

## 四、珊瑚礁魚類羣聚結構應用於環境污染監測 之初步研究—以溫排水之影響為例

陳立文 邵廣昭 陳正平

中央研究院動物研究所

### 摘 要

珊瑚礁魚類為珊瑚礁區最顯眼生物種類之一。不但易於觀察且可利用目測技術法 (visual census method)，無需破壞其生態資源即可達到環境監測之目的。大部分珊瑚礁魚類為定棲性魚類，除非死亡很少遷移。故珊瑚礁魚類具備應用作環境變化指標生物之條件。但由於魚類具自然之季節性消長，故應以魚類羣聚整體作為環境變化之指標，而不宜如底棲性無脊椎動物般僅憑一種或數種種類作指標種。本研究係利用位於臺灣南部核能電廠附近海域之三個監測站及位萬里桐之對照站等長期魚種組成資料為例來分析各站十年來魚種組成之變化情形，試圖找出溫排水對當地魚種組成長期之影響。本文有關魚類羣聚生態特性研究項目包括魚種組成變化及魚種相似度與穩定度等，而根據上述資料進行分析之結果並無法值得溫排水對當地魚種組成之影響。

### 1. 前 言

污染物質監測一般廣泛地皆利用底棲性無脊椎動物作為污染源之生物指標，以判定環境品質的優劣及改變的情形。底棲性無脊椎動物作為污染指標的優點是有直接數據化的證據，可以定量之。但溫排水污染並無物質釋出，無法藉由無脊椎動物體內累積而測得。故本研究擬以珊瑚礁魚類羣聚作為溫排水的污染指標。因珊瑚礁魚類不但色彩鮮艷而且大部分魚種屬定棲性魚種 (resident species)，故不僅符合生物監測指標種之條件又易於以肉眼觀察記錄得知魚類羣聚消長之變化情形。加以配合目測技術法來記錄魚相資料，即可在不破壞生態環境之下行生物監測。本研究擬利用南臺灣核能三廠附近海域之三個監測站及遠處絕對不受溫排水影響之萬里桐對照站之長期魚種組成資料來分析比較。藉着檢查珊瑚礁魚類羣聚結構之各種生態特性層面如魚種組成變化，經常出現之優勢魚種之消長情況，及營養層分佈結構等改變趨勢來監測海域生態環境污染。而本文首先僅就十年來魚種組成變化的檢查，來分析魚種變化趨勢是否有受溫排水影響。另藉由相似性係數之計算求得魚種相似度並推其魚種穩定度是否亦受溫排水影響而有定向之變化。

### 2. 研究調查方法

一般應用於珊瑚礁魚類羣聚組成調查及其生態學研究之調查方法有二：

(1)目測技術法 (visual census method)，此法所獲得之魚種組成資料大部分會因人及地而異，且只能記錄到非隱密性 (non-cryptic)、日行性 (diurnal) 或少數顯而易見的夜行性 (nocturnal) 之魚種，而且記錄資料之精密度 (precision) 及準確度 (accuracy) 皆有偏低的現象 (Russell *et al.*, 1978; Sale, 1980; Brock, 1982)。此法又可依其適用性分成二類：第一類為調查線法 (transect line) (Brock, 1954)。第二類是定區調查法 (block monitoring) (Sale, 1980)

。前者適用於整片大型礁區如礁岩平台等，而後者則適用在易於界定調查範圍之區域如獨立礁區。

(2)魚相清除法 (fish defaunation method)，此係利用化學藥品，炸藥或圍網等將研究區之魚類完全清除，以便得到許多隱密性 (cryptic) 或夜行性 (nocturnal) 等魚種，較能集到完整之魚相組成資料。

但利用第二種方法來推斷羣聚組成會破壞生態環境，對於需要長期進行生態調查監測之研究並不合用。且因本文所引用資料之墾丁海域多為小型之獨立礁區，故適於採用上述之目測技術法中之定區調查法。

### 3. 資料來源及其分析方法

本研究所使用之長期魚相記錄資料係自 1979 年 7 月始至 1989 年 6 月止，共計十年之資料 (蘇等, 1979~1989)。由於調查起始時間及配合年度計畫結束之關係，故本文中年度的劃分方式為，由 1979 年 7 月到 1980 年 6 月為第一年度，而 1980 年 7 月到 1981 年 6 月為第二年度，依此類推，1988 年 7 月到 1989 年 6 月為第十年度。至於調查測站之地點分別有：南部核電廠附近海域所選之三測站 (見圖一) 分別位於離出水口較遠之站 (St. I)，位於出水口附近者 (St. II) 及位於進水口附近離出水口更遠者 (St. III)。另自 1984 年 7 月始至 1989 年 6 月，即第六年度至第十年度，計有五個年度之萬里桐對照站 (St. IV) 資料。本研究之長期魚相資料在電廠前四年 (第二至第五年度) 因魚相記錄人員不同，使本研究之魚相資料，僅有魚種有無資料而缺乏魚類豐度之資料，因此無法就長期豐度資料進行更深入之分析。本文中僅得初步先就長期之魚種組成變動的情形加以分析探討。另外，利用 CLUSTAR 程式集中 Sorensen 係數亦即 (Zekanowski 係數) 及 UPGMA 方法來計算十年來中每兩年間魚相之相似程度。另將相隔同年級的係數求其平均，來分析魚相之穩定情況。其中有關 Sorensen 係數計算方式則如下：

$$S=2C/(A+B)$$

其中 (i)  $A, B$  指第  $A$  及  $B$  次採樣之各別總魚種數。

(ii)  $C$  為  $A$  及  $B$  採樣中均有之種類的種數。

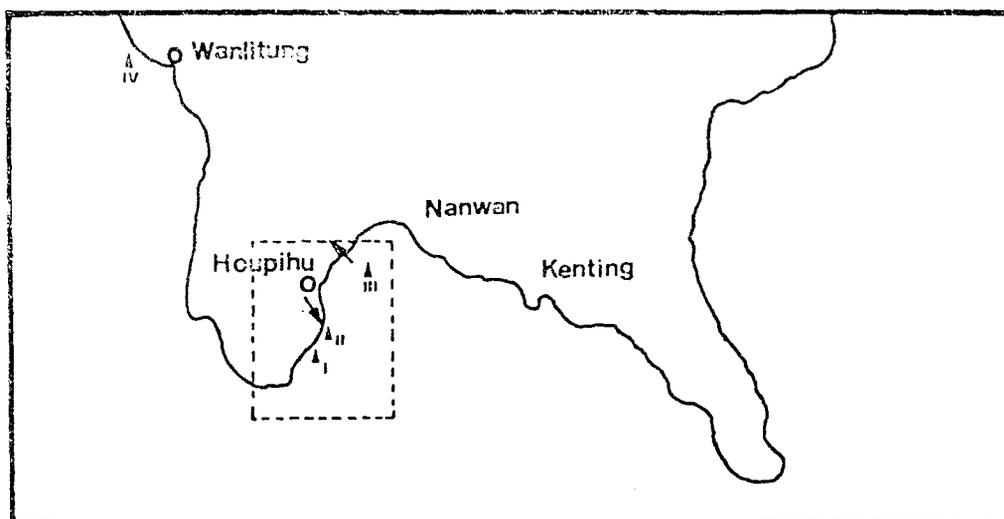
### 4. 結果與討論

本研究結果分二方面來加以討論，(一)魚相組成變化及(二)魚相相似度及穩定度。

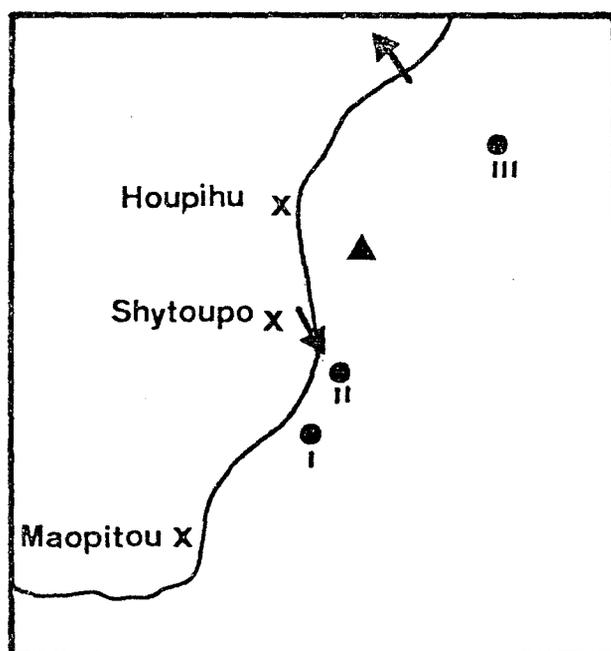
#### (一)魚相組成變化

首先就三個測站十年來記錄魚相之魚種數加以統計，總計分別為 319 種、298 種及 327 種。而三個測站在十年中每年記錄得魚種數變化可得於圖二。圖中可看出三個測站魚種種數變化趨勢相似而變化之幅度不大，其中第八年度及第十年度之魚種數變化較大。另第八年度及第十年度之魚種數在 St. I 及 III 之增加較明顯外，St. II 則極穩定。

比較三個測站之十年魚相在兩相鄰年間之相同魚種和不同魚種數之比例變化情形。在 St. I (見圖三) 相鄰年度不同魚種數在第五及第六年度後達一半以上，但在此兩年度之前魚種變化不大，只有十分之一不到。而分別在 St. II 及 III (見圖四及五) 亦有相同的情形發生。由於南核電廠是在 1984 年 5 月開始運轉，故第六年度亦即是運轉後之第一年。而在第五及第六年度亦即電廠運轉之前後年度，其魚種變化何以在電廠運轉之後加劇，在作者檢查魚種組成時發現，極有可能是由於從第二到第五年度之資料為他人所記錄，因魚種之鑑定能力與實驗方法不同而導致之純人為誤差。另一項間接證據，證明與溫排水無關是由於對照組在五年間彼此相鄰年間魚種變化，如圖六所示，在自然狀態下，其魚種組成改變每年均達半數以上。綜合上論，三個測站於第六年度以後魚種組成替換之情形應



(A) major subtidal stations

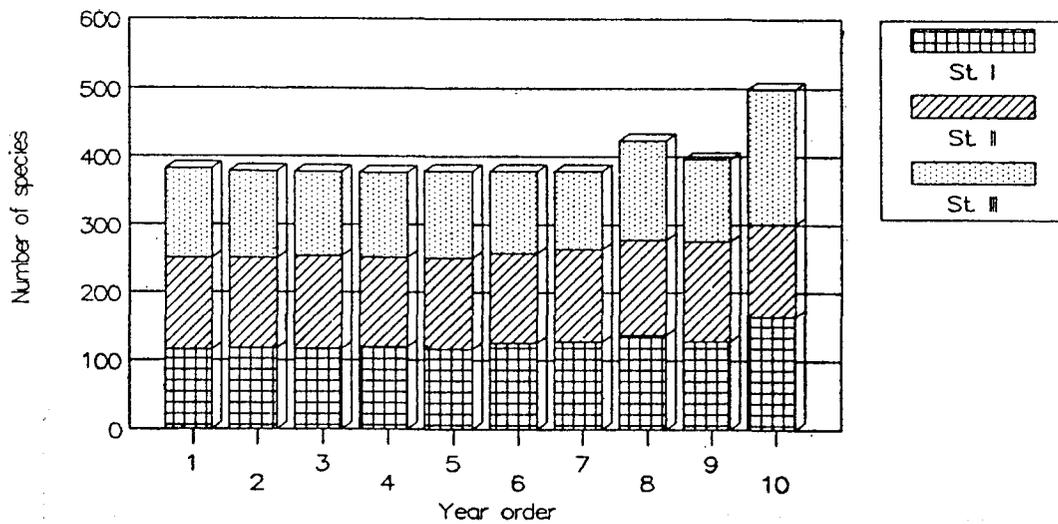


(B) detail map of the three subtidal stations at Nanwan and several abandoned intertidal or subtidal station. The arrows indicated the inlet and outlet sites of nuclear power plant.

- ▲ : old monitoring station C
- X : old tidal pool monitoring station
- : present monitoring station

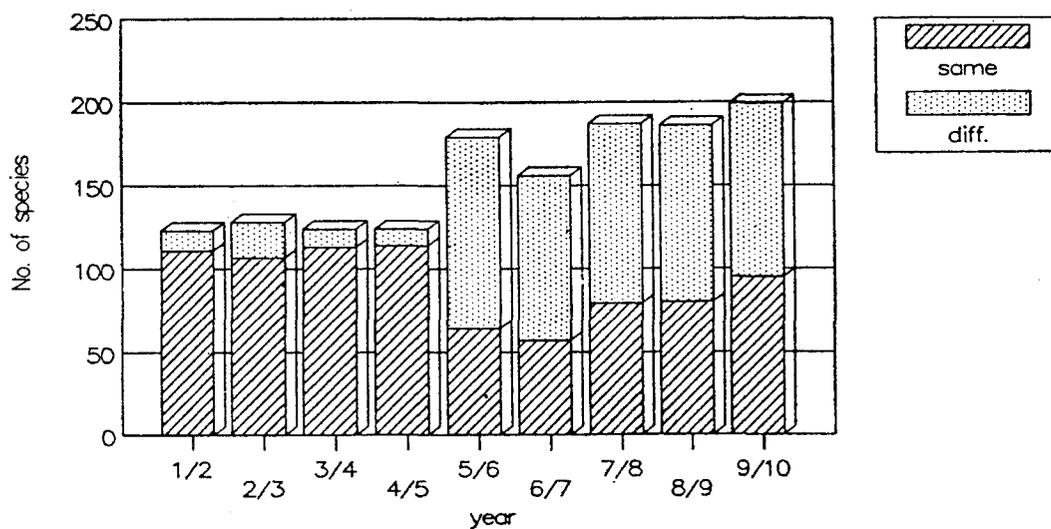
圖一 魚類羣聚調查之測站

Fig. 1. Monitoring stations for fish community.



圖二 三測站十年之魚種數變化

Fig. 2. Yearly variance of the number of species at the three stations.



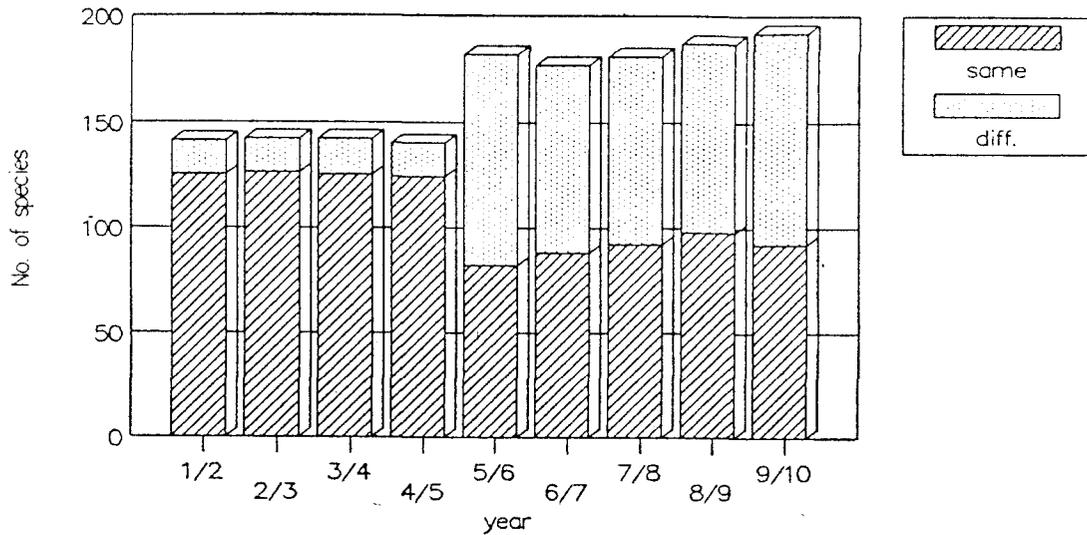
圖三 比較 St. I 站中相鄰年間相同魚種及不同魚種之種數

Fig. 3. Comparison of the number of the same and the different species between two neighboring years of St. I.

屬自然消長之變化，而非受溫排水影響之故。

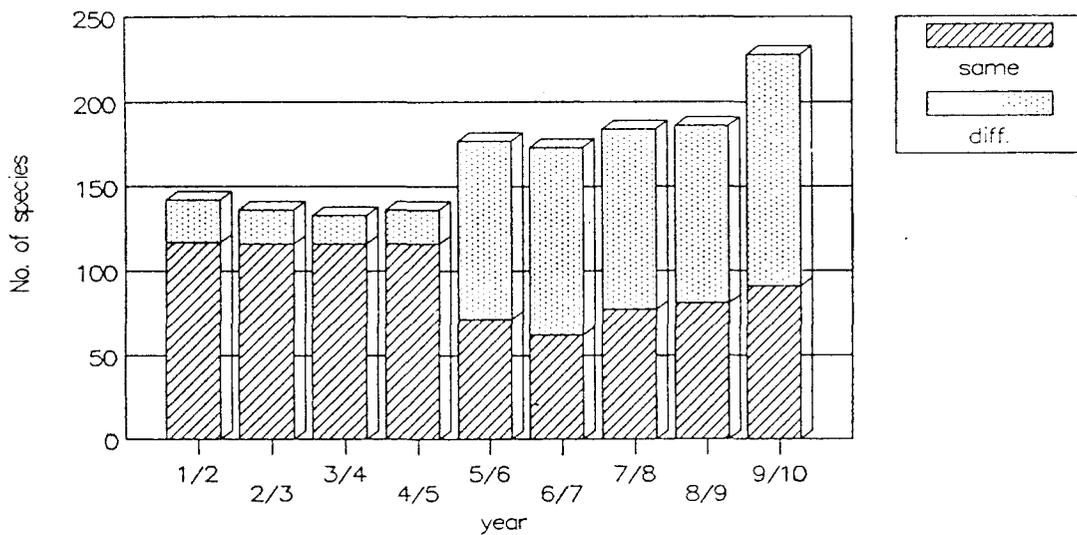
表一列有三個測站及萬里桐對照站於十年來，每年均有記錄到的魚種，其中 St. I 計有 33 種，St. II 計有 43 種及 St. III 有 36 種。另 St. IV 於五年中共計有 45 種魚種每年均曾出現。檢查上述四站別經常出現之優勢魚種發現，均以隆頭魚科及雀鯛科魚類佔最多及次之的魚種數。顯示此四個調查點的魚種組成狀況與其它墾丁海域相同 (陳, 1989) 均以隆頭魚科及雀鯛科為優勢魚種。

細察三個測站之魚種變化在核電廠運轉之前後不同之結果是由於稀見魚種數增加之緣故。在 St. I 站中於運轉後才出現之魚種數約 170 種，而其中出現僅一次及二次之魚種佔極大部分約百分之八十。同樣的情況亦發生於 St. II 及 III 站。由此情況配合年間魚種數變化情形 (圖二) 分析之，可核知電廠之運轉並未使當地之魚種數減少。此外，就調查僅五年之萬里桐對照站之資料來看，僅出現



圖四 比較 St. II 站中相鄰年間相同魚種及不同魚種之種數

Fig. 4. Comparison of the number of the same and the different species between two neighboring years of St. II.



圖五 比較 St. III 站中相鄰年間相同魚種及不同魚種之種數

Fig. 5. Comparison of the number of the same and the different species between two neighboring years of St. III.

一次及二次之魚種佔全部魚種亦高達百分之六十。由此結果比較可知年間相異之魚種大多數屬稀見魚種，且稀見魚種之種數比例高主要是由於長期調查累積的結果。

#### (二) 魚種相似度及其穩定度

本研究因僅能利用魚種有無之資料，故採用 Sorensen 係數來計算各站別之年間相似程度。但由於第二到第五年度之魚種組成具有人為誤差，故不予以納入分析討論範圍內，以免導致錯誤結論。三個測站求得之 Sorensen 係數值列於表二。其中 St. I 之 Sorensen 係數值最高是 0.6532（第九及十年度間），最低為 0.4839（第一及九年度），均值是 0.5607。St. II 之最高相似值為 0.6877（第八及九年度），最低為 0.5071（第一及九年度），均值為 0.6094。St. III 之最高相似值為

表一 十年中每年都有記錄之優勢魚種

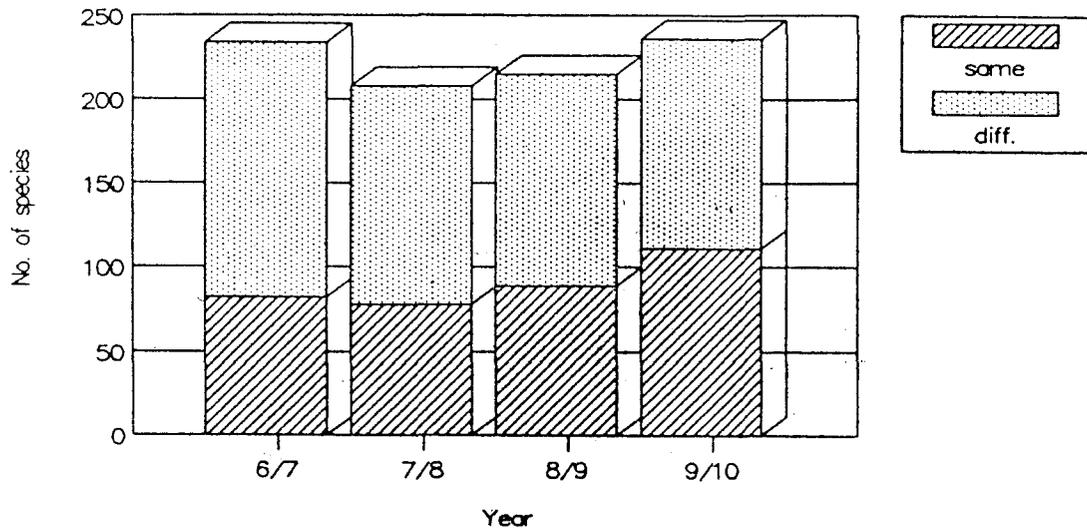
Table 1. List those dominant fish species at the four stations which occurred every year in ten years

ST. I	ST. II	ST. III	ST. IV
<i>Anampses caeruleopunctatus</i>	<i>Acanthurus</i> sp.	<i>Anampses meleagrides</i>	<i>Acanthurus maculiceps</i>
<i>A. meleagrides</i>	<i>Anampses meleagrides</i>	<i>A. twistii</i>	<i>Amphiprion clarkii</i>
<i>Chaetodon citrinellus</i>	<i>A. twistii</i>	<i>Aulostomus chinensis</i>	<i>Anthias squammipinnis</i>
<i>C. kleinii</i>	<i>Chaetodon argentatus</i>	<i>Bodianus axillaris</i>	<i>Apogon cyanosoma</i>
<i>C. speculum</i>	<i>C. citrinellus</i>	<i>B. mesothorax</i>	<i>Bodianus axillaris</i>
<i>C. vagabundus</i>	<i>C. kleinii</i>	<i>Centropyge vroliki</i>	<i>B. mesothorax</i>
<i>Chromis margaritifer</i>	<i>C. speculum</i>	<i>Cephalopholis urodelus</i>	<i>Caesio tile</i>
<i>Ctenochaetus binotatus</i>	<i>C. vagabundus</i>	<i>Chaetodon citrinellus</i>	<i>C. sp. 1</i>
<i>Gomphosus varius</i>	<i>Cheilinus rhodochrous</i>	<i>C. kleinii</i>	<i>Canthigaster vaentini</i>
<i>Halichoeres hortulanus</i>	<i>C. trilobatus</i>	<i>Cheilinus rhodochrous</i>	<i>Cephalopholis urodelus</i>
<i>Labroides bicolor</i>	<i>Chromis margaritifer</i>	<i>C. trilobatus</i>	<i>Chromis margaritifer</i>
<i>L. dimidiatus</i>	<i>Coris gaimard</i>	<i>Chromis lepidolepis</i>	<i>C. vanderbilti</i>
<i>Meiacanthus grammistes</i>	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	<i>C. margaritifer</i>	<i>C. weberi</i>
<i>Myripristis murdjan</i>	<i>Gomphosus varius</i>	<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>	<i>C. xanthurus</i>
<i>Naso unicornis</i>	<i>Halichoeres hortulanus</i>	<i>Coris gaimard</i>	<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>
<i>Paracirrhites forsteri</i>	<i>Labroides dimidiatus</i>	<i>Dascyllus reticulatus</i>	<i>Cirrhitichthys aprinus</i>
<i>Paraglyphidodon behnii</i>	<i>Meiacanthus grammistes</i>	<i>D. trimaculatus</i>	<i>C. falco</i>
<i>Parupeneus trifasciatus</i>	<i>Melichthys vidua</i>	<i>Gomphosus varius</i>	<i>Coris gaimard</i>
<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	<i>Naso unicornis</i>	<i>Halichoeres hortulanus</i>	<i>Ctenochaetus binotatus</i>
<i>P. lacrymatus</i>	<i>Paraglyphidodon behnii</i>	<i>Labropodes dimidiatus</i>	<i>Dampiera cyclophthalma</i>
<i>Pomacentrus bankanensis</i>	<i>P. melanopus</i>	<i>Meiacanthus grammistes</i>	<i>Dascyllus reticulatus</i>
<i>P. lepidogenys</i>	<i>Parapercis cephalopunctata</i>	<i>Nemateleotris magnifica</i>	<i>D. trimaculatus</i>
<i>P. philippinus</i>	<i>Parupeneus trifasciatus</i>	<i>Parapercis cephalopunctata</i>	<i>Diodon holocanthus</i>

表一 (續)

ST. I	ST. II	ST. III	ST. IV
<p><i>Pseudocheilinus hexataenia</i>  <i>Stethojulis bandanensis</i>  <i>Sufflamen chrysopterus</i>  <i>Thalassoma amblycephalum</i>  <i>T. fuscum</i>  <i>T. hardwickii</i>  <i>T. janseni</i>  <i>T. lunare</i>  <i>T. lutescens</i>  <i>Zanclus cornutus</i></p>	<p><i>Pomacentrus bankanensis</i>  <i>P. coelestis</i>  <i>P. lacrymatus</i>  <i>P. lepidogenys</i>  <i>P. philippinus</i>  <i>P. vaiuli</i>  <i>Pseudocheilinus hexataenia</i>  <i>Pteragogus flagellifera</i>  <i>Ptercaesio diagramma</i>  <i>Ptereleotris evides</i>  <i>Scarus sp. D.</i>  <i>Scolopsis bilineatus</i>  <i>Stethojulis bandanensis</i>  <i>Synodus variegatus</i>  <i>Thalassoma amblycephalum</i>  <i>T. hardwickii</i>  <i>T. janseni</i>  <i>T. lunare</i>  <i>T. lutescens</i>  <i>Zanclus cornutus</i></p>	<p><i>Parupeneus trifasciatus</i>  <i>Pempheris ovalensis</i>  <i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>  <i>Pomacentrus coelestis</i>  <i>P. vaiuli</i>  <i>Pseudocheilinus hexataenia</i>  <i>Ptercaesio diagramma</i>  <i>Scolopsis bilineatus</i>  <i>Sufflamen chrysopterus</i>  <i>Thalassoma amblycephalum</i>  <i>T. lunare</i>  <i>T. lutescens</i>  <i>Zanclus cornutus</i></p>	<p><i>Gomphos varius</i>  <i>Halichoeres hortulanus</i>  <i>Labroides dimidiatus</i>  <i>Macropharyngodon meleagris</i>  <i>M. pardalis</i>  <i>Meiacanthus grammistes</i>  <i>Paracirrhites arcatus</i>  <i>Parupeneus indicus</i>  <i>Pomacentrus coelestis</i>  <i>Pseudocheilinus hexataenia</i>  <i>Pteragogus flagellifera</i>  <i>Ptercaesio diagramma</i>  <i>P. tapeinosoma</i>  <i>Saurida gracilis</i>  <i>Stethojulis bandanensis</i>  <i>Sufflamen chrysopterus</i>  <i>Synodus variegatus</i>  <i>Thalassoma amblycephalum</i>  <i>T. hardwickii</i>  <i>T. lunare</i>  <i>T. lutescens</i>  <i>Zanclus cornutus</i></p>



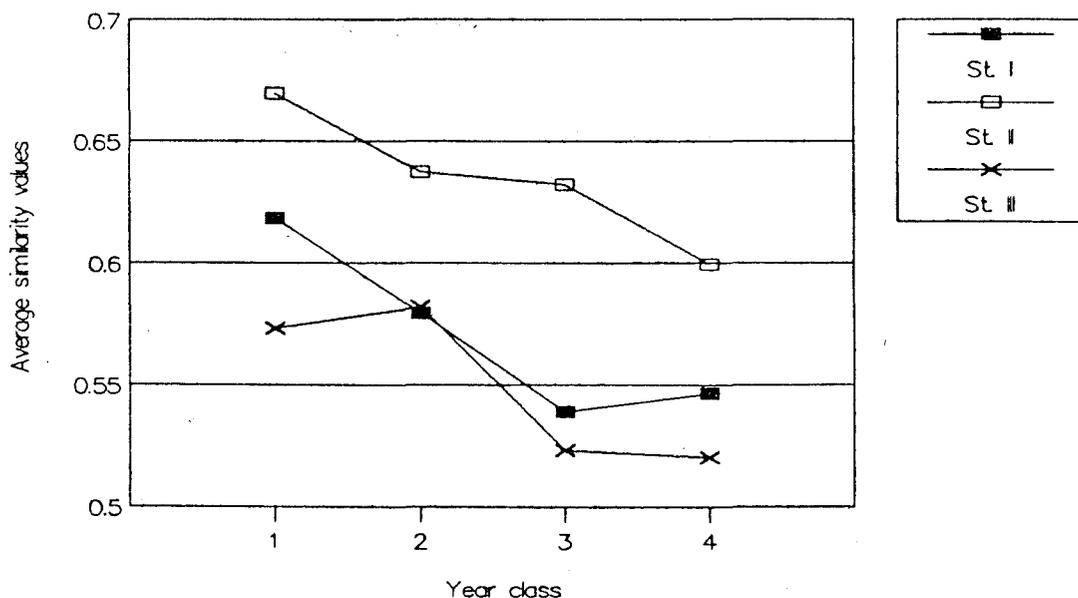


圖六 比較 St. IV 站中相鄰年間相同魚種及不同魚種之種數

Fig. 6. Comparison of the number of the same and the different species between two neighboring years of St. IV.

0.6102 (第七與第九年度)，最低為 0.4970 (第一及第十年度)，均值为 0.5460。三個測站之最高相似度值以 St. II 最高，而 St. III 最低，但相似值彼此之間相差甚小。即使由所有值來看，各站間相似值的差距亦小。

如將三測站魚種之 Sorensen 係數平均值分別為 0.5607, 0.6094 及 0.5460，與國外其它地區之結果相比較時，比大區域 (large scale) 之 Brock (1982) 在夏威夷之 Kaneone Bay 之研究結果得相似度均值為 0.682，另 Gladefeter *et al.* (1980) 在 Virgin Island 及 Marshall Island 研究結果值分別為 0.61, 0.62, 0.68，及 0.72 等結果皆高於本研究之結果。而小區域 (small



圖七 比較三測站利用 Sorensen 係數計算所得之年級序列相似性

Fig. 7. Comparison of the average similarity values along different year class based on then Sorensen coefficient of the three stations.

scale) 地區研究如 Sale (1980) 對珊瑚礁頭之添入魚相似度研究結果得均值 0.568, 和本研究值相當。比較上述數值, 可知本研究之三個測站之魚種穩定度屬中等左右。

另將 Sorensen 係數值就其相隔相同年級 (year class) 的所有值求其平均, 得三個測站之各年級序列的變化情形見圖 7。圖中可見三個測站在所有年級值的變異幅度均小於 0.2。此意味着海域中的魚類羣聚中魚種的替換情形年間均約在二分之一左右, 而且速率相當穩定。至於當地魚類羣聚結構是否有周期性之現象, 由目前所得之結果尚不足以斷言, 仍有待更長期之調查資料。

### 參 考 文 獻

- Brock, R. E. (1954). A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. *J. Wildl. Mgmt.* 18: 297-308.
- Brock, R. E. (1982). A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.* 32: 269-276.
- Chen, L. W. (1989). A study on community structure and stability of coral reef fishes in southern Taiwan. Ms. of Inst. of Oceanography, National Taiwan University, 81 pp.
- Gladfelter, W. B., J. C. Ogden and E. H. Gladfelter (1980). Similarity and diversity among coral reef fish communities: A comparison between tropical western Atlantic (Virgin islands) and tropical central Pacific (Marshall islands) patch reefs. *Ecology* 61(5): 1156-1168.
- Russell, B. C., F. H. Talbot, G. R. V. Anderson and D. B. Goldman (1978). Collection and sampling of reef fishes. Pages 329-345 in D. R. Stoddart and R. E. Johannes, eds. Coral reefs: research methods. UNESCO, 581 pp.
- Sale, P. F. (1980). Assemblages of fish on patch reefs-predictable or unpredictable? *Env. Biol. Fish.* 5: 243-249.
- Su, C. C. *et al.* (1979-1988). An ecological survey on the waters adjacent to the southern Taiwan nuclear power plant sites. Annual progress report from 1980.

## Biomonitoring of Environmental Pollution by Studying the Change of Reef Fish Community—Using the Effect of Thermal Effluent as An Example

Chen, L. W., K. T. Shao and J. P. Chen

*The Institute of Zoology, Academia Sinica, Nankang, 11529,  
Taipei, Taiwan, R. O. C.*

### ABSTRACT

The coral reef fish community is one of the most dominant animal groups in the coral reef area. Not only it can be easily observed by visual census method, the ecological environment can be monitored without any damage on its ecological resources. Although the coral reef fishes are qualified as the bio-indicators since most coral reef fishes are resident species, due to their great natural succession, it would be better to inspect the change of whole fish community instead of using only one or few species as the bio-indicators. The fish community data collected near the waters around the third nuclear power plant were used here as an example to show how the effect of thermal discharge was monitored. The data used in present studies include ten years data from the three monitoring stations near outlet area in Nanwan and five years data of one contrast station locates at Wan-li-tung. The ecological characteristics of fish community studied in the present study include the composition of fish fauna, the species similarity and the stability of fish community. The study results revealed that there is still no evidence shown that the heat effluent of the third nuclear power plant has influenced the local fish communities.