

六、臺灣核能電廠撞擊魚類之羣聚變化 及其漁業損失評估

林介屏 邵廣昭 李建錡

林沛立 何林泰

中央研究院動物所

摘 要

本研究旨在探討臺灣三座核能電廠因冷却水汲取所造成之魚類撞擊 (impingement) 現象，藉以了解當地海域魚類羣聚結構變化及因撞擊所造成漁業損失之評估。

研究調查方法係以系統採樣方法 (Systematic sampling method) 進行採樣工作，同時收集現場各項有關之環境資料，藉以了解環境因子之影響，以求建立一套魚類撞擊模式，並提供漁業損失評估之用。

在羣聚變化方面，在魚種組成上，經濟性魚種約佔 38%，珊瑚礁魚類約為 61%；在時空變化上，南北間有所差異，但若僅就北部而言，時間因素影響較大。

在漁業損失方面，估計核一、核二廠每一年因撞擊作用所造成之漁業損失約在百萬元之譜，而核三廠則約為數十萬元左右。

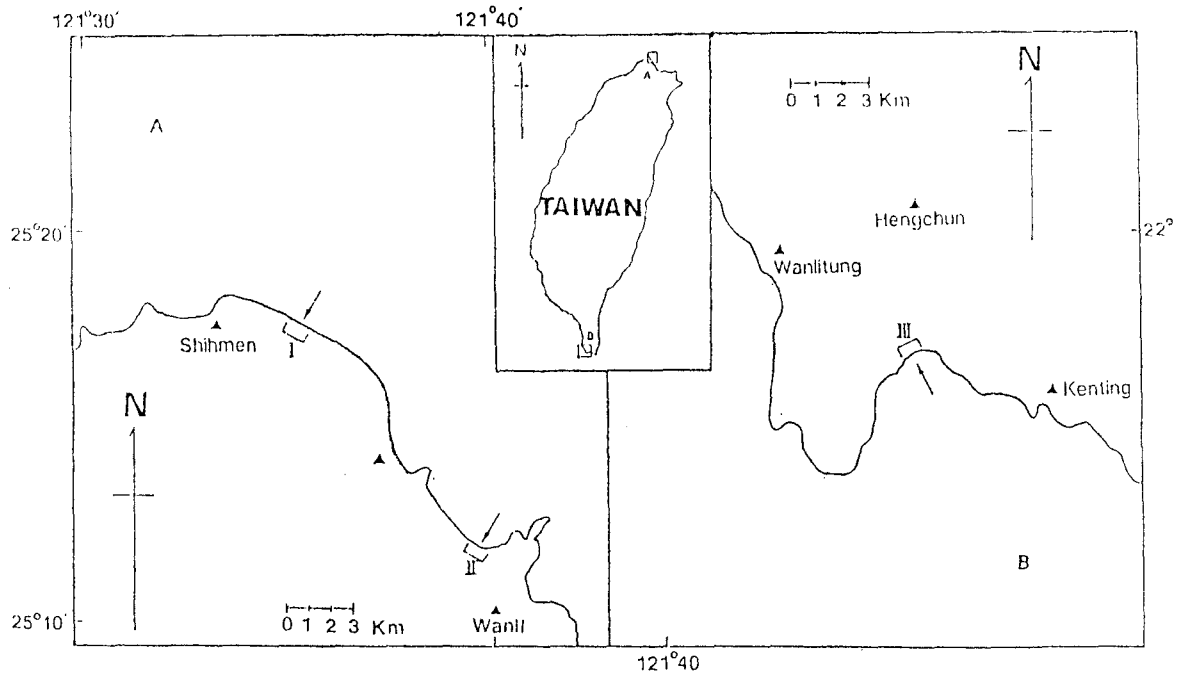
1. 前 言

由於核能電廠在運轉時須汲取大量海水以做為冷却之因，因此會對該電廠所處海域之海洋生物，包括魚類等產生撞擊 (impingement) 作用而造成危害，此項對漁業資源無法避免之負面影響，在國外，特別是在歐美及日本，甚早即為對該電廠所造成環境影響之評估要項之一，同時亦屬一極為重要之生物監測方法。譬如在美國地區，過去即有許多從事有關撞擊現象之調查研究報告，其中以 Jensen (1976, 1978) 所輯之第三及第四屆汲入與撞擊研討會專刊以及 Carries & Hannon (1979) 與 Reynolds (1979) 所編之汲取與撞擊研究報告摘要收錄最多。在上述報告中，各有其不同之調查研究重點，如取樣方法之探討、漁業資源損失之估算、環境因子之影響、以及描述撞擊魚類之魚種組成及時空變化等。在國內，雖然現有三座核能電廠分別自 1977、1981、及 1984 年起開始商業運轉，但有關撞擊之研究却遲至 1986 年 7 月方開始著手進行 (蘇等, 1987a, b; 1988a, b; 1989a, b)，此外，同時有撞擊現象存在之火力發電廠，目前亦僅有高雄興達火力發電廠曾有較為詳盡之調查 (譚等, 1988)，而通霄電廠之撞擊調查則自 1989 年 7 月才開始進行。上述調查報告大多著重於漁業損失之評估，有關魚類羣聚變化之研究則僅有邵與郭 (1988)、邵廣昭等 (1990) 兩篇報告。

2. 電 廠 概 況

目前臺灣共有三座核能發電廠，其中核一、核二廠分別位於臺灣北部之野柳及石門，兩廠相距約 12 公里，而核三廠則位處臺灣南端之南灣 (圖一)。在設備規格方面，三座電廠之發電量及汲水量依次為 650×2 MWe, 1.096×10⁶ gal/min; 980×2 MWe, 1.271×10⁶ gal/min; 951×2 MWe,

1.731×10⁶ gal/min；而電廠所在之海域狀況為核一、核二廠同為岩礁、砂底及珊瑚礁混雜之底質，核三廠則屬珊瑚礁地形。



圖一 臺灣三座核能電廠位置圖

Fig. 1. Map of the three sampling localities, i.e. the intakes of the first, second and the third nuclear power plant along the coast of northern and southern tips of Taiwan.

3. 材料與方法

為研究三座核能電廠所造成之撞擊現象，筆者等自 1987 年 7 月至 1989 年 6 月，以國內外常採用之系統採樣法 (Systematic sampling method)，於各核電廠進水口海水泵室兩側之集污槽 (collect baskets) 中，收集撞擊魚類，其中核一、核二廠係間隔 14~15 天進行採樣一次，而核三廠採樣間隔為 30 天；於每個採樣日中，由研究人員至各電廠進水口進行持續 24 小時之採樣，所採得之樣品則携回實驗室中進行種別鑑定、個體計數、及體長、體重之測量，以建立一魚類撞擊之基礎資料，同時直接或間接收集各項環境資料，如水溫、流速、潮汐、加氯情形等，以進行各項相關分析。

(1) 羣聚變化

分析方法除利用上述魚類撞擊資料中魚種數及尾數等各項資料來計算各月之歧異度指數 (Shannon-Weiner diversity index) 外，並利用下列數種數值分類方法 (numerical taxonomy techniques) 來進行羣聚變分化析。首先根據魚種及尾數資料建立了二態 (binary) 及多態 (multistates) 兩種資料矩陣，其中二態資料係根據該年度該魚種出現與否而給予 1 或 0 之值；多態資料則以該年度該魚種之尾數為 0、1、2~19、20~300 及多於 300 尾而分別給予 0、1、2、3、4 之值；各廠各年度則分別以 N1/87、N1/88；N2/87、N2/88；N3/87、N3/88 代表之，共計有 6 個 OTUs (Operational Taxonomic Units)；再以 UPGMA 聚類分析方法 (Unweighted Pair-Group Arithmetic Average clustering method) 對二態資料以 Dice ($S_D = 2a/(a+b+c)$) 及

Jaccard ($S_j = a/(a+b+c)$) 二種係數和多態資料以 Bray-Curtrce 及 Euclidean distance 兩種係數計算所得之三角矩陣資料進行聚類分析。

(2) 漁業損失評估

依系統取樣公式：

$$W = N \times \bar{w} = N \times w/n \quad \text{公式 (1)}$$

即全年總損失重量估值 (W) = 全年天數 (N) × 每採樣天之平均重量 (w/n)。

但是有時由於颱風過境及某些魚類靠岸迴游等特殊因素，因而造成大量撞擊 (massive impingement) 之現象，因而造成全年損失重量估值之變異增大許多，故應將此等少數大量撞擊之損失另行估計後再加回較為合理，因此公式 (1) 變為：

$$W = W_1 + W_2 \quad \text{公式 (2)}$$

其中 W_1 為一般環境條件下全年撞擊魚類之重量估值：

$$W_1 = N \times w_1/n$$

w_1 為扣除大量撞擊之重量，其餘各項同前；

W_2 為大量撞擊之重量估值：(包括颱風及靠岸迴游等)

$$W_2 = w_2/n_2 \times a$$

w_2 為大量撞擊重量； n_2 為採樣中發生大量撞擊之次數或天數； a 則為估計一年中當生之次數或天數

。而漁業經濟損失之推算則以：

$$L = W \times G \times P \quad \text{公式 (3)}$$

即每年漁業經濟損失 (L) = 全年總損失重量 (W) × 成長 (G) × 價格 (P)；此式並未考慮大量撞擊所造成之變異，若是將大量撞擊另行考量，則為：

$$L = W_1 \times G_1 \times P_1 + W_2 \times G_2 \times P_2 + \dots \quad \text{公式 (4)}$$

而上述兩式之前題為：

① 假設所有之撞擊魚類均屬經濟性魚類。

② 假設這些撞擊魚類，若未被吸入電廠而留存於海中，均能百分之百成長為成魚，其體重為原來之 G 倍 (一般狀況下以 10 倍計；大量撞擊時則視魚種及大小另定之)。

③ 依較保守之立場來假設這些魚類每公斤價格為新臺幣 P 元 (一般狀況以每公斤 100 元；大量撞擊則視魚種另行定之。)

4. 結 果

表一中列出各廠各年度撞擊魚類之科數、種數、尾數、及重量，其中無論是種數、尾數或重量均以核一廠最高，核二廠次之，核三廠最低。

表二則列出撞擊魚類與各項環境因子間之相關性測驗結果。在水溫與種數之相關性上，具顯著正相關性者有核二廠 1986.7~1987.6；核三廠 1987.7~1988.6、1988.7~1989.6，餘者並未有顯著相關性存在；而在水溫與尾數之相關性上，在核一廠 1987.7~1988.6；核三廠三個年度有顯著正相關性存在，其餘則否；在流速方面，則各廠各年度間，無論種數或尾數，均未有顯著相關；在潮汐方面，僅與達港於 1987.7~1988.6 在種數上之測驗結果顯著，餘者則否；在加氯問題上，亦僅有核二廠 1987.7~1988.6 在尾數上有顯著關係存在，其餘並未顯示有顯著關係。由這些結果看來，各項環境因子之影響似乎未有一明確定論，尚待日後進一步之資料收集，以利探討。

(1) 羣聚變化

在此兩年 (1987.7~1989.6) 所採得之撞擊魚類中，就種數而言，經濟性魚種約佔 38%；珊瑚

表一 各廠各年度所採獲之撞擊魚類之科數，種數，尾種及重量

Table 1. The number of families, species, individuals and weight of the impinged fishes at the Nuclear Power Plant 1, 2, 3 from July 1986 to June 1989

廠 別	年 度	科 數	種 數	尾 數	重 量 (Kg)
核 一 廠	1986.7~1987.6	65	128	202,080	2,204
	1987.7~1988.6	54	114	5,809	135
	1988.7~1989.6	62	154	123,461	1,141
核 二 廠	1986.7~1987.6	44	82	42,153	219
	1987.7~1988.6	45	103	2,530	48
	1988.7~1989.6	48	116	3,282	186
核 三 廠	1986.7~1987.6	28	58	1,973	15
	1987.7~1988.6	34	61	947	7
	1988.7~1989.6	38	64	1,193	15

礁魚類約為 61% (邵等, 1990)。

表三為撞擊魚類之主要魚種出現情形，其中周年性魚種計有 12 種，在核三廠僅長鰭天竺鯛 (*Archamia dispilus*) 1 種，其餘均屬北部兩個廠。

在時空變化方面，由圖二顯示在空間方面，南北間有所差異，但若以同處北部之核一、核二廠而言，時間因素就較空間因素來得重要，亦即同一廠，不同年度間之差異會較不同廠，同一年度之差異來得大。

(2) 漁業損失評估

由表三中所列之採樣重量、採樣天數及大量撞擊重量及發生次數，以一年颱風過境 4 次及日本鯊 (*Engraulis japonica*) 之洄游季為三個月 (90 天)，分別根據損失重量估算公式 (1) 及公式 (2)，可得各廠各年度之全年損失重量 (W)，根據這兩項結果，以一般狀況下，成長 (G) 為 10 倍，日本鯊則以 1 倍；價格 (P) 為每公斤新臺幣 100 元，日本鯊則為 30 元計，代入漁業經濟損失估算公式 (3) 與公式 (4) 中，可得各廠各年度全年漁業經濟損失。上述結果詳列於表五；估計一年之損失重量核一廠最低為以公式 (1) 估計之 2,053 公斤 (1987.7~1988.6)，最高為以公式 (2) 估算之 49,028 公斤 (1986.7~1987.6)；核二廠則在 730 公斤至 2,829 公斤間；核三廠則僅 148 公斤至 459 公斤之間；在漁業經濟損失方面，由於核一廠在 1986.7~1987.6 及 1988.7~1989.6 兩個年度中之撞擊魚類幾全為日本鯊，故雖重量上較其他各廠大了許多，但在漁業經濟損失上並未顯得有過大損失。估計全年漁業經濟損失，核一廠為 52.1 萬至 209.8 萬元；核二廠則在 73.0 萬至 282.9 萬元；核三廠則在 14.8 萬至 45.9 萬元之間。

5. 討 論

(1) 羣聚變化

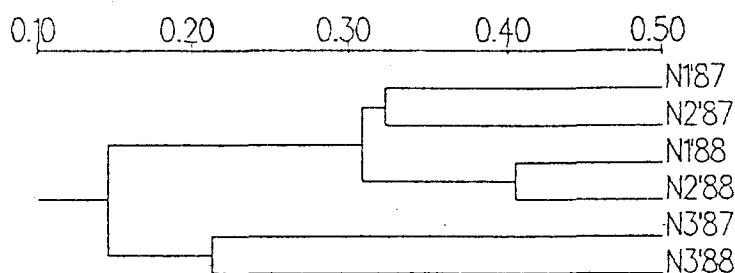
在過去國內有關羣聚變化之研究報告大多是在潮間帶進行採集 (張等, 1969; 李, 1980; 莫和王, 1983)，或是利用水肺潛水 (SCUBA) 於水面下進行目視觀察，限於器材、人員等種種因素，在魚種組成上大多屬珊瑚礁魚類，缺乏一些洄游性或是一些不屬於珊瑚礁魚類之底棲性魚種，而利用

表二 環境因子與魚類撞擊之種數及尾數間相關性之測驗結果

Table 2. The results of correlation tests between the environmental factors and the impinged fishes at the Nuclear Power Plant 1, 2, 3 from July 1986 to June 1989 and the Hsing-Ta-Kang fossil power plant from July 1987 to June 1988

環境因子	廠 別	年 度	種 數	尾 數
水 溫	核 一 廠	1986.7~1987.6	-0.0350	0.4780
		1987.7~1988.6	-0.2597	0.5880 *
		1988.7~1989.6	0.33	0.25
	核 二 廠	1987.6~1987.6	0.5860 *	-0.0270
		1987.7~1988.6	-0.2908	0.1207
		1988.7~1989.6	0.24	0.24
	核 三 廠	1986.7~1987.6	0.2412	0.4422 *
		1987.7~1988.6	0.6561 *	0.5436 *
		1988.7~1989.6	0.55 *	0.48 *
流 速	核 一 廠	1986.7~1987.6	-0.2196	-0.0658
		1987.7~1988.6	0.1468	0.2564
		1988.7~1989.6	—	—
	核 二 廠	1986.7~1987.6	-0.3620	-0.0800
		1987.7~1988.6	0.1587	0.1540
		1988.7~1989.6	—	—
	核 三 廠	1986.7~1987.6	-0.0150	0.0721
		1987.7~1988.6	0.3866	0.3316
		1988.7~1989.6	—	—
潮 汐	核 二 廠 興 達 港	1987.7~1988.6	0.4321	0.4393
		1987.7~1988.6	2.75 *	0.51
加 氣	核 二 廠 興 達 港	1987.7~1988.6	1.12	3.20 *
		1987.7~1988.6	0.87	1.09 *

* : 測驗結果具顯著關係



圖二 三座核能電廠兩個年度 (1987.7~1989.6) 之 UPGMA 聚類分析圖

Fig. 2. UPGMA phenograms for comparing the fish communities among the three localities and two years (1987.7~1989.6).

表三 自 1987 年 7 月至 1989 年 6 月臺灣三座核能電廠之主要撞擊魚種出現情形，各以“+”，“×”，“□”代表該魚種於該月份分別在核一廠，核二廠，核三廠遭受撞擊

Table 3. Monthly occurrence of those dominant impinged fish species at the Nuclear Power Plant 1, 2, 3 from July 1987 to June 1989. The individual sign of plus, cross, and hollow square indicate the occurrence at the first, second, and third nuclear power station respectively. Thus any combinations of different signs means the species concurrently occurred at those different stations as the signs indicated

科名	種名	出現月份											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acanthuridae	<i>Naso lopezi</i>							□	□				
	<i>N. unicornis</i>	×	×						□		×		
Apogonidae	<i>Apogon doederleini</i>	※	+	※	×	※		⊠	⊠	※	※	※	
	<i>Archamia dispilus</i>	×	⊠	□	□	□	□	⊠	⊠	⊠	⊠	⊠	□
Atherinidae	<i>Allanetta woodwardi</i>	※	※	※	※	※	※	※	+	※	※	※	※
Belonidae	<i>Ablennes hians</i>		×			×		×		×	×		
	<i>Tylosurus crocodilus</i>	※	+		+			⊠	⊠	⊠	+	×	※
Carangidae	<i>Alectis ciliaris</i>		×		※	※	×	⊠	⊠	※	⊠		
	<i>Selar crumenophthalmus</i>							+	+	×	×		
	<i>Trachurus japonicus</i>				+		※	⊠	⊠	※	※	+	+
Clupeidae	<i>Sardinella sindensis</i>					+	+	※	+	⊠	※	×	×
Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	※	※	⊠	⊠	⊠	⊠	※	⊠	⊠	×	⊠	×
Engraulidae	<i>Engraulis japonica</i>	×	※	※	※	※	+						
	<i>Stolephorus punctifer</i>		+	×	+	⊠	+	×		×	※		□
Leiognathidae	<i>Gazza achlamys</i>						+			×	+		
	<i>G. minuta</i>							※	+	⊠	※		□
	<i>Leiognathus berbis</i>	+		×	※		※	⊠	+	⊠	※	+	+
	<i>L. brevirostris</i>									※	+		
	<i>L. nuchalis</i>	+	※		×								
	<i>L. splendens</i>							※	⊠	※	+		
	<i>Secuter ruconius</i>	※				+		×	□	⊠	※		×
Mugilidae	<i>Mogil cephalus</i>	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
Mullidae	<i>Parupenens spilurus</i>			+					⊠	×			
	<i>Upeneus tragula</i>								+	+			
	<i>U. sp.</i>												
Pempheridae	<i>Pempheris oualensis</i>	※	※	※	+	⊠	⊠	⊠	⊠	※	⊠	⊠	※
	<i>P. xathoptera</i>									※	+	⊠	
Plotosidae	<i>Plotosus lineatus</i>		+	※	※	+	+			×	□		×
Pomacentridae	<i>Abudefduf bengalensis</i>	※	+		+	+		×		×	※	※	※
	<i>A. sexfasciatus</i>	※	※	※	※	+	+	※		※	※	※	※
	<i>A. vaigiensis</i>	※	※	※	※	※	※	⊠	+	※	※	※	※
	<i>Pomacentrus coelestis</i>	※	※	※	□	※	※	※	+	+	※	※	×
Scorpaenidae	<i>Scorpaenopsis diabolis</i>		×		×	×				+	※		
Siganidae	<i>Siganus fuscescens</i>	×	※	×	×	+	+	□		※	+	+	⊠
Sphyraenidae	<i>Sphyraena forsteri</i>									+	+		
	<i>S. japonica</i>	※	※	+		※					⊠		
Theraponidae	<i>Therapon jarbua</i>	+			+	□		+	+	+	※		
Trichiuridae	<i>Trichurus lepturus</i>	※	+	※	※	+	※	※	※	※	※	※	×

表四 各廠各年度之採樣天數，採樣總重量及大量撞擊總重量

Table 4. The number of sampling times, total sampling weight, and weight of the massive impingement at the Nuclear Power Plant 1, 2, 3 from July 1986 to June 1989

廠 別	年 度	採 樣 天 數	採樣總重 (Kg)	大量撞擊重 (Kg)
核 一 廠	1986.7~1987.6	40	2,204	2,162(4)*
	1987.7~1988.6	24	135	16(1)*
	1988.7~1989.6	24	1,141	1,100(3)*
核 二 廠	1986.7~1987.6	36	219	50(1)#
	1987.7~1988.6	24	48	—
	1988.7~1989.6	24	186	—
核 三 廠	1986.7~1987.6	36	15	—
	1987.7~1988.6	12	7	—
	1988.7~1989.6	12	15	—

* : 大量撞擊原因為日本鯊靠岸洄游，括弧內之數字為採樣次數。

: 大量撞擊原因為颱風過境，括弧內之數字為採樣次數。

表五 各廠各年度之全年損失重量估值及全年漁業經濟損失

Table 5. The estimation of annual total weight loss and the economical loss of fishery by the impingement at the Nuclear Power Plant 1, 2, 3 from July 1986 to June 1989

廠 別	年 度	全 年 損 失 重 量 (Kg)		全 年 漁 業 經 濟 損 失 (萬元)	
		(A)*	(B)#	(A)	(B)
核 一 廠	1986.7~1987.6	20,056	49,028	60.3	209.8
	1987.7~1988.6	2,053	2,950	205.3	185.3
	1988.7~1989.6	17,353	33,624	52.1	161.3
核 二 廠	1986.7~1987.6	2,220	1,913	222.0	191.3
	1987.7~1988.6	730	—	73.0	—
	1988.7~1989.6	2,829	—	282.9	—
核 三 廠	1986.7~1987.6	148	—	14.8	—
	1987.7~1988.6	194	—	19.4	—
	1988.7~1989.6	459	—	45.9	—

* : 由公式(1)計算所得。

: 由公式(2)計算所得。

撞擊魚類資料則可克服此項缺點，進而更得以了解該處水域之魚類羣聚結構。事實上，利用撞擊魚類資料研究魚類羣聚變化尚有不受海況、天候限制、試驗設計、取樣容易，花費低廉等種種優點。但不容否認地，此項採樣方法仍有著一些缺點，諸如對游泳能力較強之魚類，其所受到撞擊之機會便低了許多，還有對一些活動範圍狹小或不曾作靠洄游之珊瑚礁魚類，亦不易遭到撞擊作用，尤其是受到環境異常時有大量撞擊之現象造成研究魚類羣聚結構之偏差等等，這些都是尚待解決之問題。然而若

Studies on removal of dissolved organic substances and suspended solids

Fine air bubbles generated by the aerator produce a foam on the surface of tank. It was found in the previous studies that suspended solid substances including bacteria, particularly *Vibrio* group, were absorbed in the foam and some of dissolved organic substances were also concentrated in the foam. The foams were flooded out from the top of the tank. Time course change of water quality in the aquarium was shown in Fig. 14. Dissolved organic substances mainly excreted from fish was almost equilibrated at about 22 mg calculated as dissolved organic carbon per liter. Also DO and turbidity were maintained at 11.5 mg/l and 1.5°, respectively. But $\text{NH}_4\text{-N}$ was increased to around 8 mg/l at 45 hours. The level of dissolved organic substances may not be unfavorable to fish, however, increasing level of $\text{NH}_4\text{-N}$ may have some adverse effects to fish in the aquarium. It should be provided such a specific adsorbent in the filter as calcium carbonate to be able to remove $\text{NH}_4\text{-N}$. Observation of microbial flora in the aquarium was not included in the study due to the condition of laboratory facilities. Here we would like to introduce a result in Fig. 14 which was recently obtained in Tokyo university of Fisheries. It was of interesting that the number of bacteria in the aquarium especially that of pathogenic species of *Vibrio* was observed to be removed remarkably with the foam produced by the systems.

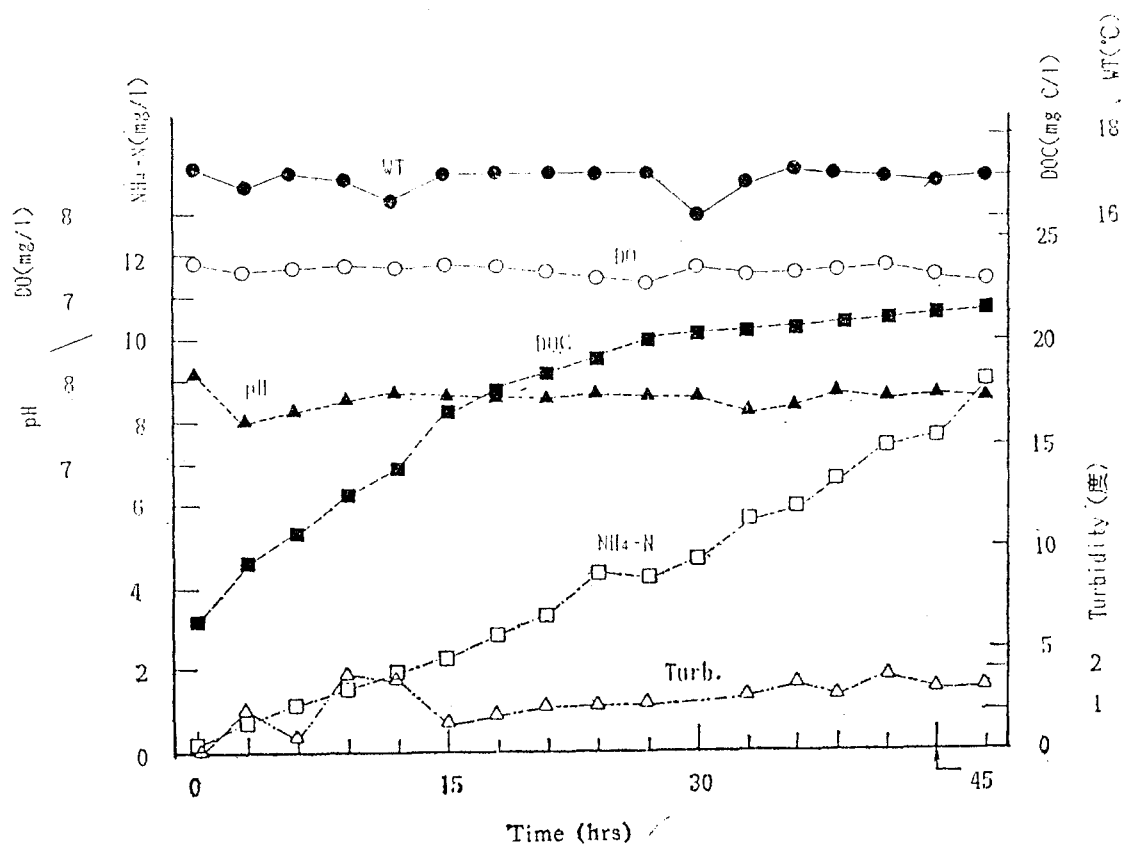


Fig. 14. 水槽水 (魚槽水) 水質之變化。

是能對各項環境因子之影響更加了解，魚類撞擊資料仍不失為一研究魚類羣聚之有效工具。

(2) 漁業損失

照理因撞擊造成之漁業損失應比汲入 (Entrainment) 更易確實評估，因為實際因撞擊損失或死亡之魚類可直接採獲，且估算公式中不易估得之參數數目亦少，然而實際上對撞擊進行全年 365 天，每天 24 小時之完全採樣調查極為困難，既耗時費力又不經濟，故仍需藉助統計之取樣方法來作推估。可是問題在因撞擊作用所引起之漁業損失變動極大，且存有各項環境因子間之交互作用影響，諸如颱風過境、加氣、海況、季節性等因素，以及計算公式中許多假設條件如經濟性魚種之比例、颱風等偶發事件之處理方式、魚之價格等等，每年每廠之損失變化可能從數千至數萬公斤之間，因此如何改進統計取樣分析方法與增加取樣天數等，乃是今後應積極努力改善之目標。但大體上而言，根據過去數年調查之結果可知，因撞擊作用所導致漁業損失僅相當於幾艘漁船每年之漁獲量而已，對當地海域漁業資源所造成之影響極為有限。根據 75 到 78 年度之漁業年報，以核一、核二廠附近之野柳及磺港兩個漁港，及核三廠附近之後壁湖漁港之全年漁獲量統計資料，可知在野柳平均每艘船每年之漁獲量約在 4.5 萬公斤左右，漁獲價約為 500 萬元；磺港則為 3.1 萬公斤，330 萬元；後壁湖漁港則為 6 千公斤，43 萬元，由此看來，核一、核二廠每一年因撞擊作用所造成之漁業損失大約相當於一艘漁船一年之漁獲量，而南部之核三廠則不及附近漁港一艘漁船一年之漁獲量。此結果與國外若干有關撞擊損失評估報告 (SCE, 1987; 蔡, 1988) 甚為一致。

參 考 文 獻

1. 譚天錫、郭欽明、黃穰、Dr. Lyngby (1988)。發電廠冷却水系統對海域生態之影響研究。286 pp。
2. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、陳忠信、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、陳汝勤、黃哲崇、范光龍、陳宏遠、李玉玲 (1987a)。臺灣北部核能電廠 (包括鹽寮) 附近海域之生態研究，第十三年 (七十五年七月至七十六年) 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 49 號，234pp。
3. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯樞 (1987b)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，VIII 第八年 (七十五年七月至七十六年六月) 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 50 號，224 pp。
4. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、陳忠信、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、李國添、陳汝勤、黃哲崇、范光龍、陳宏遠、李玉玲 (1988a)。臺灣北部核能電廠 (包括鹽寮) 附近海域之生態研究，第十四年 (七十六年七月至七十七年六月) 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 58 號，281 pp。
5. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、李國添、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯樞 (1988b)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，IX 第九年 (七十六年七月至七十七年六月) 執行報告及電廠運轉對生態環境之初步評估報告 (民國六十八年七月至七十七年六月)。中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊，第 59 號，394 pp。
6. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、陳忠信、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、李國添、陳汝勤、黃哲崇、范光龍、陳宏遠、李玉玲 (1989a)。臺灣北部核能電廠 (包括鹽寮) 附近海域之生態研究，第十五年 (七十七年七月至七十八年六月) 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 69 號，258 pp。
7. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、李國添、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯樞 (1989b)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，X 第十年 (七十七年七月至七十八年六月) 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 70 號，238 pp。
8. 蔡住發。美國馬利蘭州電力工業對漁業資源之影響 (1989)。電力與漁業資源論文專集。
9. Chang, K. H., S. C. Lee and T. S. Wang (1969). A preliminary report of ecological study on some intertidal fishes of Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sini.* 8(1): 59-70.
10. Jensen, L. D., (ed.) (1976). Proceedings of the third national workshop on the entrainment and impingement. Ecological Analysis Inc. Melville, N. Y.
11. Jensen, L. D., (ed.) (1976). Proceedings of the fourth national workshop on the entrainment and impingement. Ecological Analysis. Inc. Melville, N. Y.
12. Lee, S. C. (1980). Intertidal fishes of the rocky pools at Lanyu, Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sini.* 19(2): 1-13.
13. Reynolds, J. Z. (1979). Impingement: An Annotated Bibliography. Ea-1050, Elec. Pow. Res.

- Inst. C. A. 193 pp.
14. Shao, K. T., K. H. Chang and J. P. Chen (1987). A preliminary report on the fish community in the waters around Kenting National Park. *Proc. Symp. Mar. Sci. NSC. Symp. Ser.* (10): 115-149.
 15. Shao, K. T., C. P. Lin, L. T. Ho and P. L. Lin (1990). Comparison of the fish communities between northern and southern tips of Taiwan from the two years data of the impingement studies. *J. Fish. Soc. Taiwan* 17(2): 000-000.
 16. Southern California Edison Company (SCE) (1987). San Onofre nuclear generating station, Report on 1986 data, Marine environmental analysis and interpretation, Report 87-RD-31.

Fish Community Changes and the Estimation of Fishery Loss from the Impingement Studies at the Three Nuclear Power Plants in Taiwan

C. P. Lin, K. T. Shao, C. C. Lee, P. L. Lin and L. T. Ho

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

ABSTRACT

This paper preliminarily review the fish community changes and the estimation of total loss of fishery. Impinged fishes were collected by systematic sampling methods. Meanwhile, the data of environmental factors in situ were also collected for understanding the effectiveness of environment factors. In general the correlations between impingement weights and the environmental factor are not consistent.

On the fish species composition, economic species comprised 38% and coral reef fishes contained 61% of the total number of species. On the community changes, the differences of community structure between the northern and southern Taiwan were greater than between the two plants at north. But the results of comparing the two northern plants shown that temporal variation was greater than spatial variation.

The estimation of total fishery loss were about one million NT dollars per year at the two northern plants each. Only couple hundreds thousand dollars loss at the third plant in south.