

# 水產動物營養及飼料



主編：莊健隆 洪平

助編：李愛杰 林鼎



# 水產動物營養及飼料

主編：莊健隆 洪 平

助編：李愛杰 林 鼎

1993年6月初版 版權所有 請勿翻印

## 水產動物營養及飼料

國內售價：2000元

國外售價：100美元

---

---

※著者：莊健隆·洪平

※出版：台南市崇善十街11號

※電話：(07)7515128

※傳真：(07)7232586

郵政劃撥帳號：0495965-1蘇美俐帳戶

※打字者：南一打字印刷行

電話：(06)2642263

住址：台南市惠南街85號

※印刷者：高長印書局股份有限公司

---

---

# 水產動物營養與飼料

主編：莊健隆 洪平  
助編：李愛杰 林鼎  
作者：莊健隆 洪平  
林崇興 林鼎  
李愛杰 顏國欽  
許福來 黃寶貴  
方力行 岳文勛  
楊順德 李邦寧  
湯志廣  
校正：郭俊鉦 王正欽

## 作者簡介

- 莊健隆：台灣海洋大學（基隆）兼任教授
- 洪平：安佑科技股份有限公司
- 李愛杰：青島海洋大學食品工程系教授
- 林鼎：中山大學（廣州）魚類生物系教授
- 林崇興：台榮公司研究開發室副理
- 顏國欽：中興大學食品科學系教授
- 許福來：惠勝公司飼料部經理
- 黃寶貴：台灣海洋大學漁業系教授
- 方力行：中山大學（高雄）海洋資源學系教授
- 岳文勛：高雄海事專科學校講師
- 楊順德：台灣水產試驗所（台西分所）助理研究員
- 李邦寧：美國德州大學博士班研究
- 湯志廣：中山大學（高雄）海洋資源學系碩士

# 自序

本書編者四人於 1988 年參加在廣州舉辦的「全國畜牧水產飼料開發利用科技交流會」。在會上相互認識，並相互仰慕彼此在水產飼料及營養研究方面的成就和學識；之後，經數個月的往返通訊，一致覺得海峽兩岸的水產飼料界人士，有必要加強水產科技交流。藉著參加 1989 年武漢的「全國水產養殖引種育種科技交流及效益評價會」及 1990 年北京「對蝦養殖及水產飼料技術交流會」之便，由莊健隆發起，四人不斷互相交換意見，提出編輯方案，落實編著分工。因為這是第一次兩岸專家學者合作編著，大家團結一致，以興奮的嘗試心情，持戰戰兢兢的態度著手撰寫，編輯本書。因為每位作者之資料早已收集十分完整，因此撰稿工作相當順利，惟因兩岸制度不同，雖然純屬科技性資料，但也著實耗費不少人力、心力及時間。

大家商定，本書的出版在兩岸分別進行，以適應兩岸讀者的需要。本書終於出版，使編者四人如釋重負，接下來我等將以虛心誠摯的態度接受讀者大眾的批評和指教。我們希望在得到讀者迴響之後，深作檢討，或許數年之後盼能再度攜手合作，編撰紮實有用的技術專集。

本書在編輯時，內容取材儘量包括水產動物營養學理論、水產飼料配方、飼料添加劑、加工原料及工藝，以及因地而異的實際試驗成果。因作者人數達十餘人之多，文章的一致性、連貫性很難達到理想。然而在完整性上，我們力求涵蓋面更廣，俾能使從事本行業生產、開發及研究工作的人士獲得更多、更大之啟發。本書的出版是一件很有意義的事，希望讀者能從中吸取有用的資訊。雖我們四人已盡最大努力作好撰寫、編輯及出版工作，但因彼此居所相距遙遠，當面商酌切磋困難，難免有遺漏、錯誤及缺陷之處，敬請讀者原諒、指正。

本書能夠有此豐富的內容，首先我們要感謝各執筆者，鼎力相助。其次，本書之能順利發行，我們要感謝林崇興、郭俊鈺、王正欽、孫國祥等四位先生協助製圖、核對、校稿以及各廠商之財力支援。從籌劃到出版整個過程，我們還要感謝佑承實業股份有限公司董事長李瑞宗先生、台灣格亞股份有限公司董事長張正毅先生及養羊雜誌社歐文華先生提供各方面許多寶貴的意見。

最後我們還要感謝我們的父母、妻子，由於他們的諒解，精神支持及鼓勵，我們才能專心地思考、整理資料，並順利完成寫作、編輯、出版工作。

莊健隆·洪平

李愛杰·林鼎

# 袁 序

據傳中國的水產養殖已有四千年之歷史，有文字記載的是范蠡的養魚經，距今也有近二千五百年。在台灣鄭成功時代，先祖將此養殖技術帶到台灣，迄今也已有三百多年的歷史了。1960年代以後，台灣的水產養殖更有長足的進步。80年代台灣一度被譽為全世界的養蝦王國。台灣的水產養殖不但在生產量上取勝，質地也十分優越，例如日本的消費者就認為在台灣養殖的鰻比日本當地生產的來得可口。之所以能有這些成績，水產飼料的開發及使用成功是一個相當重要的因素。

近年來，水產飼料之年產量已超過四十萬噸，除有大量低價位的尼羅魚及虱目魚飼料的生產外，更生產需要高度配方知識及加工技術的鰻、蝦及海水魚飼料供應養殖業者的需要。1987年底由於蝦病等問題，養殖蝦大量減產，導致蝦飼料的生產大幅下降。現階段，正是台灣水產飼料業發展之轉捩點，如何以高度科技（包括飼料改良）提昇養殖魚類品質及價值乃今後發展的重點。

在台灣海峽另一岸的中國大陸，東方對蝦的養殖產量已達全世界養殖蝦之第一位。淡水魚的養殖技術近二十年來也有許多突破。雖然水產飼料之使用不及台灣普遍，然而其研究、開發工作近年來也積極展開，並獲致許多優異的成果，值得向台灣水產業界介紹。同時台灣在這方面成功經驗之文獻資料也頗值得作大陸之參考。本書的出版正好符合現階段兩岸的迫切需要。

本書的編者莊健隆博士、洪平先生、李愛杰教授及林鼎教授都是海峽兩岸水產飼料界之佼佼者。莊博士曾服務於中國農村復興聯合委會（農復會），農業發展委員會及農業委員會前後達十二年之久。1981年開始更積極負責推動台灣水產飼料之研究與開發工作，並在台灣海洋大學兼授水產飼料及營養課程，教學相長，並努力著述，貢獻良多。洪先生自1975年就開始在飼料廠從事生產實務工作，不但現場實際經驗豐富，平日並勤於收集、閱讀相關資料；更進一步整理、著作、出版、難能可貴。莊、洪兩氏並於1988年開始數次進入大陸考察水產飼料研究及生產實況，頗能掌握問題重點。李教授任教青島海洋大學，近十年來一直從事東方對蝦之營養需求研究工作，曾獲部、省級科技進步二等獎。又在1988-1990年進行鯉魚高效配合飼料的研究，自1990年開始又進行淡水長臂蝦飼料研究，先後發表論文50餘篇，並數度負責編撰中國大陸之對蝦類飼料研究報告專集。林教授任教廣州中山大學，主要從事魚、蝦類（尤其草魚）之營養研究，曾多次代表中國參加國際魚類營養會議，著作甚豐，並負責中國動物營養研究會水產營養專業委員會工作，且本身有相當多實務經驗。由此四人出面，再邀請水產飼料營養界專家學者參與撰搞，相信必定更能對兩岸在此方面之相關問題有所貢獻。更重要的是：此書的發行可能是海峽兩岸水產科技著作合作的第一次，透過此一交流，希望能使兩岸的炎黃子孫將祖先所遺留下來之養殖技術更加發揚光大。

袁柏偉

台灣漁業技術顧問社監事主席

# 目 錄

	作者	頁次
第一章 世界水產養殖及水產飼料業現況及展望	莊健隆	1
第一節 世界水產養殖之現況		1
第二節 台灣的水產養殖業及水產飼料業		7
第三節 日本水產養殖及水產飼料業之現況		19
第四節 東南亞的水產養殖業		24
第五節 中北美洲水產養殖及飼料業現況及展望		39
第六節 歐洲水產養殖業及水產飼料業近況		51
第二章 魚類的攝食、消化、吸收及能量代謝	莊健隆、黃寶貴	61
第一節 魚類的攝食		61
第二節 魚類的消化系統與消化酵素		76
第三節 營養素的消化率及吸收		89
第四節 能量代謝		100
第三章 魚類對營養素之需求：I 蛋白質、脂肪及醣類	莊健隆	113
第一節 魚類之蛋白質需求		113
第二節 魚類脂肪的需求		135
第三節 魚類對碳水化合物之需求		164
第四章 魚類對營養素之需求：II 礦物質及維生素	莊健隆	171
第一節 魚類對礦物質之需求		171
第二節 魚類對維生素之需求		189
第五章 中國大陸魚類營養研究及魚類營養問題	林 鼎、莊健隆、楊順德	234
第一節 中國大陸主要養殖魚類營養需求		234
第二節 攝食性及營養性疾病		273
第三節 維生素、礦物質與飼料組成在魚飼料中之交互作用		281
第六章 種魚營養需求及魚類生殖	莊健隆、岳文勛	293
第一節 種魚營養需求研究		293
第二節 魚類生殖		308
第七章 對蝦養殖現況及蝦類營養需求	莊健隆	320
第一節 世界蝦類養殖現況		320
第二節 對蝦的簡單分類與解剖學		335
第三節 蝦類(甲殼類)對營養素的消化與吸收		340
第四節 蝦類之營養需求		350



	作者	頁次
第八章 中國對蝦養殖及其營養研究	李愛杰	385
第一節 中國大陸對蝦組分類及養殖歷史		385
第二節 中國對蝦之營養需求(大陸之研究成果)		392
第三節 蛋白質及胺基酸的消化吸收率以及不同營養素添加對吸收影響		403
第九章 水產飼料原料——I 主要蛋白原料	洪 平	414
第一節 動物性原料(Animal Products)		415
第二節 豆類與植物油粕類		448
第十章 水產飼料原料——II 能量源及其他副產品	洪 平	469
第一節 油脂類		469
第二節 穀類與塊根類		485
第三節 穀物加工副產品與澱粉加工產品		505
第四節 食品工業副產品		523
第五節 其他單味原料		532
第十一章 水產飼料添加劑與配方計算	洪 平	550
第一節 維生素添加劑		550
第二節 礦物質		567
第三節 胺基酸		581
第四節 防腐劑		583
第五節 抗氧化劑		585
第六節 黏著劑		586
第七節 著色劑		592
第八節 誘餌劑		598
第九節 抗菌劑(抗生素與合成抗菌劑)		599
第十節 消化促進劑及生長促進劑		605
第十一節 其他添加物		609
第十二節 餌料配方之計算		611
第十二章 水產飼料中的毒物及著色劑	顏國欽	615
第一節 魚飼料中存在之天然毒素		615
第二節 類胡蘿蔔素在水產飼料上之應用		633

	作者	頁次
第十三章 水產飼料廠設計、設備及飼料加	許福來	649
第一節 水產飼料的種類及製造流程		649
第二節 水產飼料加工的基本設備		656
第十四章 水產動物飼養(給餌法)	林崇興、林 鼎、李愛杰	678
第一節 淡水魚		679
第二節 海水魚		690
第三節 蝦類		696
第四節 其他		703
第十五章 水產飼料各論	林崇興、林鼎、李愛杰、方力行、吳純衡	713
第一節 淡水魚飼料		713
第二節 海水魚飼料		733
第三節 蝦類飼料及特殊飼料		736
第四節 水產飼料待改進的地方		745
第五節 鰻魚飼料之研發近況		767
第十六章 仔、稚魚之營養需求及人工餌料	莊健隆、方力行、湯志廣、李邦寧	795
第一節 仔、稚魚之消化生理		795
第二節 餌料生物之營養價		797
第三節 消化酵素之研究與仔、稚魚人工餌料之開發		806
第四節 仔、稚魚之微粒子人工餌料(Microparticulated Diets)的開發與利用		812
第十七章 水產飼料之品管、檢驗分析及利用率試驗	洪 平 莊健隆	820
第一節 飼料原料的品質管制		820
第二節 製造時之品質管制		821
第三節 成品之品管及工廠衛生		824
第四節 飼料品質的化學分析方法		826
第五節 飼料物性品質分析方法		829
第六節 飼養試驗		837
第七節 (蛋白)消化率測定		846

附錄 1：魚用飼料原料之能量、一般成分及礦物質成分表	848
附錄 2：魚用飼料原料之維生素成分表	856
附錄 3：魚用飼料原料之胺基酸成分表	860
附錄 4：魚用礦物質原料成分表	864
附錄 5：部分原料對鱒魚之代謝能及鯰魚、吳郭魚之消化能	868
附錄 6：台灣地區飼料管理法	869
附錄 7：台灣地區飼料管理法施行細則	875
附錄 8：台灣地區飼料工廠設廠標準	879
附錄 9：水產動物用配合飼料標準(台灣地區)	881
附錄 10：飼料原料標準簡要總表(台灣地區)	882
附錄 11：產品介紹	885

# 第一章 世界水產養殖及水產飼料業 現況及展望

世界水產養殖業，在第二次世界大戰後開始發展，到1970年代，在日本、美國、歐洲、中國大陸和台灣都建立了很深厚的基礎；到了1980年代更是快速成長，產量大增。因應而生之水產飼料業也跟著活絡起來。1990年代，將是整個產業結構進入調整之階段。

本章將介紹全世界水產養殖業之發展現況及水產飼料業之現況與展望。其中特別強調台灣、日本、東南亞、北美洲等地區之現況與展望。由於資料收集來源不同及整理之困難，本章內各節之格式不易統一。

## 第一節 世界水產養殖之現況

莊健隆

在1987年全世界的水產養殖之產量增加到一千三百二十萬公噸(表1.2)，其中水產動物佔10,068,443噸，水產植物則佔3,139,473噸，比1986年(表1.1)增加了8%。同一年(1987)全世界漁撈捕獲為九千三百三十萬公噸，僅僅比前一年增加1%。雖然水產養殖產量僅佔全世界水產總生產量之百分之十二，然而全世界對水產品之需求逐年增加，因此只有透過水產養殖以供應這種成長之市場需要。也因此在過去十年來，水產養殖之研究發展更倍受世界各國矚目並積極展開。有不少之成果可以為將來水產養殖業提供更大之發展基礎。

亞洲一直是世界水產養殖品之主要生產者，它的生產量佔全世界水產養殖產量之80%。其中硬骨魚類產量很大(表1.2)，主要還是供應本身市場，而蝦類則例外。中國、印尼、菲律賓、泰國等生產的養殖蝦類主要以外銷換取外匯為目的。大部分的亞洲國家還是以粗放式養殖為主。

## 2 水產動物營養及飼料

表1.1、1986年世界水產養殖之產量 (噸) (FAO, 1989)

地區	硬骨魚類	軟體動物(Molluscus)	甲殼類	藻類	其他	總數
非洲	11,616	204	74	-	-	
北美洲	262,149	186,664	80,863	210	-	
拉丁美洲	61,744	2,834	5,893	5,332	-	
亞洲	4,358,981	2,644,196	311,833	2,736,463	30,260	
歐洲	399,153	6354,636	98	-	-	
中東	56,061	214	-	-	-	
蘇俄	305,000	-	-	-	-	
合計	5,454,704	3,477,748	398,761	2,742,005	30,260	12,103,418

亞洲以湄公河為界，再區分成西亞(包括印尼及馬來西亞等十一個國家)及東亞(十個國家)。東亞則佔亞洲總產量之72%(其中藻類產量很大)(表1.2)。

表1.2所示北美洲包括美國及加拿大兩個國家，其1987年總產量約45萬公噸。中南美洲及加勒比海共有31個國家，但產量相當有限。歐洲部分沒把蘇聯包括進去，共有28個國家之數據。

硬骨魚類主要生產地區為中國大陸，其產量超過全世界總養殖魚類之50%以上，其次為印度。此外，中國大陸甲殼類，軟體動物及海藻之生產量也都是世界第一位，佔各項總產量之25%以上。日本及韓國之藻類及軟體動物之生產量分別各佔全世界總產量之10%以上。

表1.2、1987年世界養殖總產量 \* (噸)

地區	魚類	甲殼類	貝類	海藻	其他	總合	%
非洲	61,858	79	515	--	50	62,502	0.47
北美洲	266,672	44,480	138,841	--	--	449,993	3.41
中南美洲 **	48,884	87,123	54,678	9,338	31	200,104	1.51
歐洲	399,037	3,285	645,271	--	--	1,047,593	7.93
蘇聯	288,970	--	159	3,459	--	292,588	2.22
東亞	4,421,638	326,436	1,720,902	3,064,916	27,461	9,561,353	72.39
西亞	1,279,836	113,311	84,843	60,000	20	1,538,010	11.64
其他 ***	26,546	192	27,185	1,710	140	55,773	0.42
總計	6,793,441	574,906	2,672,394	3,139,473	27,702	13,207,916	
總產百分比(%)	51.4	4.4	20.2	23.8	0.2		

\* 資料來源：FAO Fisheries Circular No.815. Rev. 1. 1989

\*\* 中南美洲：包括中美洲(C. America), 南美洲(S. America)及加勒比海(Caribbean)

\*\*\* 其他：包括近東(Near east)及Oceania

以生產值來看(表 1.3)，前五名為日本、印度、美國、中國大陸和台灣。其中很明顯的中國大陸及印度是以量取勝，而日本、台灣及美國則以生產高價之養殖水產品為主。

#### 4 水產動物營養及飼料

表1.3、1984及1987重要水產養殖地區之生產值（美元）

國家	1984	1987
中國大陸	4,059,465,000	6,078,454,000
日本	2,263,753,000	3,895,790,000
台灣	607,576,000	1,110,282,000
印度	746,300,000	746,300,000
美國	500,403,000	563,649,000
菲律賓	446,639,000	560,317,000
蘇聯	357,279,000	537,767,000
厄瓜多爾	235,200,000	510,671,000
法國	226,178,000	474,033,000
越南	327,400,000	459,480,000
北韓	253,278,000	438,560,000
南韓	398,700,000	420,700,000
印尼	264,805,000	385,740,000
挪威	133,357,000	314,348,000
義大利	140,008,000	238,153,000
泰國	105,989,000	237,803,000
世界總產值	12,430,634,000	18,911,991,000

資料來源：FAO Fisheries Circular No. 815, Rev. 1989

全球主要的養殖魚種及產量（超過 20,000 噸才列入），詳見表 1.4。其中鯉科魚類（Silver carp, Common carp, Bighead Carp, Grass carp, Crucian carp, Mud carp 等）最為可觀。其次是虱目魚、鮭、鱒類、美洲河鱈、青鮎魚及尼羅魚（非鯽）。蝦類的產量以東方對蝦、草蝦及白蝦（*P. vannamei*）最多。

表1.4、重要養殖種類之生產量(生產量20,000噸以上者)，1987

中文名	英文	學名	產量 (噸)
白鱧	Silver carp	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1,340,718
鯉魚	Common carp	<i>Cyprinus carpio</i>	927,735
大頭鱧	Bighead carp	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	631,435
草魚	Grass carp	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	535,691
虱目魚	Milkfish	<i>Chanos chanos</i>	330,148
虹鱒	Rainbow trout	<i>Salmo gairdneri</i>	213,642
長春鱊	White armur bream	<i>Parabramis pekinensis</i>	174,200
美洲河鱖	Channel catfish	<i>Ictalurus punctatus</i>	169,982
青鮎魚	Yellowtail	<i>Seriola quinqueradiata</i>	160,285
鯽魚	Crucian carp	<i>Carassius carassius</i>	108,915
尼羅魚	Nile tilapia	<i>Oreochromis (Tilapia) niloticus</i>	97,700
鮫魚	Mud carp	<i>Cirrhinus molitorella</i>	69,820
大西洋鮭	Atlantic salmon	<i>Salmon salar</i>	67,732
粉紅鮭	Pink salmon	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	40,002
日本鰻	Japanese eel	<i>Anguilla japonica</i>	39,435
紅鯛(嘉鱖)	Red sea bream	<i>Chrysophrys majore</i>	37,838
鯪	Java barb	<i>Puntius javanicus</i>	22,877
東方對蝦	China white	<i>Penaeus chinensis</i>	153,385
草蝦	Black tiger shrimp	<i>Penaeus monodon</i>	137,599
白蝦	Whiteleg shrimp	<i>Penaeus vannamei</i>	79,721
螯蝦	Red swamp crawfish	<i>Procambarus clarkii</i>	43,182
莫吉對蝦	Banana prawn	<i>Penaeus merguensis</i>	25,109
牡蠣	Oysters	<i>Crassostrea gigas, C. virginica</i>	913,820
淡菜類	Mussels	<i>Mytilus edulis, M. galloprovincialis</i> <i>M. smaragdinus, M. crassitesta</i>	569,013
其他貝類	Scallop etc.	<i>Pecten yessoensis, Venerupis japonica</i> <i>Anadara granosa</i>	411,870
藻類	Kelp etc.	<i>Laminaria japonica</i> <i>Undaria pinnatifida</i> <i>Porphyra tenera</i>	2,541,284

資料來源：FAO Fisheries Circular No. 815, Rev. 1. 1989

若以養殖環境區分，淡水養殖的88.4%為硬骨魚類(表1.5)，甲殼類主要養在半鹹水中(83.2%)，而軟體動物(Molluscs)及藻類(Seaweeds)主要養在海水中(96.3~99.8%)。

在歐洲及北美洲，目前比較集中開發高價位養殖水產品，如鮭、鱒、鱈及螯蝦等。由于科技的發展，歐洲及北美洲在九十年代，將是一個藍色革命(Blue revolution)的年代。鮭魚(Salmon)養殖在這些地區之快速成長(表1.6)正說明了這個趨勢。



6 水產動物營養及飼料

表1.5、不同生產環境下各養殖種類之生產量百分比

	硬骨魚類	甲殼類	貝類	海藻類	其他
生產量 (噸)	6,793,441	574,906	2,672,394	3,139,473	27,702
淡水	88.4%	10.7%	0.3%	-	3.0%
半鹹水	5.7%	83.2%	3.4%	0.2%	0.5%
海水	5.9%	6.1%	96.3%	99.8%	96.4%

資料來源：FAO Fisheries Circular No. 815, Rev. 1. 1989

表1.6、1987 ~ 1990年世界養殖鮭類之產量 (噸)

種類	國別	1987(預估)	1988(預估)	1989(預估)	1990(預估)
大西洋鮭	加拿大(大西洋岸)	800	1600	3200	5000
	費羅群島	4800	4800	7100	9000
	芬蘭	100	100	100	100
	法國	200	200	200	200
	冰島	800	1750	2500	5000
	愛爾蘭	2210	4520(5000)	6630	10100
	挪威	53000(47000)	74000(80000-87000)	74000(120000)	100000(160000)
	瑞典	400	800	1000	10000
	英國	13949	15000(18000)	20000(31000)	25000(43000)
	美國(大西洋岸)	800	1700	3200	5200
合計		77059	104470	117930	160600
太平洋鮭	加拿大(太平洋岸)	3200	8400	14600	23000
	智利	1720	7522(3000)	15410	17000
	日本	13000	15000	17000	19000
	紐西蘭	1000(1200)	1500(1600)	2000	3000
	西班牙	200	300	450	600
	美國(太平洋岸)	1700	2000	2400	2500
	合計		20820	34722	51860
兩種鮭之合計		97879	139192(141125)	169790(226530)	225700(306000)

資料來源：Aquaculture and Capture Fisheries. NOAA & NMFS Wash. D.C. 1988.

括弧內數字來源：Aiken, D. 1989. World Aqua. 20(2):12