

本省貝類養殖大量斃死調查與研究

曾 文 陽

Causes of Mass Mortality among Oysters and Clams in Culture*

Wen-young Tseng**

The oyster, *Crassostrea gigas* and the clam *Meretrix lusoria* are cultured along the sea coast of western Taiwan. The areas of cultivation have almost doubled for *C. gigas* during the past 20 years reaching 9,623 hectare in 1972, whereas for *Meretrix lusoria* the increase during the same period was 60 times, totalling 3,799 hectare. The much slower rate of increase in the cultivation area for the oysters is attributed mainly to the destruction of habitats by industrial pollution.

Since 1969, mass mortality has occurred frequently among the bivalves in culture. This has happened again in April this year, and the situation seemed to be one of the worst so far experienced. From literature, many factors can be found to cause mass mortality among marine organisms including mollusks, such as salinity, specific gravity, temperature, red tides, oxygen depletion, spawning, storm, current, turbidity, pH, light, predators, weather, population density, pollution and diseases. Among these factors, the followings might be considered in Taiwan area possible causes for mass mortality: sudden changes in temperature and salinity, turbidity, oxygen deficiency, diseases, crowding, pollution and red tides. According to author's study, this year's high mortality was caused by sudden changes in temperature and salinity, crowding, and partly due to pollution. In some affected areas, muddy bottom which is unsuitable for culturing *Meretrix* and the weakening of young clams during the shipment might account for the death. The following remedies are suggested: (1) the amount of clams should not exceed 3,000 kg per hectare (800 clams/kg), (2) when the clams have grown to 160-260 individuals per kg, they should be given more area per individual, (3) pay more attention to weather broadcast so that preventive measures could be taken, (4) more basic data have to be gathered for a long period, so that long range plans can be made as to the prevention of mass mortality, or improving the methods of culture, (5) wherever the bottoms are muddy, they should be improved by addition of sands up to the amount of 80% (6) proper selection of cultivation sites.

本篇已刊登中國貝誌1: 53-59(1974)

※Published in Bull. Chin. Malacol. Soc. No.1, p.53-59 (1974)

※※省水產試驗所生物系 (Department of Fishery Biology, Taiwan Fisheries Research Institute)

一、貝類養殖回顧

本省牡蠣之生產除少部份由漁村婦孺從岩石上採掘之天然生產外，均靠養殖生產，根據記載，本省養蚵已有兩百多年的歷史。民國四十二年時本省約有養殖面積五、四〇〇公頃，生產量為五、五八八公噸，以彰化縣、雲林縣、嘉義縣及台南縣為主要產區，其主要養殖方式有插淇法，撒石塊法與插蚵法，因環境不同而異。文蛤養殖在當時僅限於高雄縣及高雄市，養殖面積不過五七公頃而已。民國四十六年以後雲林嘉義等地積極養殖牡蠣，至民國四十九年牡蠣養殖面積已達八、七〇〇公頃，文蛤養殖面積也增至九七四公頃。由於過去貝類之養殖係由漁民自行分配放養，其生產亦由蚵販與漁民直接買賣，因此，養殖面積與生產量均難期正確，直至民國五十年台灣省水產試驗所與農復會始對台灣的經濟貝類作較有系統的調查（郭，1964），其調查範圍北起新竹香山，南達屏東東港，當時本省西南淺海養殖多以插竹式為主，每公頃之插蚵數雖因地而異，一般約二—四萬支，嘉義台南地區有高達十萬支者。採苗在十至二月者稱春苗，在七、八月者稱為秋苗，養殖期與成長因環境條件而異，有六個月即可收成，亦有兩年始可收穫者。牡蠣以天然浮游生物為食，但仍需適當的管理修護與敵害驅除，文蛤則放養於沙質而平坦的潮間帶，圍以篋竹尼龍網以防止其流失，並做為養殖劃分之標示。種苗多來自台北淡水、雲林、台西、嘉義、布袋和台南北門等地，五至八月間為主要產期，放養數量每公頃由數十公斤至三千公斤不等。一般文蛤苗每公斤約五〇〇個，通常經過一年即開始收成。

從民國四十九年至五十四年間養殖面積資料（表一、二）顯示，本省牡蠣養殖非但沒有增長，雲林縣反由二、七〇〇公頃減至一、八〇〇餘公頃。而文蛤養殖初期以高雄為主，爾後台中縣彰化縣等地也陸續增加，養殖面積於五十四年增至一、四〇〇餘公頃。民國五十五年雲林縣牡蠣面積一再直線上升，隨後各地養殖均略有變動，一般而言都在增加之中，但幅度較小，文蛤養殖以台中縣最為顯著，民國五十八年僅三五二公頃，至民國五十九年已達一、〇四〇公頃之多，而雲林縣也從六十年的三〇〇公頃增至民國六十一年的一、一二九公頃。因自民國四十九年後高雄地區實施垂下式養殖試驗成果良好，遠比插蚵法為佳而逐漸推廣，目前本省牡蠣養殖約有三分之二以上屬於垂下式養殖，而以台南的比例為高。

由以上本省牡蠣及文蛤的養殖情形來看，本省牡蠣養殖二十年來增加了一倍，以彰化、雲林、嘉義等地增加的幅度最大。高雄市、台南市等區原是牡蠣主要產地之一，歷年來養殖面積卻逐漸減少，尤其是近幾年來一落千丈，高雄幾近於零，台南也僅有數十公頃，一方面固是工業發展漁民轉業，主要還是因為台南及高雄港受污染已到達貝類無法生存的程度。文蛤則集中在台中、彰化、雲林、嘉義一帶，因近年來之推廣及海埔新生地之造成，養殖面積仍在急速增加中。

數十年來本省沿海貝類養殖正呈現一片欣欣向榮之際，不料自五十八年以後卻經常發生大量異常死亡情形，受害極為慘重，不僅使國民經濟蒙受莫大的損失，也使本省淺海養殖業面臨嚴重的考驗，為挽救貝類養殖業的危機，解決漁民的困苦，台灣省水產試驗所曾屢次派員調查，研究其斃死原因，以謀求防治方法，改善漁民生活。

表一 臺灣省牡蠣養殖積面(公頃)
(資料來源：臺灣省漁業年報；小數點以下由作者四捨五入)

年份	臺北縣	新竹縣	臺中縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	臺南縣	高雄縣	屏東縣	澎湖縣	臺南市	高雄市	合計
1953	—	338	134	1,185	600	850	729	520	—	—	555	419	5,530
1954	—	342	157	1,185	650	870	729	540	—	—	545	419	5,438
1955	—	342	178	1,185	650	870	729	540	—	—	505	419	5,418
1956	—	342	163	1,185	650	820	729	550	—	—	505	441	5,385
1957	—	348	163	1,185	650	820	729	457	—	—	481	445	5,278
1958	—	365	200	1,185	820	1,100	729	557	—	—	360	021	5,526
1959	—	360	260	1,185	1,370	1,430	729	457	—	—	360	170	6,322
1960	—	305	253	1,585	2,700	2,000	735	456	—	—	372	270	8,676
1961	—	198	302	1,585	1,800	2,000	740	478	—	1	372	100	7,576
1962	—	194	302	1,585	1,694	2,000	745	478	—	1	372	100	7,471
1963	—	198	434	1,585	1,690	1,193	745	546	—	—	372	125	7,588
1964	—	203	434	1,820	1,663	1,980	745	505	—	—	372	125	7,892
1965	—	420	456	2,030	1,675	2,061	730	480	—	—	370	125	8,347
1966	—	430	302	2,051	2,601	1,570	782	430	24	—	250	127	8,567
1967	5	430	332	2,106	2,910	1,670	782	442	5	—	250	250	9,181
1968	5	426	337	2,106	2,991	1,711	782	450	4	—	250	250	9,312
1969	10	410	405	2,106	2,987	1,848	782	4,0	8	—	250	200	9,469
1970	—	—	437	2,317	3,295	1,120	556	360	9	—	250	200	9,253
1971	7	420	490	2,320	—	1,931	565	475	0	—	97	40	6,355
1972	—	445	490	2,355	3,360	1,836	565	480	10	1	74	7	9,623
1973	—	477	442	3,350	3,370	1,836	—	—	—	—	—	—	8,405

表二 臺灣省文蛤養殖面積(公頃)
(資料來源：臺灣省漁業年報；小數點以下由本作者四捨五入)

年份	臺北縣	新竹縣	苗栗縣	臺中縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	臺南縣	高雄縣	屏東縣	澎湖縣	臺南市	高雄市	合計
1953	2	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	50	57
1954	2	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	24	50	101
1955	2	—	—	—	82	—	—	25	25	—	—	24	50	208
1956	2	—	—	4	147	50	60	42	25	—	—	24	80	433
1957	2	—	20	4	147	50	25	64	25	—	—	25	80	441
1958	2	—	—	4	247	60	40	90	25	—	—	25	80	576
1959	2	—	20	20	247	81	210	90	32	—	—	18	100	821
1960	2	—	—	134	377	162	180	80	25	—	—	14	—	974
1961	2	—	—	177	377	165	146	68	25	—	9	14	220	1,203
1962	2	—	—	177	377	165	146	68	25	—	—	4	220	1,184
1963	2	—	—	206	377	160	170	68	115	—	—	3	200	1,301
1964	—	—	—	207	487	158	280	68	120	—	—	1	200	1,521
1965	—	—	—	207	517	158	195	65	69	—	—	2	200	1,412
1966	—	—	—	201	461	90	52	72	8	—	—	6	130	1,019
1967	—	—	—	207	461	148	54	72	—	—	—	6	65	1,012
1968	—	10	—	238	471	150	91	72	—	—	—	3	65	1,099
1969	—	20	10	352	500	151	477	72	—	—	—	3	50	1,635
1970	—	—	10	1,040	500	250	520	85	3	—	—	3	50	2,471
1971	—	30	—	731	500	300	570	85	7	1	—	3	10	2,237
1972	—	30	—	839	570	1,125	1,36	85	—	1	1	3	5	3,799
1973	—	30	15	1,240	1,000	910	1,36	—	—	—	—	—	—	4,331

註：表一、二中之(一)表示資料不詳以及沒有飼養

二、一般死亡因素

海洋中生物大量死亡的記載頗多，茲將其原因歸納於下：

1. 塩度 (Salinity)

海水塩度雖因地而異，一般都在33‰到37‰之間，魚貝類對塩度的容忍範圍則因種類與地點而有不同，如牡蠣的着苗與發育成長均有其最適塩度(表三)。Beaven (1964) 等發現連續的降雨可使牡蠣大量死亡，顯然與塩度有關。但根據Hopkins(1936) 的能耐試驗結果，發現 *C. gigas* 具有對高塩度之耐力(最高50‰，最低1‰)，其最適塩度在25~39‰之間，因此塩度的變化導致本省牡蠣死亡之可能性較少，是否有地方性之差異，尚待進一步之探討。

2. 比重 (Specific gravity)

海水的比重與塩度有直接關係，比重的大小亦如塩度的高低也會致使魚貝類死亡，例如在印度因季節風帶來大量的雨水，使牡蠣養殖場的海水比重低於1.020而發生大量死亡現象(Awati & Rai, 1931)。在澳洲東海岸最好的養殖牡蠣 *O. Commercialis*，是比重1.015~1.020之間(Roughley, 1933)，而台灣西海岸一般牡蠣養殖場之比重約在1.008~1.024之間(郭, 1964)。

3. 溫度 (Temperature)

魚貝類對海水溫度之容忍範圍因種類而異，一般是在-2°C 到 37°C 之間。Smith (1940) 曾發現貝類之生長以溫度不高於 17°C 為最佳，若超過此限度則感不適或癱瘓，甚自於死亡。本省每年至冬天由於寒流的侵襲，氣溫水溫突然下降，致魚塢養殖的虱目魚大量凍傷而死亡。因寒流來襲而導致牡蠣死亡的事件，雖少發生，但因海流的突然改變，帶來不適於該區生物的溫度之水塊，常會造成大量生物的死亡(Hasen, 1939:1949)。牡蠣的適溫範圍因地而異(表四)。本省牡蠣養殖場之溫度為26~34.2°C(郭, 1964)，是否因超過或低於此限度即會影響牡蠣之生長或死亡，有待進一步實驗室內之控制試驗來證明。

4. 赤潮 (Red Tides)

動植物性浮游生物雖為水生魚貝類之主要食物，但大量出現時使海水因而變色，直接或間接為害水中生物，造成大量的死亡。本省牡蠣文蛤之死亡是否與赤潮有關，值得探討。

5. 氧與硫化氫的產生 (Oxygen Deficiency and H₂S Formation)

大洋中的海水不會有缺氧的現象，但在某些海邊、河口、海灣或瀉湖(Clagoon) 氧氣有時多時少的情形，此乃由於(1)該區生物棲息過密，導致海水中氧氣不足。(2)冬天因海水覆蓋海洋表層，使海水與空氣隔絕，以致下層海水無法補充氧氣而缺氧。(3)夏天因氣溫升高，使表面海水無法與底層海水產生對流，使底層海水發生氧氣不足的現象，氧氣不足使魚貝類死亡，並產生硫化氫，毒斃水中生物。

6. 產卵與放精 (Spawning)

此為生理上的死亡現象，即魚貝類因產卵與放精後大量死亡 (Porsild, 1902, Andree, 1920, Weight, 1927, Schouring, 1929) 例如淺海的魚類與一種烏賊 (*Loligo opalisces*) 產卵後即死亡 (McGowan, 1954)。

7. 風暴 (Storm)

淺海地區底棲性的魚貝類因經不起突然發生之風暴所引起之擾動，亦可能發生大量死亡。

8. 海流 (Current)

因突然的一股上升或下降流或水平之外來海流的侵襲，可導致所有或部份生物大量死亡 (Defant, 1940)。

表三、鹽度與牡蠣(*Crassostrea gigas*)之關係

種類	鹽度範圍	地點	著者與年代	觀察結果
<i>Crassostrea virginica</i>	—	美國柴沙比克灣	Beaven, 1946; Engle, 1946	突然連續大雨大量死亡。
	—	美國密西西比河口附近	Gunter, 1950, 1953	"
	—	美國佛羅里達州	Slobodkin, 1953	鹽度突降導致發生赤潮。
	35‰	美國	Davis 1964	生長發育良好。
	35‰	美國加州	Loosanoff & Davis, 1963	"
	12‰	"	Loosanoff & Smih, 1949	幼體生存之下限
	39‰	"	Amemiya, 1938	幼體發育正常
	16~18.6‰	美國	Clarke, 1967	幼體附着之最適鹽度
	37‰	美國	Bytinski-Salz, 1935	最適生長
	25—39‰	日本	Hopkins, 1936	生長與生產良好
<i>Ostrea edulis</i>	最高56‰	"	"	尚可生存
<i>O. gigas</i>	38.5‰	波多黎各	Mattox, 1949	生長之平均鹽度
	18.3—31.4‰	日本	Waikiya, 1929	生長良好。
	31—34‰	"	Amemiya, 1928	幼體發育良好
	30—32‰	日本	Imai <i>et al.</i> , 1965	"

表四、溫度與牡蠣(*Crassostrea gigas*)的關係

種 類	溫 度 範 圍	地 點	著 者 與 年 代	觀 察 結 果
<i>Crassostrea</i> (<i>Ostrea</i>) <i>gigas</i>	22—25°C	日 本	Galtsoff, 1948	生殖、生長之最低溫度
	20°C	日 本	Amemiya, 1938	“
	15—16°C	英 國	Orton, 1924	“
	14—16°C	美 國	Hopkins, 1936	“
	0—32°C	美 國 東 岸	Clarke, 1967	生產溫度範圍
	15°C以上	“	“	生殖最適溫。
	18°C或20°C以上	“	“	幼體生長良好
	18°C以下	“	Castillo & Vergara, 1907	立即死亡。
	26.8—30.7°C	印 度	Awati & Rai, 1931	生長與生殖之適溫
	25.5°C以下	“	“	不發育。
	10°C以下	美 國 西 岸	Loosanoff, 1962	生殖腺發育之最低溫度。
	10—25°C	“	Bytinaski-Snlz, 1935	一般溫度範圍
	17—25°C	“	“	最適溫度。
	25.5—30.5°C	波 多 黎 各	Mattox, 1949	一般棲息溫度
	25°C	“	“	卵發育良好。
	10°C以下	“	“	卵生卵囊。
	10—25°C以上	“	“	卵可孵化生殼快
	26—34.2°C	台 灣	郭, 1964	生長良好。

9. 濁度 (Turbidity)

水的混濁程度影響水中之酸鹼度 (成反比), 沙粒數 (成正比), 透光度 (成反比) 及含氧量 (成反比) 等, 因此, 混濁度愈高生物愈難生存, 尤以牡蠣為甚。因牡蠣是以粘液膜及纖毛擺動水流後, 用鰓濾過水中之食物為生, 混濁度大且溫度高時牡蠣很快即窒息或餓死 (Loosanoff, 1962), 卵不發育 (Davis & Hide, 1969, Calabrese & Davis, 1966), 幼體也不附着。

10. 酸鹼度 (pH)

海水之pH因地而異, 一般在8.0左右。(Calabrese & Davis 1966, 1969), 發現海水pH大於8.75或小於6.75時則牡蠣幼體不發育, 成體的生長情況也不良好。

11. 光線 (Light)

牡蠣或文蛤暴露於日光之長短會影響生長快慢甚至導致死亡。Medcof及Bourne (1964) 試驗一種牡蠣 *O. Commercialis*, 結果發現日光照射較久之牡蠣生長的較慢且殼較薄。

12. 敵害 (Predators)

各種生物或多或少都有其敵害。例如牡蠣之敵害有穿孔海棉 (Old, 1941), 浣熊以及蚵螺。台灣無穿孔海棉與浣熊, 但蚵螺為害卻很嚴重 (郭, 1964; 黃, 1965; 胡, 1974)。

13. 氣象 (Weather)

Storrow (1947) 研究氣象變化與英國牡蠣養殖業之關係時, 發現春初海水移向北方時以及秋末新增海冰時為牡蠣減產期。本省也常有漁民稱四五月風向改吹南風時貝類即開始死亡之情形。

14. 養殖過密 (Population Density)

養殖密度太高常造成缺氧現象與食物缺乏, 影響牡蠣之生長。

15. 工廠排水 (Industrial Pollution)

未經處理的工廠排水足以毒斃水中各種魚貝類。

16. 疾病 (Diseases)

生物可因疾病而大量斃死。一種海洋性細菌 *Dermocystidium maricum* 是有很強的病原性 (Smith, 1934)。

總觀以上在淺海地域生物發生死亡的一般原因以及本省貝類養殖大量斃死的情形來看, 筆者認為造成本省貝類死亡的原因有下列幾種因素:

- (一) 溫度、鹽度 (海水比重) 之變化。
- (二) 混濁度與缺氧。
- (三) 疾病。
- (四) 密度 (導致營養不足與氧氣缺乏)。
- (五) 工廠排水。
- (六) 赤潮。

三、貝類養殖近況

今年四月間本省西南沿海養殖場, 再度發生貝類大量死亡情形, 以文蛤受害情況較為嚴重, 筆者曾數次前往各地調查其現況, 並分析探討其死亡原因如下:

一、主要原因

1. 放養密度過高與環境突變

通常在一公頃的面積中放養500粒/台斤 (即 800粒/公斤) 之文蛤苗以不超過三千公斤為原則, 亦即每平方台尺放養85粒, 換言之, 一粒大小三分之一台寸的文蛤苗在一平方台寸的沙質地生長良好。但根據調

查發現目前文蛤死亡的地區，所放養的數量，一公頃中少者五千，多者近萬（例如新竹縣香山鄉與雲林縣口湖與台西鄉），因此在幼苗時成長尚稱良好，但成長至100—160粒/台斤（160—260粒/公斤）以後，因密度較高，甚至有重疊而生活者，以致食物及氧氣均感不足，身體虛弱，在春夏之交遇環境（氣溫、水溫、鹽度）驟然變化時，就會導致大量死亡。

2. 海水污染。

養殖水域因經常有含氧量較少之污水滯留，使一些或大量（三至四成）體弱之文蛤為吸取氧氣而浮出沙面，但終因水中氧氣不足加以日晒而死亡。例如今年四月中旬文蛤的大量死亡，即因在四月十五日全省有局部性陣雨，使久積河床之工廠廢水一併流至下游，由於河流不急加上小潮日，河川排水無法隨潮流迅速漂離擴散，又因台灣海峽黑潮支流在春季以後往北流速漸增，河川廢水有向河口以北積滯現象，因此，像鹿港洋子溝北岸，台西虎尾溪北岸，口湖北港溪北岸與外傘頂洲河口端附近，死亡情形均較南岸嚴重。

二、其他地域性死亡因素。

1. 四湖鄉發生文蛤種苗大量斃死，其原因係由於虱目魚塢百分之九十為泥底質，根本不適文蛤之生長，且池水不暢流，加以人工施肥不當，氧氣不足，泛池（因缺氧，魚浮於水面之現象）死亡之現象即常發生。

2. 通霄區漁會放養文蛤的死亡情形，係因台西魚塢飼養之種苗，經長途搬運與棲息環境的改變，放養三日後即開始死亡，顯然與種苗來源有關。

四、補救方法

一、勸導養殖業者放養時，每公頃500粒/台斤（800粒/公斤）之文蛤苗在三千公斤以下作適當之放養，且密度應盡量保持均勻。

二、在文蛤苗成長到100—160粒/台斤（160—260粒/公斤）時，應予以疏散，並將沙地翻新後再行施放，不但可減少死亡，且有助於成長之作用，例如新竹縣香山鄉鄭姓業者即為一例，平均每平方尺放40粒，成長情況良好。

三、配合中央氣象局之氣象預報，試作預測本省西南沿海氣候突然轉變之日期（如北風轉南風或久旱後第一次大雨之來臨），發佈並勸導業者提早收成大型文蛤，避免突來的損失。

四、在經常發生斃死養殖區，建立長期性水文（海流、水質、氣象），浮游生物，放養狀況及貝類成長情形等之觀測站，從事資料收集，作為今後發生大量死亡之科學依據與尋找對策之指針。

五、利用魚塢飼養文蛤苗，應填加沙質百分之八十，並經常換水，以提高其生存率。

六、調查北港溪、朴子溪、舊虎尾溪、南港溪等之河口附近漲落潮時之水流情形，作為指導業者放養時選擇環境之參考，進而勸導河口附近終年受河水污染為害的養殖業者，停止放養或改放其他種類以減少無謂的損失。

五、參考文獻

- AMEMIYA, I. 1938. Ecological studies of Japanese oysters with special reference to the salinity of their habitats: *J. Coll. Agr. Imp. Univ. Tokyo*, 9: 333-382.
- ANDREE, K. 1920. *Geologie des Meeresbodens* 2: 689pp., Leipzig, Borntraeger.
- AWATI, P.R. & RAI, H.S. 1931. *Ostrea cucullata* (The Bombay oyster): *Indian Zool. Mem. on Indian Animal Types*, III. Lucknow, Methodist Publishing House.
- BEAVEN, G. F. 1946. Effects of Susquehanna River stream flow on Chesapeake Bay salinities and history of past oyster mortalities on upper bay bars: *Contr. Chesapeake Biol. Lab.*, No. 68, 9pp.
- BYTINSKI-SALZ, H. 1935. Unpoliclado (*Stylochus pilidium* Lang) at parchi ostricoli: *Thalassia*, 2: 1-24.
- CALABRESE, A. & DAVIS, H. C. 1966. The pH tolerance of embryos and larvae of *Mercenaria mercenaria* and *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull.*, 131: 427-436.
- CALABRESE, A. & DAVIS, H.C. 1969. Spawning of the American oyster, *Crassostrea virginica* at extreme pH levels.
- CASTILLO, L. & VERGARA, Z. 1907. A puntas biologicose industriales sobre la *Ostrea de Chile*. Ministerio de Industria, 59pp.
- CLARKE, G.L. 1967. *Elements of Ecology*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- DAVIS, H. C. & CALABRESE, A. 1964. Combined effects of temperature and salinity on development of eggs and growth of *M. mercenaria* and *C. virginica*, *U. S. Fish. Bull.* 63: 643-655.
- DAVIS & HIDE 1969. Effects of turbidity-producing substances in sea water on eggs and larvae of three genera of bivalve mollusks. *Veliger*. 11: 316-323.
- DEFANT, A. 1940. Scylla und Charibdis und Gezeitens tromungen in der Strasse von Messina. *Ann. Hydr. Mar. Met.*, 68: 145-157.
- ENGLE, J.B. 1946. Commercial aspects of the upper Chesapeake Bay oyster bars in the light of recent oyster mortalities: *Conv. Natl. Shellfish. Assoc.* New York, 42-46.
- GÜNTER, G. 1950. The relationship of the Bonnet Carre spillway to oyster beds in Mississippi Sound and the "Louisiana Marsh", with a report on the 1950 opening and a study of beds in the vicinity of the Bohemia Spillway and Baptiste Collette Gap: 60pp.
- GUNTER, G. 1953. The relationship of the Bonnet Carre Spillway to oyster beds in Mississippi Sound and the "Louisiana Marsh", with a report on the 1950 opening. *Publ. Inst. Mar. Sci. Texas*, 3: 17-71.
- GALTSOFF 1948. The mystery of the red tide. *Sci. Month.* 68: 109-117.
- HANSEN, P. M. 1939. The age composition of the stock of cod in west Greenland Waters in the years 1924-1938. *Rap. Proces Verbaux du Corseil* 109: 60-65.
- HANSEN, P.M. 1949. Studies on the biology of the cod in Greenland Waters. *Rap. Proces Verbaux du Conseil* 123: 1-84.

- HOPKINS, A. E. 1936. Factors influencing the spawning and setting of oysters in Galveston Bay, Texas: *Bull. U.S. Bur. Fish.*, 47: 57-83.
- IMAI, T., Numachi, K., Oizumi, T. and sato, S. 1965. Studies on the mass mortality of the oyster in Matsushima Bay. II Search for the cause of mass mortality and possibility to prevent it by transplantation experiment. *Bull. Tohoku Regional Fish. Lab.*, 25: 27-38.
- LOOSANOFF 1962. Effects of turbidity on some larval and adult bivalves. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 14th sess.: 80-95.
- LOOSANOFF & DAVIS 1963. Shellfish hatcheries and their future. *Comm. Fish. Rev.*, 25: 1-11.
- LOOSANOFF & SMITH 1949. Some aspects of behavior of oysters accustomed to different salinities. *Anat. Rec.*, 105: 629.
- MATTOX, N.T. 1949. Studies on the biology of the edible oyster, *Ostrea rhizophorae* Guilding, in Puerto Rico. *Eccl. Monogr.*, 19: 339-356.
- MCGOWAN, J.A. 1954. Observations on the sexual behavior and spawning of the squid, *Loligo opalescens*, at La Jolla, California. *Calif. Fish. & Game*, 40: 47-54.
- MEDCOF, J.C. & BOURNE, N. 1964. Causes of mortality of the sea scallop, *Placopecten hnegllanicsb.* *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.* 45: 184-186.
- Old, M.C. 1941. The taxonomy and distribution of the boring sponges (Cofinoidea) along the Atlantic coast of North America. *Publ. No. 44, Chesapeake Biol. Lab.*, 30pp.
- ORTON, J.H. 1924. An account of investigations into the cause or causes of the unusual mortality among oysters in English oyster beds during 1920 and 1921, Part I. *Min. Agr. Fish. Invest.*, London (2)6, 1-199.
- PORSILD, M.P. 1902. Bidrag til en skildring af vegetation paa den Disko tilfigemed spredte topografiske og zoologiske lagttagelser. *Medd. Grønland* 25: 91-239.
- ROUGHLEY, T.C. 1933. The life history of the Australian oyster (*Ostrea commercialis*). *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, 58: 279-333.
- SCHOURING 1929. Die Wanderungen der Fische. I: *Ergebn. Biol. Berlin* 5: 405-691.
- SLOBODKIN, L. B. 1953. A possible initial condition of red tides on the coast of Florida. *J. Mar. Res.* 12: 148-155.
- SMITH, G. M. 1934. A mesenchymal tumor in an oyster (*Ostrea virginica*). *Amer. J. Cancer.* 22: 838-841.
- STORROW, B. 1947. Concerning fluctuations and the teaching of ecology. *Rep. King's Coll. Dove Marine Lab.*, 1940-1946: 7-58.
- WAIKIYA, Y. 1929. Japanese food oysters. *Jap. J. Zool.*, 2: 359-367.
- WEIGELT, J. 1927. Rezenten Wirbeltierleichen und ihre palaobiologische Bedeutung: 227pp., Leipzig, Max Weg.
- 郭河 1964. 臺灣經濟貝類調查。農復會特刊38號，104頁。
- 黃英武 1965. 影響臺灣牡蠣生產生長之一些因素，中國水產第145期，4-7頁。
- 胡興華 1974. 臺灣西南淺海養殖貝類斃死調查研究，水試所報告第23號，1-20頁。