

魚類的營養和飼料

日・荻野珍吉主編 陳國銘 黃小秋 譯



五洲出版社印行

前 言

魚類是棲息於水中的變溫動物，所以有關其營養需求的研究比起陸上的恆溫動物來，有很多困難之處。

有關魚類的營養和飼料，1973年橋本芳朗教授（已故）編著的『養魚飼料學』一書的發行對水產學和水產增養殖的發展作出了極大貢獻。然而，由於這方面研究的迅速發展，在該書發行後幾年就感到很有必要對其內容進行修改。這次正值發行新水產學全集時，能彙編『魚類的營養和飼料』是符合時機的，可以說該書對發展水產增養殖寄予很大希望。

本書由長期在第一線從事魚類的營養需求和養魚飼料等工作的研究人員分擔執筆編寫。敘述時盡量注意深入淺出，照顧了研究人員、學生以及現場技術人員的參考。本書若對發展水產學和水產增養殖能達到一些作用，便是作者的莫大榮幸。

本書的出版得到恒星社厚生閣的佐竹久雄氏的很大幫助，我代表執筆者致以謝意。

荻野珍吉

1980年8月15日

譯者的話

魚類養殖在台灣中南部發展迅速，而有蓬勃成長的趨勢，除供應國人的副食消費外，還外銷香港及東南亞，新開發魚塢如雨後春筍的遍佈於鄉鎮，遠盛於東鄰日本，養殖技術也直追先進國家水準。

本書翻譯日本恒星社厚生閣出版荻野珍吉博士主編“魚類の營養と飼料”壹書，此為日本水產養殖界極權威的著作。

本書共分七章，分別介紹養魚及養魚飼料的現況、魚類的攝餌和消化吸收，魚類能量代謝、生物餌料和苗的生產魚類對營養素的要求、飼料及其養殖過程中的投餌方法等，既有理論的敘述，又有科技研究和生產的具體方法。

本書為提供大專院校海水淡水養殖專科師生及科技研究人員以及水產養殖業專門人員的參考。

本書譯文特請日文先進左秀豐先生指正并審閱謹此附言致謝！

譯者 76 年 12 月

目 錄

一、養魚和養魚飼料的現狀·····	1
1. 魚類養殖的現狀·····	1
2. 養魚飼料的現狀·····	4
3. 今後的養魚飼料·····	8
二、魚類的攝餌與消化吸收·····	13
1. 魚類的攝餌·····	13
2. 消化酶·····	34
3. 營養素的消化吸收和消化率·····	47
三、魚類的能量代謝·····	81
1. 營養素的能·····	81
2. 魚類的能量代謝·····	88
3. 能代謝量的測定法·····	94
4. 能量收支·····	97
四、菌生產和生物餌料·····	103
1. 餌料系列中的問題·····	103
2. 生物餌料的一般組成和無機物組成·····	104
3. 生物餌料蛋白質的營養價·····	112
4. 從魚類必須脂肪酸看生物餌料的營養價·····	116
5. 酵母輪蟲用小球藻二次培養和餌料效果·····	130
6. 酵母輪蟲的營養不良和高度不飽和酸的添加效果·····	134
五、魚類對營養素的需求·····	140
1. 蛋白質·····	140
2. 碳水化合物·····	174
3. 脂質·····	185
4. 維生素·····	230
5. 無機質·····	280

I

六、飼料.....	298
1. 飼料安全法.....	298
2. 原料.....	304
3. 配合飼料.....	346
七、投餌法.....	366
1. 投餌法和投餌次數.....	366
2. 投餌量.....	373

一、養魚和養魚飼料的現狀

日本的漁業生產中，養殖業約佔總產量的 9 %，產值約佔 17 %，其中包括紫菜、裙帶菜等海藻類以及牡蠣等貝類的養殖。投餌養殖的產量和產值分別佔養殖業的 20 %和 50 %左右。但是從近 10 年來的生產量變化來看，養殖業出現了明顯的增長。進入 200 海里時代，日本漁業由近海向遠洋發展以後，又重新開始轉向以沿岸和近海為主的漁業。預計今後養殖業的比重將會更加增大。

1. 魚類養殖的現狀

目前日本養魚產量約為 21 萬噸，其中內陸水面養殖和海水養殖的比例約為 2 : 3，從表 1.1 中可以看出今後海水養殖的比重將會進一步提高。

內陸水面養殖的主要魚種有鰻鱺、鯉魚、虹鱒、香魚，同時還養殖鯽魚、泥鰱以及中華鰲和觀賞魚類錦鯉、金魚。最近還開始養殖從國外引進的尼羅羅非魚 (*Tilapia nilotica*) 和 *Ictalurus punctatus*，這些魚有可能成為內陸水面養殖的重要魚種。日本的內陸水面養殖具有悠久的歷史，幾乎所有的魚種都用配合飼料，養殖技術相當高。但是內陸水面養殖的養魚用水隨著河水污染的不斷發展，大部分只好依靠地下水，所以水資源不足的問題相當嚴重，若不發展養魚用水的循環再利用等技術，今後要迅速發展內陸水面養殖恐怕比較困難。

海水投餌養殖對象中，鯽魚佔 90 %，最近真鯛、日本對蝦的生產有所增加，黑鯛、鮪、鰻魚、長縞鰻等魚類也開始養殖，養殖對象在不斷增多。養殖品種都是溫水性魚種，養殖場只限於關東以西，但是近二、三年間已開始在海水中正規養殖銀大麻哈魚，東北地方正在

走向事業化。海水養殖的歷史較短，養殖歷史最長的鯽魚從正式開始養殖至今也不過 20 年，餌料以新鮮和冷凍魚為主，還有很多養殖技術的問題需要改進。特別是因高密度養殖和大量投餵活餌造成的養殖

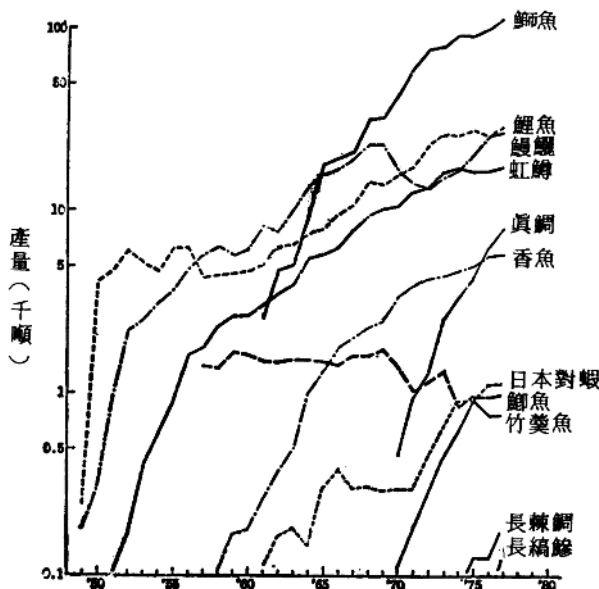


圖 1.1 主要養殖品種的歷年產量

場自體污染給社會帶來了影響，對發展海水養殖造成不良的輿論。但是，近幾年來，以真鯛為主的鯽魚、日本對蝦等的營養生理學的研究發展很快，海產魚的養殖方面也有可能實行餌料的配合飼料化。

另外，還如銀大麻哈魚的放流那樣，將人工培育的稚魚放流到自然水域中去，利用水域生產力，增加經濟魚類的資源，因此當務之急是開展親魚的培育和仔稚魚飼育管理技術的研究。

表 1.1 海水和淡水投餌養殖的產量(噸)
漁業養殖業生產統計年報(農林水產省)

年 份	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
海水養殖類											
竹筴魚類				2	24	112	348	628	923	721	772
長尾鰩類				36	43	15	30	48	22	69	136
鰻魚類	21169	31777	32613	43300	61743	76913	80269	92685	92352	101619	114866
真鯛類				460	971	1298	2606	3414	4303	6453	8120
長棘鯛類				5	23	95	58	85	126	125	193
黑鯛類				2	1	13	9	4	6	61	67
鮫類	46	63	52	26	21	15	17	8	11	11	18
絲鰭粗單角鮫				63	44	149	253	51	17	10	34
其他魚類	313	354	481	16	41	113	179	158	236	187	302
日本對蝦類	305	311	285	301	306	454	653	911	936	1042	1124
頭足類	117	77	50	109	98	68	56	54	41	42	16
總生產量	21975	32608	33484	44320	63317	79246	84478	98054	98974	110341	125650
淡水養殖類											
天鰱哈魚類	7882	9454	10264	10632	12749	13515	16425	17631	16726	16837	17617
香魚類		2343	2534	3411	3941	4317	4428	4712	4891	5726	5875
鯉魚類	10886	14460	13971	15865	17840	23037	26417	26323	28129	26289	29295
鰱魚類	1622	1615	1776	1391	1209	1183	1369	841	988	954	1007
鱖魚類	19605	23640	23276	16730	14233	13356	15247	17077	20749	26261	27630
總生產量	41852	51936	52044	48455	50398	55831	64429	67099	72119	76645	82159

* 1969年以前的包括在其他魚類內。

2. 養魚飼料的現狀

目前魚類養殖中使用的餌料大致分為三種，即新鮮魚和冷凍魚（活餌）、魚粉以及用植物油粕與其他乾燥飼料以 1 : 1（重量）的比

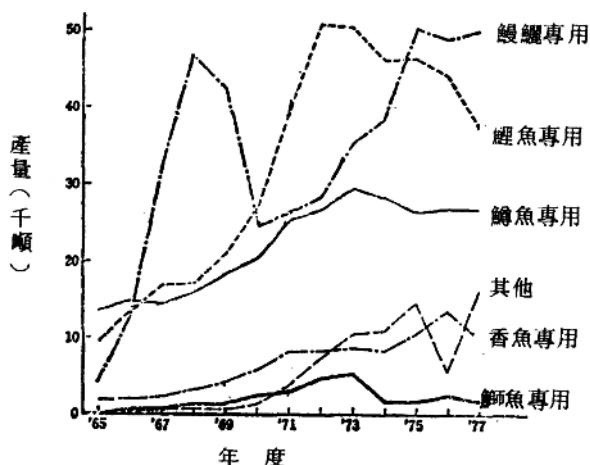


圖 1.2 配合飼料的生產變化

例混合而成的餌料。所謂奧萊公濕粒和乾燥飼料中加入維生素和無機物類，形成泥漿狀或顆粒狀，這就是人工配合飼料。表 1.2 表示 1977 年使用的餌料，圖 1.2 表示過去 10 年內不同魚種的配合飼料產量的變化。

在日本除了相當部分的鯽魚、真鯛和一部分日本對蝦外，海水養殖幾乎都用活餌；淡水養殖中，大部分用配合飼料。活餌主要用於鰻鱺養殖，也只是很少量。在還沒有出現配合餌料時，濕粒主要用於養殖虹鱒，但是這些飼料都是自己生產的，質量並不高，配合飼料普遍使用後也就淘汰了。

美國用於放流的大鱗大麻哈魚（*Oncorhynchus tshawytscha*）是用濕粒飼養的。所以在工廠中大量生產的濕粒，要嚴格把住質量管理，而後分發到各養殖場去。濕粒含水量約 30—40%，所以要用專門的設備進行運輸和保存，缺點在於不耐長期保存。最近報導：已發明在常溫下能貯藏 30 天的濕粒⁽¹⁾。在日本今後也有在養殖鯽魚方面發展這種餌料的可能性。

直接將新鮮魚、冷凍魚投餵時，餌料中的蛋白質含量特別高，大部分攝取的蛋白質作為能源而被消耗，所以大量浪費蛋白質。配合飼料化或濕粒化後，飼料中的蛋白質和熱量之間可維持適當的比例，這樣有可能節約蛋白質 30—40%。考慮到目前有 100 多萬噸魚用作餌料，可以認為配合飼料化或濕粒化的效用很大。此外，由於蛋白質節約效果，排泄到環境水域中去的氮負荷量也會減輕，這也是防止漁場自體污染的一種有效措施。

淡水養殖的魚類都有可能投餵配合飼料進行飼育，從 1965 年起這種養魚用的配合飼料迅速開始普及。配合飼料發明以前，養魚飼料都是自己配方，且都用就近能買到的原料來配製，質量極不穩定，由營養性疾病引起的大量死亡使養殖者很傷腦筋。1950 年起，美國首先開始研究魚類的營養，進行了配合飼料化的試驗。這一研究資訊對日本研究人員來說，是一種強烈的刺激，於是日本研究人員從 1955 年起先進行了虹鱒配合飼料的研究。當時，現代化的魚粉加工母船以北太平洋的底層魚類為原料，開始生產魚粉，生產了大量的優質魚粉。但是，當時還沒有像現在這樣發達的養雞、養豬等畜產業，因此找不到消費大量魚粉的市場。被稱為北洋魚粉的加工母船產生的魚粉，對養魚飼料原料來說是一種極其優良的蛋白質來源，1963 年至今的配合飼料成分（北洋魚粉 65%、麵粉 33%、複合維生素 1%、礦物質 1%、另外再加鱈魚肝油 1%）⁽²⁾還是以北洋魚粉為主的配方。當時美國用剩餘的農產品促進了養雞飼料配合化的迅速發展，引進顆粒機以後，開始由飼料工廠生產養魚飼料。

以發展虹鱒為主的北洋魚粉的配合飼料，包括飼料的形狀在內，若經過一些改進以後，有可能適用於其他魚種。在較短時間內，生產

表 1.2 養殖用的飼料
漁業養殖業生產統計年報（農林水產省）

魚 種	產 量 (噸)	投 餌 量 (噸)					
		新鮮冷凍魚	配合飼料	活 蛹	乾 蛹	魚粉 魚粕	其他
竹 筴 魚	743	6404					
長 縷 鰱	161	2447					
鯽 魚 類	114 864	966 218	6275				
鯛 類	8 245	105 507*					
鮪	15	252					
絲鰭粗單角鮪	10	85					
其 他 魚 類	237	5371					
日 本 對 蝦	1124	10 892	1392				
頭 足 類	16	93					
鱒 魚	17 641	149	25 573	0	28	134	476
香 魚	5850	30	8 313	—	—	3	133
鯉 魚	29 215	120	33 234	13 487	7155	340	2013
鯽 魚	1054	—	132	—	224	21	307
鰻 鱺	27 790	6590	40 034	2	17	15	788
合 計	206 965	1 104 158	114 953	13 489	7424	513	3716

* 包括配合飼料。

出鯉魚、鰻鱺以及香魚的配合飼料。

日本的配合飼料比美國和歐洲各國的養魚配合飼料成分少，這可能是由於在歐美是沿著以植物性飼料為原料的畜產飼料途徑發展出來的緣故。但是與早期的飼料相比，最近美國鱒魚的飼料成分中，魚粉

的比例有所增加。這也證明了用魚粉作為養魚飼料的蛋白質原料的優越性。養魚配合飼料的發展初期，北洋魚粉被視為質量相當好的魚粉，如在短期內能普及配合飼料，那就會有相當大的效果，可是要大量供應廉價的優質魚粉。除了北洋魚粉以外，發展其他蛋白質原料還有不少阻力。

1977 年養魚的配合飼料中，魚粉約有 50 %，大豆油粕約 6 %，麥糠約 14 %，米糠油粕等槽糠類、澱粉和穀類約 18 %。其中仍以魚粉的比例最高，使用其他動物性飼料原料或植物性油粕較少。劃定 200 海里經濟區以後，北洋魚粉重要原料魚的狹鱈漁獲量受到明顯影響。由於水產加工技術的發展，狹鱈還是冷凍碎魚肉原料的重要魚類。北洋魚粉的質量已出現下降，魚粉中灰分顯著增加，對依靠北洋魚粉的日本配合飼料來說，進入了轉換期。隨著養魚飼料配合化的發展，對北洋魚粉的需要量增加，正如很早就預見到的，北洋魚粉的產量是有一定的限度的，因此需要及早地探索新蛋白質源以代替北洋魚粉。也就是說要開展從脫脂大豆粕、釀造酵母以及鮭魚、秋刀魚等常見性多脂肪魚生產的所謂沿岸魚粉等的利用研究，但至今尚未獲得有效的成果。1970 年後，發明了單細胞蛋白質，SCP 和有助於 *n*-石蠟酵母的大量培養技術，能否作為養魚飼料，對很多魚類進行了研究⁽³⁾。結果是，飼料中有 35—40 % 的魚粉蛋白質可以替換出來，而且對鱈魚還可多加一些酵母，與魚粉同時使用比單獨使用魚粉的效果好。後來，促使甲醇、乙醇、醋酸等產生變化的酵母或細菌逐漸在工業上有所生產。實驗結果是，對飼育來說肯定不比 *n*-石蠟酵母差。單細胞蛋白 (SCP) 還有一些具體問題，如保證安全、石油價格上漲等，所以預計利用前途還有困難。但是從長期觀點來看，用工業手段提供穩定的蛋白質資源的有效性，對於未來的養魚飼料將有很大好處。

作為代替北洋魚粉的蛋白質原料，最能就地取材的還是沿岸魚粉。但是沿岸魚粉的原料魚涉及到很多方面，另外，由於使用加工廠的殘渣等，多數質量差。目前還沒有可靠的評價質量的分析方法。在 1965 年的實驗中，用沿岸魚粉或由秘魯進口的以鯉魚為原料的魚粉

作為唯一的蛋白質來源的飼料，長期餵育虹鱖會造成魚類貧血。估計是由殘存在魚粉中氧化砒的毒性引起。最近的沿岸魚粉或由秘魯等國輸入的魚粉質量，由於改進了製造技術而有很大的提高。在用虹鱖、鰻鱺、鯉魚的試驗結果中，發現其比北洋魚粉質量更優。如果仔細研究原料、製造方法等的話，則可能得到完全替代北洋魚粉的物質。為了得到更優質的魚粉，目前還正在研究採用有機溶劑脫脂的魚粉的工業製造法。這樣的魚粉適用於高質量的稚魚專用飼料，並有利於穩定飼料的質量。

3. 今後的養魚飼料

通常，魚類對蛋白質的要求很高，目前養魚用的配合飼料中，多數含有 40—45 % 的蛋白質，比畜產用的配合飼料高 1—1.5 倍（表 1.3）。原因之一是由於魚類對碳水化合物化合物的消化和代謝能力差，不同的魚種，其能力有顯著的差異。因此，對大多數魚類來說，低蛋白、高碳水化合物化合物的飼料隨著可消化能量的減少，相當部分的飼料蛋白質作為能源而被消耗，造成生長緩慢。原因之二，魚類屬變溫動物，體溫低，基礎代謝量少，每單位體重增長量所必需的飼料總量僅相當於家畜、家禽的約 $\frac{1}{2}$ 。但是，單位體重增長量所必需的蛋白質量與家畜、家禽所需量差不多。因此，養魚飼料的蛋白質含量相對增高。

由於養魚飼料必需有較高的蛋白質含量，因此蛋白質原料也必需含有較高的蛋白質。價廉而蛋白質含量高的原料極少，除了魚粉、SCP，作為動物性蛋白質原料外，只限於羽毛粉、用獸血製成的氮肥料、肉粉、肉骨粉或家禽副產品等畜發廢棄物。這些原料過去都用作家畜飼料原料，但未必是必須的。骨肉粉，羽毛粉的使用也正在增加。如果考慮到對於未來畜產物的需要增加，則廢棄物的供給量也會有所增加。從資源的循環使用觀點出發，這種原材料必需積極考慮利用。

有關這些畜產廢棄物的利用，只是剛開始研究。高蛋白的消化性好，而價廉的羽毛粉的利用尤其受到廣泛關注，但是其氨基酸組成與

表 1.3 配合飼料的一般組成(%)
(農林水產省告示法定規格, 1976 年 7 月 24 日)

飼料的種類	粗蛋白質 *	粗脂肪 *	粗纖維 **	粗灰分 **
培育鰻鱺用	45.0	3.0	1.0	17.0
培育鯉魚用	39.0	3.0	5.0	15.0
培育虹鱒用	43.0	3.0	3.0	15.0
培育香魚用	45.0	3.0	4.0	15.0
培育鵝用	15.5	2.0	6.0	9.0
培育豬用	14.0	2.0	6.0	9.0
培育牛用	10.0	1.5	10.0	10.0

* 成分的最低量。

** 成分的最高量。

魚粉顯著不同, 不可能單獨使用, 必需與其他原材料配合并添加氨基酸。雖然尚處在實驗階段, 但已有報告指出, 以畜產廢棄物為主而完全不含魚粉或大幅度減少使用魚粉的飼料是很值得採用的。

對魚類來說, 最容易利用的能源是蛋白質, 脂肪也易於利用, 可從下面的實驗看出這一點: 向碳水化合物代謝能力比較高的鯉魚腹腔注射用 ^{14}C 示踪劑的氨基酸、醋酸鹽、葡萄糖, 然後測定其呼氣中的 $^{14}\text{CO}_2$ 的排泄速度⁽⁴⁾ (圖 1.3)。蛋白質是飼料原料中價格最高的, 希望的是所攝取的蛋白質能變成養殖對象的體蛋白質。因此, 要考慮飼料中的蛋白質/熱量之比, 同時要提高飼料中含脂率。實際上, 根據最近的研究, 如果充分提高飼料中的可利用能量, 並不一定需要高蛋白飼料。對於虹鱒之類的肉食性魚類來說, 蛋白質含量在 35% 左右比較好。1970 年以來, 有關魚類脂肪代謝的研究發展很快,

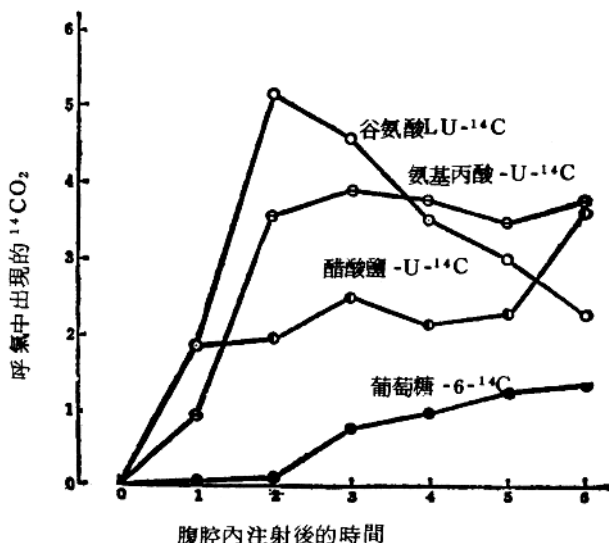


圖 1.3 用 ^{14}C 示踪劑的氨基酸、醋酸鹽、葡萄糖向鯉魚腹腔注射後，呼氣中 $^{14}\text{CO}_2$ 的排泄速度

以致有可能建立油脂利用的理論根據。

配合飼料開始生產期間，非常重視氧化脂質的毒性。盡量減少配合飼料中的脂質含量，通常在投餌前再補充添加脂質，並使其吸附。現在所有的配合飼料中，都採用該方法。作為脂質，最常用的是精製鱈魚肝油，但是使大量的脂質均勻地、正確地吸附於飼料，還比較困難，最好是預先添加到飼料中去。但是，添加大量含高度不飽和脂肪酸的鱈魚肝油等的魚油，不能避開貯藏期中油的氧化引起的危險性。

過去給魚類投餵獸脂等高熔點脂肪，較難消化。但是，即使是虹鱒之類的冷水性魚類，也證明能充分地消化吸收。獸脂或適當熔點的硬化油也已了解清楚，如補充必需脂肪酸，便能利用從來都沒有使用

的脂質。早已知道飼料中的脂質的質量對養殖魚的質量有很大的影響，另外，脂質的貯藏部位和形態因魚種而各有差異，形成魚種所特有的風味。但是，有關這些關係的研究比較少。近年來，有關脂質代謝的研究有很大的進展，當前可使用的脂質也多種多樣，不僅需要提高增重效果，而且必須提高優質養殖魚的產量。

參考文獻

- 〔1〕 H.H.Webber and J.E.Huguenin : FIFAC / 78 /
Symp : R / 10. 2 , May 1978.
- 〔2〕 小林正典、謙田淡紅郎：養鱒の研究，全國湖沼河川養殖
研究會養鱒部會編，31 — 47 (1976)。
- 〔3〕 能勢健嗣：畿協誌，33，18 — 27 (1974)。
- 〔4〕 永井正徳、池田靜徳：日水誌，37，404 — 409，410 —
414 (1971)；38，137 — 143 (1972)；39，633 — 643 (1973)。