

水產飼料的種類與使用

劉擎華* 楊順德**

*國立臺灣海洋大學水產養殖學系

**臺灣省水產試驗所竹北分所

近年來人們對水產食品的需求日增，然而因水產資源量的減少及價格的升高，在某些國家如我國及鄰近的日本，養殖水產物已逐漸取代海中捕獲漁產物的趨勢；以養蝦業為例，從 1984 年至 1990 年全世界海水蝦類養殖業迅速成長了 151%。隨著水產養殖業的發達，水產養殖物成長所需之食物量也逐漸增加，而由於生鮮餌料(主要為下雜魚)有季節性及品質不穩定等缺點，故水產人工飼料逐漸發展起來。

在水產養殖的經營上，利用人工飼料部分或完全取代生物餌料，可節省餌料的貯藏空間、設備、能源及投餌時間，並且在高密度養殖系統中可提供水產養殖物所需之營養素，維持正常成長，因而水產養殖業的發展和水產飼料發達與否息息相關。本省自 1976 年發展出鰻魚人工配合飼料大量取代下雜魚後，其它水產養殖物的人工飼料也逐次被開發及利用；主要有草蝦、斑節蝦、淡水蝦、虱目魚、吳郭魚、牛蛙、海水魚等配合飼料以及文蛤之輔助飼料。

根據 FAO 的估計，飼料成本約佔養殖成本的 40% 至 60%，而飼料品質及其所含營養成分影響養殖物之成長甚鉅，因而政府在民國 75 年修正飼料管理法規

及修訂水產動物用配合飼料之中國國家標準(簡稱 CNS) (表 1.)，對飼料製造業者加以規範，以使消費者購買的飼料其營養之粗成分至少能達到一定的標準。由於養殖種類、體型大小、營養需求、飼育環境及放養季節等等因素的不同，國家標準的規範無法一一涵蓋，但對林林總總的飼料種類而言，仍不失為一保護養殖業者的準則。

水產動物的種類繁多，對於飼料的偏好或選擇性亦有所不同，並且飼料的顏色、氣味、嗜口性、形狀和大小以及環境因子均影響水產動物對飼料的攝食慾望和能力；此外最近的研究指出，飼料中所含之營養成分與養殖物對疾病的抵抗力有密切的關係。再者，由於水產養殖種類的多樣化，對於人工繁殖種苗的需求日殷，利用人工飼料培育水產種苗以取代傳統餌料生物已成為另一重要課題。本文擬就常見之各種水產飼料、水產種苗飼料及其飼養管理，以及飼料中幾種營養成分與抗病力的關係作一敘述。

一、水產育成飼料之種類

目前台灣常用之水產飼料有：(一)生鮮餌；(二)粉狀飼料；(三)濕式粒狀飼料；(四)沈水性粒狀飼料；(五)浮性粒狀飼料。各有其優缺點(表 2.)，以下分別介紹各種飼料之特性：

(一)生鮮餌

季節性的下雜魚經絞碎後的產物。本省在早期的鰻魚養殖及目前一些高價海水魚的飼養均以此法餵食，優點為價格低、誘餌性強、易被養殖對象接受。缺點為：1.因季節變化供應不穩定，且營養成分(如脂質)變化大；2.生鮮魚需冷凍設備保存，且解凍麻煩，不慎會造成細菌繁生，容易腐敗而形成養殖對象的病變甚至死亡；3.維生素 B、C、E 及葉酸不足，因此日本在以生鮮餌餵食鯽魚時均添

加維生素混合物來補充營養的不足；4.準備費時、費力且易造成水質惡化，影響養殖物的健康，此曾在日本夏季箱網養殖時造成內灣的氨上升及溶氧下降，使得魚類抵抗力降低而罹病死亡。

(二)粉狀飼料

飼料原料經微粉化後混合的產品，以 α -澱粉為主要黏結劑，均勻混合而成。使用時由養殖戶自行添加水和油脂或飼料添加物，以簡單的攪拌機製成練餌投餵。粉狀飼料除了鰻飼料外，海水魚養殖之初常以鰻料或粉狀料單獨或配合生鮮餌投餵，石斑的養殖即為一例。粉狀飼料之優點為加工時不經高溫過程，營養素被破壞較少，投餵前可添加一些營養素，且易被養殖對象所接受。缺點為魚激烈搶食造成飼料的浪費及水質的污染。

(三)濕式粒狀飼料

可分單獨型的濕式粒狀料及混合型的濕式粒狀料兩種；前者只用粉狀飼料與水、油混合製成，後者為粉料與製成魚漿的生餌適量混合製成。不但具有粉狀飼料的優點，且因製成粒狀後適合魚的口徑及攝餌方式，可避免因搶食造成的飼料損失及水質污染。

台灣目前常用的濕式粒狀飼料與奧瑞岡濕式粒狀飼料略有不同。目前本省一般養殖場常用的設備為一大型攪肉機加裝變速齒輪及切刀組合而成之簡易型擠粒機，將飼料廠配好的粉料加水或絞碎的魚漿造粒而成。好處是成本低且自配飼料較有彈性，缺點為增加養殖戶現場擠粒的手續。而奧瑞岡濕式飼料則是製粒及包裝的過程都在工廠中以大型機器製造，其產能頗高，但須由冷藏車運輸且養殖戶須有冷凍設備來保存，由於本省養殖場分散，面積小且運輸費時，此種系統目前尚難達到商業化。

濕式粒飼料與浮性或沈性粒狀飼料相較的優點為：1.可與生餌配合使用增加營養且降低成本；2.顆粒柔軟、粒徑適中且具生餌的嗜口性，一般魚類無拒食的現象；3.可隨時添加治療或預防之藥劑，混合容易且添加物在水中不易溶失，能產生較佳的治療效果。

(四)沈性粒狀飼料

飼料原料經粉碎後與預混劑混合，再噴入水蒸氣加熱潤濕，經打粒機之模孔打粒成型，乾燥後包裝。沈性粒狀飼料的造粒過程中，溫度可達到 70—100°C，有些營養物質會被破壞，其中損失最大者為維生素 C，其次為維生素 B 群(表 3.)。

目前投餵沈性粒狀飼料的養殖種類主要有吳郭魚、虱目魚及蝦類，因飼料沈於水底，無法觀察到攝餌狀況，當投餌過量時會造成水質惡化及飼料浪費，因而養魚場常配合使用投餌機，限量定時地噴出飼料讓魚搶食，以克服飼料在未被魚攝食前即已沈於水底的缺點。以沈性飼料投餵的另一缺點為粒子過硬，魚攝食後又會將飼料吐出，且有些魚當飼料沈於底部後即不喜攝食，因而造成飼料浪費及水質惡化；此外過硬的粒狀飼料不易吸水，若魚攝食過量後在消化道內吸水膨脹，當消化道過度膨脹時會壓迫臟器而可能有不良影響。

(五)浮性粒狀飼料

飼料原料經粉碎混合後，以水蒸氣噴入混合，再經螺旋轉進器強力擠壓通過模孔成型並經切刀斷粒而後乾燥而成，圖 1.為浮性飼料之製造流程，整個流程的原理猶如將製造麵包的數個步驟匯集在一部大機器中一體成型。擠壓過程因經高溫(135°C—175°C)及高壓(5—7kg/cm²)，在飼料被擠壓出模孔外時壓力陡降許多，故飼料顆粒於瞬間膨脹而成為多孔且低密度的浮性飼料。此外，調節添加的水量、溫度及壓力尚可製出沈性粒狀料、慢沈性粒狀料、乾式軟性粒狀料及軟性濕性粒

狀料；其中慢沈性粒狀飼料已應用在虹鱒及銀鮭的養殖；而乾式軟性粒狀料適合海水魚攝食的習性，目前在日本已實際應用於鰻魚、比目魚及青鮎鱈的養殖。

由於製造過程經高溫及高壓處理，大多數的澱粉(80% —90%)可被糊化，因而提高養殖物對飼料碳水化合物化合物的利用率，飼料中抗營養因子的活性亦會被降低或不活化；然而飼料中的維生素 C 損失嚴重，維生素 B 群破壞率亦高(表 3)。以浮性飼料餵魚在本省曾發生數次事故，如美洲鱸的脫顎、金目鱸和七星鱸的斷頸及掉鱗，至於成長緩慢更時有所聞。其補救之道可在投餌之前，利用浮性飼料多孔的特性，將飼料浸潤在含維生素預混物的水中後使用；在日本則亦有將浮性飼料浸漬在含水和油的乳化液中後再使用。這些方法雖可略加改善浮性飼料營養素受破壞的情形，但仍有維生素在水中易流失的缺點，目前飼料工廠則採用後噴式造粒設備將營養素以外包的方式改善，其方法為將擠粒成型的浮性飼料先噴上一層已受高溫破壞而須補充的營養素，再以魚油或油脂噴覆在飼料表面，如此可避免水溶性維生素的溶失，且外覆的脂類亦可作為能源或誘引物，鰻魚的浮性飼料多以此方法製造。

如果浮性飼料的製造過程營養素受破壞的缺點能克服，例如在飼料中添加對熱穩定的維生素 C 的衍生物等方法來加以改善，浮性粒狀飼料仍不失為海水魚良好的飼料，因其具有以下之優點：1.水中安定性高且浮於水面容易觀察魚的攝食狀況，可了解魚的健康狀況，以及避免因浪費飼料而造成水質惡化的缺點；2.澱粉糊化後的碳水化合物利用效率增高；3.以擠粒機製粒，配方原料的可變性更寬廣因而可降低飼料成本。但浮性飼料製造機組的高投資及較高的加工費用(比一般粒狀飼料高出 10% —15%)是其缺點。

二、水產育成飼料之使用

人工飼料是集約式養殖不可或缺的，而正確的餵養能使飼料更有效地被利用，不但能避免飼料的浪費，且能減少殘餌污染水質。養殖系統的管理常受到環境因素、技術因素、及經濟因素的限制，因此、飼料的選擇、投餌方式、投餵量、及投餵次數等的配合，對於整個養殖的成功與否具有重大影響。若不瞭解水產生物攝餌習性的基礎知識，就無法合理地經營養殖事業，水中生物的攝餌行為及對餌料的嗜好性非常複雜，各種內在因子和外在因素相互關連著。本節主要探討飼料的投餵管理及貯存。

(一)飽食量

生物一次滿腹的攝餌量稱為飽食量，各種水產生物由攝食到滿腹的時間因種類及體型大小而不盡相同；以蝦為例，約為半小時至一小時左右。一般而言，飽食量是隨著體重的增加而成直線性上昇。攝餌習性對飽食量的影響頗大，如斑節蝦為夜行性，其夜間攝餌量較白天為大；而石斑魚對沈於池底的飼料不喜撿食，但黑鯛卻又屬於沈底攝餌。另外，養殖物對飼料的習慣與否、健康狀態與飼料的投餵方法及投餵次數等，都能使養殖生物的攝餌活動及攝餌量發生變化。

(二)環境因素

水產生物的攝餌強度受水溫、鹽度、水中溶氧、及有毒物質等環境因素影響。在適當水溫範圍內，池中水溫愈高，飼料消化速度愈快，攝餌量也愈多。養殖池中溶氧量對水產生物攝餌影響很大，溶氧飽和度在蝦類如低於 50% —70% ，在魚類若低於 30% —50% 則其食慾減退，攝食量也會急驟減少。池中若氨、亞硝酸、硫化氫等有毒物質濃度太高，則攝食情形亦受影響。

(三)飼料的物性

通常水產生物對天然餌料生物的嗜好性較人工飼料為高。飼料中的化學物質、粒度、硬度及色彩等均影響攝食；尤其是粒徑與魚類口徑有密切關係。而在蝦飼料方面，蝦是用螯及前肢抱住食物送入口器，利用上顎和下顎銳利的牙齒輾成碎片，攝食過程很長，因此飼料的溶失性很重要。為減少飼料長期在水中而造成溶失或崩解，飼料的水中安定性要非常良好，對蝦類飼料而言，至少須在水中1~2小時不崩解。

(四)促進攝餌物質

在攝食過程中，由飼料直接引起物理刺激(如形狀及色彩等)，或由飼料浸出液成分所引起的化學刺激感應，都具有誘餌及促進攝食之作用。攝餌促進物質不僅提高攝餌量，對增重及換肉率亦有改善效果。通常飼(餌)料中的某些胺基酸、核酸、甜菜鹼以及一些有機酸等均具有誘引水產生物攝食之性能。飼料原料中如啤酒酵母、肝末粉、蝦粉、醱酵副產物及藻類等均含有許多促進攝餌物質，而另行添加者以胺基酸及甜菜鹼較常為業者所使用。

(五)飼料的選擇

選擇飼料應注意下列幾點：1.包裝紮實，不可有車縫線不良或包裝袋破裂之現象；2.飼料成粒要良好，顆粒勻稱整齊且外表光滑沒有粉末，呈味要有濃烈的腥香或芳香，硬度適宜，且不可有長黴的現象；3.考量飼料的水中安定性；4.營養組成需均衡，至少須合於國家 CNS 規定；5.可以買不同廠牌的飼料比較其嗜口性及換肉率。

(六)飼料的保存

飼料在保存過程中，許多營養成分會隨保存時間的增長而減少其營養價及可

利用率(表 3.)，甚至引起飼料品質變壞，對養殖生物造成毒害。飼料不宜大批採購，保存過久或不當的保存狀況如：高溫、過濕、強光、及微生物等，都會引起飼料品質降低。飼料存放地點需通風良好、不可照到陽光及濕度不可過高。建議飼料貯存期限在夏天溫度 28°C—31°C 情況下，不要超過 15 天；氣候溫和的月份，氣溫約為 10°C—20°C 時，貯存期約可至 30—40 天。

(七)飼料的投餵方式

由於各種魚的習性不一或養殖戶對特定魚種飼養方式既定觀念，造成臺灣目前紛雜歧異的飼料投餵方式，而以海水魚飼料及投餵方式為最。如黑鯛、黃鰭鯛及黃錫鯛膽怯而易受干擾，除非幼苗期即馴以沉性粒狀或浮性飼料，否則其對粒狀飼料的接受度甚低，目前一般養殖戶需以粉料做成約 1 公斤的糰狀飼料並置一保麗龍的浮子於內，以為飼料攝食狀況的指標，此使得現場操作增添不少麻煩；而紅魮、七星鱸及烏魚可接受浮水性飼料或粒狀飼料投餵，因而可省卻不少人工。因此徹底了解各魚種攝食的習性及馴餌的方式，對於飼料效率的提昇及現場人力的節省是很重要的。

三、水產種苗飼料之種類

繁殖種苗需依賴如輪蟲和豐年蝦等的餌料生物，為求種苗能夠達到量產而需大量培養這些餌料生物，但是餌料生物的培养需要大量的設備及人手，因而水產種苗的人工飼料漸漸被開發出來。

種苗飼料不僅是講究營養成分、嗜口性與形態，特別是物理性狀也很重要。由於對象種類及大小不同，因而為配合種種的攝餌生態而發展出不同形狀及大小的飼料，這些飼料由用途及形態來分，大致分為四種型式(表 5.)：

(一)顆粒狀飼料

顆粒狀飼料因有許多種製造方法而有不同的形態，但具代表性的為細碎的粒狀料，是由一般的粒狀飼料或膨化飼料(相當於 EP 飼料)經碾碎過篩而成的碎粒狀飼料，或者是經由流動層乾燥等裝置造粒而成的顆粒狀飼料。一般的碎粒飼料是沈性飼料經碾碎而成，為虹鱒及銀鮭等鮭鱒類之仔魚最常用的人工飼料，也用來飼育天然採捕的香魚。這種飼料是製造費用最低廉的一種，但由於給餌時在水中的沈降速度快，保形性不佳，很不適合用來投飼體型小而游泳能力弱的仔稚魚。

膨化碎粒飼料是由 EP 擠壓而成的膨化飼料，即所謂的浮性飼料經碾碎成碎粒狀。此類飼料吸水性強且有不錯的水中保形性，沈降速度也慢，這種飼料之物性適合投餵攝餌活動還不活潑的仔魚。

另外，利用流動層裝置造粒的顆粒狀飼料，係將粉體或微粒子保持流動的狀態，再噴上明膠及澱粉溶液等粘結劑凝集造粒而成，通常約為 0.2—0.5 毫米的大小。此種飼料在造粒過程的處理溫度較低，顆粒軟而有多孔性，與前二種人工飼料比較，可得到較符合要求的顆粒。所以大多數仔稚魚人工飼料的製作均廣泛地使用此法，但與前述二種飼料相較，其製造費用較高。

(二)微粒飼料

顧名思義微粒飼料係粒子微小的飼料，通常粒徑在數十微米至二百微米左右，但有人將粒徑在一毫米以下的飼料也都稱為微粒飼料。日本鹿兒島大學的金澤列舉微粒飼料的必要條件為：1.可自由製造飼料粒徑在 10—500 微米大小的範圍；2.能自由調節比重；3.飼料營養素在水中不會溶出，且攝食後能在消化道內被消化吸收；4.充分含有仔魚所必要之營養素。

至於微粒飼料的營養成分，本來應該依照仔稚魚的營養需求量來決定，然而

不明白的地方還很多，所以目前的情形幾乎是由參考成魚的營養需求量來決定。較特別的是仔魚的脂質營養需求，目前已知的有高度不飽和脂肪酸與磷脂質，大部分仔魚會受這兩類營養素缺乏的影響，而以此類營養素強化人工配製的飼料較易於達成，且仔魚對於飼料脂質的利用也無太大的障礙，因而在飼料中添加了 EPA 油和大豆卵磷脂。另外由於仔魚消化道的分化並不完全，故作為微粒飼料的原料有烏賊、南極蝦、淺蜆及卵黃等易於消化的生鮮原料，或是脫脂奶粉和牛乳酪蛋白等成魚飼料不常用的高價原料也常被使用。另外，依據特殊物性的要求，微粒飼料有以下數種不同的製造方法：

1. 微膠囊化飼料(Microencapsulated diet；MED)

利用尼龍－蛋白、明膠、阿拉伯膠或幾丁聚醣等被覆材質將飼料原料以膠囊方式包覆起來，如此可防止營養素溶失在飼育水中，但由反面來說，飼料在消化道內可能難以溶出，除了甲殼類能夠嚼破尼龍－蛋白膠囊壁而尚可利用此種飼料外，其它仔稚魚對尼龍－蛋白膠囊飼料的利用性可能較差，故須使用尼龍－蛋白以外的被覆材質，再者，由於此種製造方法仍有量產技術的限制，目前以此方式製造仔稚魚人工飼料者並不多見。

2. 微粒粘結飼料(Micro-bound diet；MBD)

是將飼料原料經由玉米蛋白或紅藻膠等黏結劑黏結而成的飼料。為提升仔稚魚的量產化，金澤等以紅藻膠微粒粘結飼料飼育斑節蝦幼生，玉米蛋白微粒粘結飼料飼育香魚及嘉魚的仔稚魚，均獲得很好的成績。這種將玉米蛋白用 60% 酒精溶解，再與飼料原料混合液充分混合後再乾燥微粉化的步驟，與成魚飼料的製造方法大不相同。因為使用了大量的有機溶劑，有必須回收的難處，是量產上的瓶頸。

3. 微粒包衣飼料(Micro-coated diet ; MCD)

是微粒粘結飼料經膽固醇、卵磷脂或玉米蛋白等材料包衣而成，使用這些包衣材料可防止飼料營養成分溶失，且在水中有很高的安定性。其製造方法是將作好的微粒粘結飼料，再加入用有機溶劑溶解的包衣材料，攪拌均勻後即可形成包衣，再將有機溶劑蒸發即成。筆者等以玉米蛋白微粒包衣飼料取代生物餌料，飼育烏鯨及黃錫鯛均獲得良好的結果。

4. 凍結乾燥法

這種人工飼料的造製方法是將飼料原料與黏結劑依比例混合攪拌後在低溫凍結，經凍結乾燥後再粉碎過篩而成。由於整個流程是在低溫下進行，對易受熱變性之營養物質的影響較小。此類飼料添加相當量的 EPA 油及烏賊油等油脂，粗脂肪高達 20% ，而這些油脂經此種處理後幾乎沒有變質的現象。前述的微膠囊飼料、微粒粘結飼料及微粒包衣飼料是有幾個優點，然而它們的共同點是使用了有機溶劑，因而若在飼料中稍有殘留，則其安全性也難以確保，並且在量產化的場合必須加裝防爆設備，因而在製造成本上並不便宜。

另一方面，雖然凍結乾燥法的缺點為必須將大量水分揮發而增加費用，且 100 微米以下的微細粒子必須使用空氣加以分級篩選，然而由於生鮮原料的營養素損失較小，也沒有製造上的危險，本方法因而可能成為未來人工飼料取代餌料生物的主導方向。

5. 噴霧乾燥法

將懸濁溶液之液狀原料經與高溫氣流的接觸而瞬時得到乾燥的微粒，粉狀製品。此法的乾燥速度非常快，可以在較低品溫下乾燥，且可藉著改變懸濁液的濃度、噴霧條件及乾燥溫度條件等因素來控制成品的性狀，能夠連續大量處理是其

特有的優點。製品的形狀在理論上是呈球狀，可由製造的裝置選擇飼料的大小，從 10 微米到 500 微米的產品均可製得，許多市售的香魚與海水魚仔稚魚人工飼料，以及斑節蝦幼生用飼料均採用此製法。此製造方法是目前使用較普遍的方式，其缺失為加工時的溫度仍可能破壞一小部分的營養素。

(四)培養餌料生物的飼料

餌料生物並不一定是營養完全之餌料，以麵包酵母培養輪蟲時，已知其二十碳五烯酸(EPA)及二十二碳六烯酸(DHA)會不足，而經常引起仔魚的大量斃死，故以麵包酵母培養的輪蟲作為仔稚魚的初期餌料並不恰當，但若以營養強化之人工飼料投餵輪蟲 12 至 24 小時，其體內 $n-3$ 高度不飽和脂肪酸可高達將近 20%。又，海產綠藻雖含有豐富的 EPA 及各種維生素類但卻不易消化，故需將海產綠藻經破碎及酵素等可消化處理，再用來培養大型豐年蝦。

四、種苗人工飼料之使用

種苗人工飼料和活的餌料生物不同，其本身無法運動也沒有被很好的生物膜所包覆，因而人工飼料的沈降性、營養成分的溶失性及保存時的營養成分變化，都會對投餵人工飼料的效果造成極大的影響。在魚類由於仔魚的活動力並不強，故飼料的沈降性對魚的攝餌性影響甚大，而種苗人工飼料的沈降性略與飼料粒徑的指數成正比，即沈降性隨著飼料粒徑的增大而急劇加大；溶失性則因飼料的粒徑愈小，其與水的接觸面積加大而更易溶失。當然，以上兩種種苗人工飼料的物性與飼料的成分及製造方法有極大的關係，但目前對這方面的研究並不詳盡。

通常種苗人工飼料是在繁殖季前購入相當數量，再逐包拆封使用，飼料存放幾個月是常有的事，飼料在保存期間營養素的變化很大，如維生素 C 在稍高的溫度下保存有顯著減少的趨勢，並且在極短的時間內即有很大的改變；另外，即使

在 15°C 下保存三個月，飼料脂質的酸價、過氧化物價、極性脂質及 n-3 高度不飽和脂肪酸的量也略有改變的傾向，只是沒有維生素 C 那麼明顯。

至於投飼次數及投飼率，因各家廠商所製造或代理的種苗飼料規格不盡相同，各有其建議之方法，在魚苗方面，原則上以少量多餐較佳(每 1-2 小時一次，夜間關燈後不宜投餌)，以避免污染水質，且最好每天投餵 1-2 次的餌料生物。由較小飼料轉成較大飼料時，也應有幾天的混合使用，以使大小不同的魚都能吃到。另外，仔魚的投飼率比成魚高很多，其排泄物也比較多，而仔魚的游泳能力較弱，在流水下飼育較為困難，且其對水質變化的忍受力也較小，故對於浮在水面的油層和絲狀的餌料粕，以及池底的殘餌和排泄物均應設法排除，一般是以虹吸的方式為之。並應注意換水，換水量視投餌量而定，投餌量愈多換水量也愈多，通常每日的換水量平均為飼育水的 1.5-2.0 倍以上。

整體而言，無論在水產養殖或增殖的種苗量產上，以種苗人工飼料部分取代或完全取代餌料生物有其必要性。由於種苗生產的工作極為煩瑣，如何節省人力成為日本等增養殖先進國家的重要研究項目。在以人工飼料給餌的種苗生產上，人工飼料的定時與定量投予、在水面上的均勻散布、水底殘餌與排泄物的吸除以及飼育水質的穩定等項目都朝在自動化的方向改進，以期能提高種苗的單位生產量及改善種苗的健苗性。

雖然表面上看來以種苗人工飼料生產種苗的成本比以餌料生物生產者還高，但實際上其產能的提高及省力化的效果，並不會使其單位生產成本高到那裏去，更何況仔稚魚人工飼料的研究開發面還很廣，成本的降低是可期待的。據日本資料估計，如果生產和輪蟲同樣性能的人工初期飼料，其價格約為每公斤日幣五萬元；而生產一公斤乾重的輪蟲，如果加上土地、設備費、電費及人事費等費用的

話，其價格約為日幣五至二十萬元；換言之，如果有合適的設備的話，以種苗人工飼料來生產種苗，將提高數倍至數十倍的產能。

五、飼料營養與疾病

通常疾病分為由病原體寄生所引起的感染性疾病，以及由物理性、化學性的傷害或營養缺乏所致之非感染性疾病。以往在粗放式的養殖系統中，養殖對象生物可經由攝食池中微生物、動、植物而獲得營養的補充；然而在集約式養殖的場合，養殖物已無法由天然的生產力獲得足夠的營養，而須由飼料或餌料中攝取。不良的飼(餌)料無法提供養殖物成長或維持健康所需的營養成分，可能直接造成養殖物的代謝性障礙，或間接降低其抗病力導致易受病原體感染發病，最後甚而可能死亡。

飼(餌)料的品質不良或營養不均衡常造成養殖物的厭食、成長不良、飼料效率變差及死亡率升高等現象，其它可能出現的症狀有鰓組織異常、鰭糜爛、肝腫脹、脊椎彎曲、眼球凸出或白內障、肌肉萎縮、內臟病變及貧血等缺乏症。表 5. 為一些可能與飼料營養有關的水產動物生理性疾病。

"預防勝於治療"是疾病防治的第一要務，水產動物的營養狀態對其抗病力的影響已逐漸被重視，但相關的報告並不完全。水產動物的抗病力包括各種機制，其中有外表皮屏障及黏液層；非特異細胞因子，如巨噬細胞及中性球的吞噬作用；非特異性液性因子，如溶菌、補體及運鐵蛋白；特異性液性免疫與細胞性免疫。以下茲就營養素與抗病力的關係作簡單的描述：

(一)巨量營養素

有關蛋白質與碳水化合物對水產動物抗病因子的影響的報告並不多，已知投餵鯉魚低蛋白低脂肪飼料將降低其抗體力價。脂肪，特別是其脂肪酸組成決定了

細胞膜的流動性及通透性，因而和細胞膜有關的酵素、受體以及裂殖原質、抗原與調和體的鍵結等均受其影響。美洲河魴投餵魚油飼料者，其巨噬細胞功能和液性免疫反應均較投餵黃豆油或牛油者佳，尤其是在高溫 (28°C) 時更為顯著。

(二) 微量營養素

1. 維生素 C

維生素 C 由許多方式來影響抗病力：(1)其在生物體內扮演氫離子傳遞的還原劑，因而參與許多酵素的反應；(2)協同維生素 E 和硒以維持麩胺基硫過氧化酶和過氧化物歧化酶的活性；(3)維生素 C 參與羥脯胺酸的合成，而羥脯胺酸是膠原蛋白合成的前驅物，與組織的再生有關，因而在魚體急速成長或傷口治癒上需要多量的維生素 C；(4)提高補體活性；(5)在鐵的代謝上扮演重要角色；(6)改善抗體反應及其它許多免疫功能；(7)加強巨噬細胞功能。

美洲河魴攝取維生素 C 可加強其對愛德華氏菌的抗病力；而另一研究指出，飼料中維生素 C 含量為正常成長需求量的 100 倍時，可增加其抗體的產生及補體的活性。維生素 C 對嘉鱘魚的補體活性及自然血球凝集素價有重要的影響，而補體蛋白在魚體的非特異性免疫系統中有強烈溶解抗原的作用，能與抗體共同防禦外來的抗原。以 VHS 病毒作虹鱖的攻擊試驗發現，飼料中維生素 C 的添加量為 2000mg/kg 者，其活存率遠較 50mg/kg 或不添加者為高。綜合最近研究結果發現，若欲提高魚類在感染疾病時的活存率，飼料中維生素 C 的添加量應超過其正常成長的需求量，這在膽鹼和泛酸對嘉鱘魚補體活性的影響亦有類似現象(其添加量為正常需求量的 16—28 倍)；而活存率的提高似乎是由於維生素 C 對吞噬作用、補體及鐵代謝等非特異性抗病機制的影響，而不是液性或細胞性的特異性免疫反應。

2. 維生素 B₆

由於許多免疫反應需要有細胞增生和多種蛋白質的合成，因而維生素 B 缺乏時被認為對疾病的抵抗有深遠的影響。陸上恆溫動物缺乏維生素 B 時，會改變淋巴樣器官的細胞結構和內容物、抑制液性免疫反應、抑制包括細胞毒素作用在內的一些細胞性免疫反應以及減低過敏反應；而維生素 B 對魚類某些非特異性免疫機制有重要的影響，至於其機轉原理則尚不明白。

3. 維生素 A

據推測，維生素 A 對魚類防禦反應的影響可能包括細胞媒介作用或黏液層免疫。飼料中提供維生素 A 可因增加由巨噬細胞活化的淋巴細胞活素以及特異性抗體的生成，而提升巨噬細胞的吞噬作用和細胞內殺菌能力。以每日需求量的兩倍的維生素 A 投餵鮭魚，可顯著減少因白點蟲寄生而引起的死亡，這和美洲河魴一樣，可能是非特異性毒殺細胞的抗原蟲活性被提高了。

4. 維生素 E

在恆溫動物，維生素 E 因可調節前列腺素、血栓素和白三稀素，而被認為在免疫調節上扮演主要角色；另外在抵抗感染性疾病上，以吞噬作用為主要防禦機制時，維生素 E 具有重要地位。當維生素 E 劑量適當時可強化巨噬細胞的生成、趨性化和殺菌力；而維生素 E 添加量超過每日需求量時，可加強吞噬作用以及液性和細胞性免疫反應；但若維生素 E 添加過量時，細胞內以過氧化方式殺死入侵微生物的能力會降低。

虹鱒飼以缺乏維生素 E 的飼料，其吞噬作用以及 B 細胞和 T 細胞對抗原的反應降低；而在大西洋鮭方面，投予去除維生素 E 的飼料，其補體功能嚴重受損。魚類對維生素 E 的需求量與水溫以及飼料中之脂質、不飽和脂肪酸、維生素 C 、

硒和其它抗氧化劑的含量有關，故維生素 E 對魚類抗病力的影響也受上述各因素的左右，例如飼料中不飽和脂質過高時，利用在前列腺素調節作用的有效維生素 E 濃度將減少。

5. 礦物質

許多礦物質，包括鐵、硒、銅和鋅，在恆溫動物的疾病抵抗及免疫反應上有其重要性，但在水產動物方面卻少有研究。鐵對感染性疾病的抵抗有深遠的影響，一些與鐵鍵結的蛋白質，如運鐵蛋白、乳酸膽鐵質及膽鐵質，已被証實對淋巴球有影響，而鐵本身則作為免疫調節物質，也影響干擾素和前列腺素的產生，缺鐵的動物其抗體產生的機能會嚴重受損。有學者認為鐵的營養狀況影響大西洋鮭對細菌性腎臟病的抵抗能力，而投餵含鐵 120mg/kg 的飼料者的魚蟲感染比例較分別餵予 220、295 及 430mg/kg 者為低；另外在以弧菌作鮭魚的攻擊試驗發現，其死亡率隨飼料中鐵含量的增加而增加，顯示鐵含量過高將使抗病力降低。

在其它礦物質方面，分析感染細菌性腎臟病大西洋鮭的營養狀況顯示，肝臟維生素 A 以及血清鋅、鐵和銅的含量顯著較未受感染者低；而在自然繁殖的場合，增加飼料中碘和氟的含量(每一種分別為 1.5mg/kg vs 4.5mg/kg)可顯著降低細菌性腎臟病的感染。另外以細菌性腎臟病作虹鱒的攻擊試驗結果發現，飼料中添加氟者(8mg/kg)其死亡率較未添加者低(3.3% 對 20%)。

六、參考文獻

- 何仲森。(1987)。臺灣的草蝦養殖。東冠水產開發有限公司出版，287 頁。
- 呂明毅、劉擎華。(1992)。使用微粒包衣飼料取代生物餌料飼育黃錫鯛仔魚之評估。臺灣水產學會刊，19(1)：65-73。
- 呂明毅、楊順德、吳純衡。(1990)。微粒人工飼料飼育黃錫鯛仔魚之初步研究。臺灣省水產試驗所試驗報告，49：9-17。
- 呂明毅、劉擎華、吳純衡。(1991)。烏鯨仔魚餵予生物餌料及微粒包衣飼料時之評估。臺灣水產學會刊，18(4)：287-294。
- 莊健隆。(1986)。稚魚幼生之微粒子人工餌料的開發。臺灣省水產學會專集第五號(莊健隆、蕭錫延 編)，153-164。
- 莊健隆。(1987)。水產動物之飼料營養及其營養性疾病。台灣養豬科學研究所出版，78 頁。
- 楊順德、劉擎華。(1983)。仔稚魚人工飼料之開發與利用。養魚世界，80 年四月號：31-37；五月號：43-50；六月號：107-114。
- 劉擎華。(1990)。海水魚的營養與飼料。79 年飼料製造技術研習會專集：1-11。
- 劉擎華、林先釧。(1992)。大正蝦營養與飼料。大正蝦繁養殖 (農委會漁業特刊第 37 號，丁雲源、林明男、石聖龍 編)，76-106。
- 渡邊 武。(1988)。ワムシに代わる"人工配合飼料"の開發。水產世界，37(1)：106-109。
- 中山 寬、佐藤 勉。(1989)。養魚用餌付け飼料の開發の現状。養殖，308：60-64。
- 金澤昭夫。(1985)。微粒子飼料。養魚飼料－基礎と應用(水產學シリーズ，No.54，米康 夫 編)，恒星社厚生閣，99-110。

- 米 康夫。(1989)。マダいの栄養と飼料⑤ビタミン。養殖,311 : 78-82。
- Blazer,V.S.(1992). Nutrition and Disease resistance in fish. Annual Rev.of Fish Diseases,2:309-323.
- Ghittino,P.(1989). Nutrition and fish diseases. In:Fish Nutrition ,2nd.(J.E.Halver,ed.). Academic Press,681-713.
- Kearns,J.P.(1988). Preparation of fish and shrimp feeds by extrusion. Presented at The World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs,Singapore,Oct. 2-7,1988.
- Slinger,S.J.,A.Razzaque and C.Y.Cho(1979). Effect of feed processing and leaching on the losses of certain vitamins in fish diets. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology,Hamburg 20-23 June,1978.Vol. II .,pp.425-434. (Kearns,1988)

表 1. 水產動物用配合飼料之 CNS 國家標準。

	飼料種類	最低成分含量%		最高成分含量%		鈣 磷 含 量 % (暫作參考用)	
		粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	粗纖維	鈣	磷
蝦	草蝦用	35.0	2.8	17.0	3.0	4.0 至 5.0	4.5 至 4.5
	斑節蝦用	45.0	2.0	17.0	3.0	5.0 至 6.0	4.0 至 5.0
	長臂大蝦用	23.0	2.0	15.0	5.0	3.5 至 4.5	3.0 至 4.0
蟹	幼蟹用	43.0	3.2	15.0	1.5	4.0 至 4.3	2.0 至 2.3
	成蟹用	38.0	2.8	15.0	2.0	4.5 至 4.8	2.0 至 2.5
鰻	成鰻用	44.0	3.0	16.5	1.2	4.3 至 4.6	2.2 至 2.4
	幼鰻用	45.0	3.0	16.5	1.2	4.3 至 4.6	2.2 至 2.4
	鰻線用	47.0	3.0	17.0	1.2	4.3 至 4.6	2.2 至 2.4
魚	虱目魚用	24.0	3.0	16.0	6.5	1.2 至 1.4	1.5 至 1.7
	尼羅魚用	23.0	3.0	12.0	6.5	1.2 至 1.4	0.5 至 0.8
	虹鱒用	43.0	3.0	15.0	3.0	4.3 至 4.5	2.0 至 2.3
	草鱧魚用	28.0	3.0	12.0	6.0	2.5 至 3.5	1.2 至 2.2
	鱸魚用	43.0	3.0	16.0	3.0	4.0 至 4.2	2.0 至 2.2
	鯉魚用	30.0	2.5	15.0	5.0	—	—
	鰱(香魚)用	40.0	3.0	16.0	3.0	—	—

表 2. 各型飼料之優缺點比較。*

條 件	生 餌	粉 狀 飼 料	濕 式 飼 料	沉 性 飼 料	浮 性 飼 料
價格及方便性	+	++	+	+++	+++
嗜口性	+++	++	+++		++
營養添加	+++	++	+++	+	+
營養、衛生或疾病預防	+	++	+++	++	+
對環境污染之負面影響	+++	++	+++	+	
保存期限		++	+	++	++
肉質、體色及風味		++	+++	+	+

* "+"數目表優劣次序。

表 3. 飼料在加工處理、貯存及浸水時水溶性維生素之變化。

	泛酸	葉酸	C	B ₁	B ₆
打粒之減少率 (%)	0	0	17	0	
高壓擠粒減少率 (%)	0	7	32	13	
加工處理前 (mg/Kg 飼料)	337	18.2	873	55	54
粒狀料					
6 個月保藏後	243	16.2	51	51	53
減少率 (%)	28	10	94	7	2
浸漬後	206	16.2	24.9	45	46
溶失率 (%)	15	0	51	11	13
全損失率 (%)	39	10	97	18	15
浮性粒狀料					
6 個月保藏後	232	17.0	29	44	51
減少率 (%)	31	7	97	20	5
浸漬後	203	15.9	24.9	39	47
溶失率 (%)	12	7	15	13	9
總損失率 (%)	40	13	97	29	14

(Slinger, et al., 1979)

表 4. 主要種苗飼料的種類。

飼料種類	飼料形態	大小(mm)	主要對象魚種與成長階段	主要蛋白質原料
一般碎粒狀飼料	一般粒狀料經碾碎之形狀。	0.3—0.7	虹鱒、櫻鱒、銀鮭等之浮上仔魚，香魚、嘉鱨魚等之天然捕獲稚魚。	魚粉、脫脂奶粉、南極蝦粉、啤酒酵母等。
膨化之碎粒狀飼料	由 EP 膨化之粒狀料經碾碎的形狀	0.2—0.5	虹鱒、櫻鱒等之浮上仔魚，香魚、嘉鱨魚、青鮭等之天然捕獲稚魚，嘉鱨魚之人工孵化稚魚。	魚粉、南極蝦粉、啤酒酵母等。
流動層造粒顆粒	直接由噴霧乾燥之微粒子粉體經流動層造粒乾燥機製造而成之顆粒。	0.2—0.5	香魚之天然捕獲稚魚，香魚、嘉鱨魚、青鮭等以生物餌料飼育中或飼育後之人工孵化仔魚。	魚粉、南極蝦粉、烏賊粉、卵黃粉末、啤酒酵母等。
噴霧乾燥微粒子	噴霧乾燥裝置製成之微粒子。	0.05—0.4	斑節蝦之幼生，香魚、嘉鱨魚、青鮭、比目魚、河豚等以生物餌料飼育中的人工孵化仔魚。	魚粉、南極蝦粉、啤酒酵母、卵黃、魚卵、南極蝦、抽出物等。
微粒子飼料	真空凍結乾燥法、微粒粘結法等製成之微粒子。	0.1—0.2	以香魚、嘉鱨魚、青鮭、河豚等孵化仔魚及斑節蝦幼生為目標。	魚粉、烏賊粉、卵黃、冷凍烏賊、南極蝦、魚卵、魚肉、淺蜊、抽出物等。
軟膏狀飼料	軟膏狀的生鮮魚介肉經凍結而成的飼料。	—	幼鰻(白身)	魚卵、魚肉、魚粉等。
小型濕性飼料	粉末飼料與魚介類之碎肉混合，製成微小型的濕性飼料。	0.7—1.5	天然捕獲之青鮭、嘉鱨魚稚魚和其他。	南極蝦粉、烏賊粉、啤酒酵母、冷凍玉筋魚、糠蝦等。

表 5.一些可能與飼料營養有關的生理性疾病。

魚 種	疾 病	可 能 原 因
鱒魚種魚	腎臟腫瘤	1.黴菌毒素 2.營養狀況影響病情發展
鮭 魚	體色暗化	不明原因的營養性疾病
鱒 魚	腎結石	飼料中礦物質過量 (亦與水中 CO ₂ 量有關)
大西洋鱒	腺病毒樣疾病	飼料營養不均衡併發體脂堆積不良
金 頭 鯛	系統性肉芽腫	與腐敗的魚粉有關
海鱸仔魚	鰓腫大	有人認為與維生素 C 有關
歐 洲 鰻	腎臟瘤	營養不均衡
海鱸稚魚	畸 型	維生素 C 缺乏 (也可能是遺傳性疾病)
草 魚	代謝障礙	營養不均衡
鱸 魚	斷 頸	維生素 C 缺乏
黑 鯛	脊骨與嘴變型	飼料磷含量不足
對 蝦 類	黑死病	維生素 C 缺乏

圖 1. 浮性飼料製作流程之原理 (Kearns, 1988)

