Amphipoda of southern Africa. Trustees of the South Africa Museum, Cape Town, 106 p.

Hirayama: Hirayama, A. 1985. Taxonomic studies on the shallow water Gammaridean Amphipoda of West Kynshu, Japan. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory, Vol. 30, Nos. 1/3.

species (Fincham, 1984)；而管棲的 *Jassa* species 則常出現於藻類附生的硬質表面或人工底質 (Franz, 1989)。且底棲性端腳類缺乏大規模移動，長期居住同一區域，可反應該區域環境的衝擊改變。現因海洋底棲環境遭受污物、廢水排放、油污、重金屬堆積等各式污染，此等污染底質對底棲性端腳類之生存、生理、行為等各方面造成不同的影響。因此底棲性端腳類於環境評估之應用，除了可推測底棲環境之次級生產量之外，最主要乃是做底棲環境污染指標 (indicator)，此可分兩方面來討論：一為野外實地調查；二為實驗室內進行生物檢定 (bioassay)。

野外實地調查：多為野外長期調查、分析羣聚結構組成或優勢生物之族羣密度、生產量等變化 (Gray and Christie, 1983; Collie, 1985; Dauvin, 1988; Ibanez and Dauvin, 1988)。當有機污染發生時，有些生物種類消失，有些生物種類不受影響，有些生物種類則增多形成優勢生物。而能在此有機污染區以數量眾多形成優勢者，就其主要原因為(1)對此環境壓力有較強的耐性 (tolerance)；(2)隨此污染發生，而有迅速入侵的能力 (invasion ability) (reviewed by Grizzle, 1984)。前者就如生存於廢水排水口處低氧地區的底棲性端腳類 (如 *Gammarus duebeni*)，其對缺氧狀態較其它種類耐性為強 (Agnew and Jones, 1986)；後者如污染嚴重區出現的少數幾種投機主義者 (opportunistic)，例如底棲性端腳類 *Corophium ellisi*、多毛類 *Capitella capitella* 等即是，其

爲此區新入侵的種類，可快速增殖至數量衆多 (Grizzle, 1984)。另舉例說明油污染對族羣密度之影響。圖二所示，爲底棲性端脚類 *Ampelisca armoricana* 1977 年 4 月至 1988 年 3 月十年間的族羣密度調查，在其本身生活史上，密度於 9、10 月因補充羣加入而每平方公尺可達 12,121 隻蟲體，而於翌年 5、6 月最低。但在 1978 年 3 月發生油污事件後，族羣數急劇下降，1978 年 4 月至 1981 年 8 月期間沒有採獲蟲體，而 1982 年 8 月僅得十隻蟲體，此後族羣密度緩慢地回復，直至 1988 年 3 月仍未回復至污染事件前所有之族羣數量 (Dauvin, 1988)，可知此污染事件對此族羣數量之破壞力。



圖二 油污染前後，*Ampelisca armoricana* 族羣密度變化。

1978 年四月至 1981 年八月，沒有採獲蟲體，1981 年九月至 1982 年八月只採獲 10 隻蟲體，A.C. 表示油污出現時間 (參考 Dauvin, 1988)

Fig. 2. Variations in density per 0.1 m² ± SEM (vertical bars) and 95% confidence interval (dotted lines) of the *Ampelisca armoricana* population at Pierre Noire station from April 1977 to March 1988. No one individual was collected in the samples from April 1978 to August 1981 and only 10 individuals from September 1981 to August 1982. A.C. indicated the beginning of oil pollution from the Amoco Cadiz.

實驗室內進行生物檢定：底棲性端脚類生物檢定方法有急性毒 (acute toxicity) 及慢性毒 (chronic toxicity) 測試，而測試之污染質包括原油、廢土、拋海廢物、氯化碳氫混合物 (chlorinated hydrocarbons) 一主要成份爲多氯聯苯 (PCBs)；芳香烴混合物 (aromatic hydrocarbons)、重金屬 (Cd、Cr、Cu、Fe、Ni、Pb、Zn) 等。欲評估此等污染質之毒性，其測試方法可分三方面說明：(1) 和生物體生存相關的方法。此有三種測試方式，一爲半致死濃度 (LC₅₀)，爲不同濃度污染質處理後，求得造成半數個體死亡的濃度。另一爲計算出半存活時間 (median period of survival)，此爲測試個體在不同濃度污染質處理下，求出其存活率 50% 時所需時間。以及爲期十天的活存率測試 (Swartz *et al.*, 1982, 1985)。(2) 與生物體生理變化相關的方法。一爲測試影響個體

呼吸速率的變化。另一為耗氧量和氮釋出量之比率 (O:N ratios)，以顯示蛋白質分解作用增加或減少 (Oakden *et al.*, 1984; Jedengren *et al.*, 1988)。(3)和生物體行為相關的方法。一為在不同污染程度底質下，計數離開底質至水中的個體數；另一為 50% 測試個體無能力再鑽入底質 (rebury) 時的污染質濃度 (EC₅₀)。還有一種方式為兩種以上不同處理的底質之選擇 (substrate selection)，視其底質中出現的個體數。上述各種測試方法中，因 96 h LC₅₀ 為一般常用的生物檢定方法，此資料可和其它底棲性無脊椎動物比較，若污染質濃度不到致死程度，則以行為相關的測試方法最易觀察。

就底棲性端腳類對不同污染質毒性反應而知，化學藥品中，氯化碳氫混合物較芳香烴混合物毒性為強 (Plesha *et al.*, 1988)。在低濃度油污中，碳氫混合物 (hydrocarbons) 對生物體之作用相當麻醉劑的作用，會影響氧氣消耗狀況而間接降低行動能力。因此在初曝露於油污中，生物體組織內油污濃度仍低，麻醉作用為此階段之主要效應；另一方面在急性油污毒性影響下，生物體呼吸速率降低且通常 O:N ratios 亦降低 (reviewed by Tedengren *et al.*, 1988)。於重金屬毒性方面，依毒性大小排列為 Cd>Zn>Cr>Ni (Oakden *et al.*, 1984; Bryant *et al.*, 1985)。然環境中其它因子亦會影響污染質之毒性，如底質粒度、溫度、鹽度、其它污染質，而生物體本身對污染質之利用性 (bioavailability)、累積 (bioaccumulation) 等皆影響其對污染質的反應。舉例說明：粒度細、高有機碳含量之底質與化學污染物結合之效率高於粒度粗、低有機碳含量之底質，因此可降低化學污染物之毒性 (Dewitt *et al.*, 1988; Plesha *et al.*, 1988)；在高鹽度、低溫下，生物體對鉻的耐性最大，相對地在低鹽、較高溫下對鉻的敏感性較高 (Bryant *et al.*, 1984, 1985)；另底質中出現銓合劑 (chelating agent) 如 EDTA，可和鎘離子結合，而降低鎘之毒性 (Oakden *et al.*, 1984)。

綜觀上述底棲性端腳類在環境評估之應用，其優點為數量多，易採得大量樣品及完整蟲體；生活史短，易取得外界環境變化之影響；且實驗室內許多種類可飼育增殖，且無幼生期，易使測試個體統一化。缺點為每一母體抱卵數較少，故需大量統一測試個體時，則需採大量之母體。

未來之展望：對底棲性端腳類而言，因環境中生物因子、非生物因子互相影響，於野外實地監測應用上，應調查非生物因子如溫度、鹽度、粒度組成、有機碳含量、營養鹽等，生物因子則包括生物體之組成分佈、生物量、生產量等，而生物體本身之密度變化、生殖期、死亡率等亦需有完整資料，始得以評估底質環境之變化。於生物檢定應用上，應選擇適用種類；且應以野外污染地之污染濃度做為測試濃度之標準；並應考慮測試生物本身的生物累積及生物利用性。現海域環境，遭受污染破壞愈益嚴重，對於海洋底棲環境之研究為刻不容緩之事，並當建立臺灣底棲性端腳類動物相之資料，訂定合理的生物檢定標準，以做為長期監測之參考。

謝 辭

感謝臺灣電力公司對通霄計畫的支持，使得此一文稿得以完成，特此誌謝。

參 考 文 獻

- 石丸信一 (1986)。ヨコエビ類の研究法。生物教材第 19、20 號。
- 江建嵩 (1986)。臺灣西南部永安海域大型底棲動物相之研究。私立中國文化大學海洋研究所資源組碩士論文。
- 洪楚璋、陳汝勤、黃璜、江永棉、譚天錫、巫文隆、范光龍、葉顯極 (1988)。臺中縣梧棲鎮附近海域生態調查研究報告。國立臺灣大學海洋研究所，專刊第 56 號。
- 益鼎工程股份有限公司 (1988)。臺灣電力公司蘇澳火力發電計畫環境影響評估期中報告。
- 陳章波、陳一鳴、陳勇輝 (1989)。苗栗縣通霄鎮附近海域環境生態調查研究第一年期末報告。國立中山大學海洋地質研究所。第六章。
- 龐元勳 (1981)。香山湖間帶底棲生物與環境之關係。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文。

- 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、陳堅強、范光龍、丁雲源 (1985)。中油公司永安區 LNG 進口站附近海域生態環境調查第一年執行報告。中央研究院國際環境科學委員會中國委員會。專刊第 46 號。
- Agnew, D. J. and M. B. Jones. (1986). Metabolic adaptations of *Gammarus duebeni* Liljeborg (Crustacea, Amphipoda) to hypoxia in a sewage treatment plant. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol: 84A, No. 3, pp. 475-478.
- Bousfield, E. L. (1973). Shallow-water gammaridean Amphipoda of New England.—Cornell University Press, Ithaca, N. Y. pp. 1-16.
- Bryant, V., D. M. Newbery, D. S. Mcluskly and R. Campbell. (1985). Effect of temperature and salinity on the toxicity of nickel and zinc to two estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 24: 139-153.
- Bryant, V., D. S. Mcluskly, K. Roddie and D. M. Newbery. (1984). Effect of temperature and salinity on the toxicity of chromium to three estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*, *Nereis diversicolor*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 20: 137-149.
- Collie, J. S. (1985). Life history and production of three amphipod species on Georges Bank. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22: 229-238.
- Dauvin, J. C. (1988). Life cycle, dynamics, and productivity of Crustacea-Amphipoda from the western English Channel. 4. *Ampelisca armoricana* Bellan-Santini et Dauvin. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 123: 235-252.
- Dewitt, T. H. (1988). Effect of natural sediment features on survival of the Phoxocephalid Amphipod, *Rhepoxynius abronius*. *Marine Environmental Research* 25: 99-124.
- Dörjes, J. and Y. M. Cheng. (1986). Sedimentological and biological investigations in foreshore and shelf deposits off the west coast of Taiwan II. Macrobenotho. *Senckenb. Marit.* 17(4-6): 221-240.
- Fincham, A. A. (1984). Basic marine biology. British Museum (Natural History). Cambridge University Press. pp. 37-101.
- Fraze, D. R. (1989). Population density and demography of a fouling community amphipod. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 125: 117-136.
- Gray, J. S. and H. Christie. (1983). Predicting long-term changes in marine benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13: 87-94.
- Grizzle R. E. (1984). Pollution indicator species of marobenthos in a coastal lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18: 191-200.
- Holme, N. A. (1971). Macrofauna sampling. In: Methods for the study of marine benthos. (Eds. N. A. Holme and A. D. McIntyre). Blackwell scientific publications, Oxford and Edinburgh 80-130 pp.
- Ibanze, F. I. and J. C. Dauvin. (1988). Long-term changes (1977 to 1987) in a muddy fine sand *Abra alba*-*Melinna palmata* community from the Western English Channel: multivariate time-series analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49: 65-81.
- Kuwabara, R. and Y. Akimoto. (1986). The offshore environment of Tung Kang, Southwest Taiwan. II Macrobenothos, p. 193-198. In J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Oakden, J. M., J. S. Oliver and A. R. Flegal. (1984). Behavioral responses of a phoxocephalid amphipod to organic enrichment and trace metals in sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 14: 253-257.
- Oakden, J. M., J. S. Oliver and A. R. Flegal. (1984). EDTA chelation and zinc antagonism with cadmium in sediment: effect on the behavior and mortality of two infaunal amphipods. *Mar. Biol.* 84: 125-130.
- Pienkowski, M. W. (1983). Surface activity of some intertidal invertebrates in relation to temperature and foraging behaviour of their shorebird predators, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11: 141-150.
- Plesha, P. D., J. E. Stein, M. H. Schiewe, B. B. McCain and U. Varanasi. (1988). Toxicity of marine sediments supplemented with mixtures of selected chlorinated and aromatic hydrocarbons to the infaunal amphipod *Rhepoxynius abronius*. *Marine Environmental Research* 25: 85-79.
- Swartz, R. C., G. R. Ditsworth, D. W. Schults and J. O. Lamberson. (1985). Sediment toxicity to a marine infaunal amphipod: Cadmium and its interaction with sewage sludge. *Marine Environmental Research* 18: 133-153.
- Swartz, R. C., W. A. Deben, K. A. Sercu and J. O. Lamberson. (1982). Sediment toxicity and distribution of amphipods in Commencement Bay, Washington, USA. *Mar. Pollut. Bull.* Vol. 13, No. 10, pp. 353-364.
- Tedengren, M., M. Arner, N. Kautsky. (1988). Ecophysiology and stress response of marine and brackish water *Gammarus* species (Crustacea, Amphipoda) to changes in salinity and exposure to

- cadmium and diesel-oil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 47: 107-116.
- Zimmerman R., R. Gibson and J. Harrington. (1979). Herbivory and detritivory among gammaridean amphipods a Florida seagrass community. *Mar. Biol.* 54: 41-47.

The Studies and Applications of Benthic Amphipods on the Environmental Monitoring of Taiwan

Chang Lie Miao-Li¹, Chen I-Ming², and Chen Chang-Po³

1. *Institute of Marine Biology, Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, 80424, R. O. C.*
2. *Department of Marine Resources, Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, 80424, R. O. C.*
3. *Institute of Zoology, Academic Sinica, Nan Kang, Taipei, Taiwan, 11529, R. O. C.*

ABSTRACT

The widely distributed benthic amphipods inhabit marine, brackish- and fresh-water habits. Usually they are numerically dominant in soft-bottom communities, and the major donors of second production in the food web. Many studies have shown the benthic amphipods are sensitive to the changes of bottom-environment, sand have been used as indicator species for communities in the shallow-water and habitat. In the present paper, we focus on three subjects as following: an introduction to the biology of amphipods, the studies of benthic amphipods of Taiwan and the applications of benthic amphipods on the environmental monitoring.