第九章　種蝦的營養需求

前　　言

營養成份是天然和養殖種蝦影響其卵巢成熟的重要因素，雖然人工飼料早在1980年代即已開發出種蝦飼料，但是可靠而且能有效的使種蝦卵巢成熟的人工飼料，卻仍然無法開發出來，到現在還是靠著生鮮冷凍的天然食物提供種蝦所需的營養，以促進卵巢的發育和成熟。

過去蝦苗的來源主要是依賴野生苗或野外準備孵化的種蝦，近年來由於種蝦催熟技術確立後，蝦苗的產量才得以突破，而這些技術包括：眼柄剪除、荷爾蒙注射、移植成熟母蝦的胸腺和環境因素的控制（光週期、光强度、溫度、鹽度、水深、蓄養池大小、密度、蓄養池顏色和合適的底質），但是各項技術仍然需要生餌來提供營養；因此，了解營養－繁殖之間的關係和決定合適而有效誘導蝦類成熟的營養物質，對於解決種蝦來源缺乏和生產大量蝦苗來說是必需的，除此之外，生殖中特定營養成分所扮演的角色以及營養物質的蓄積、移轉和利用，對甲殼類生殖生理和生活史的影響均應有所探討。

甲殼類在成熟、繁殖和胚胎的發生過程中，對於營養的需求，文獻資料闕如，但底棲甲殼類的卵和仔稚期發展，其能量蓄積和生化變化則有一些數據，而端腳目卵之脂肪組成和脂肪的利用形式也有數據提出，少數的報告則是針對種蝦的天然食物來研究，至於半純化或人工飼料則少有報告，本篇將針對十足目催熟和繁殖間的營養－生化關係來做討論。

自1970年以來，誘導十足目成熟、種蝦飼料的組成和嘗試以天然餌料餵食的實驗陸續在進行著（表一）

種蝦的營養需求可從成熟母蝦的器官，例如生殖巢、肝胰臟臟和精、卵之組成和野外採集的仔稚蝦，其組成成份的變化和差異而來推測，另外也可從成熟過程中營養的代謝和卵黃生成中內分泌的變化來推測。

本篇主要目的在探討：1)．從營養－生化的觀點來探討甲殼類生殖生理的基本資料，2)．甲殼類在生殖中特殊營養的需求，3)．提供甲殼類種蝦商業飼料組成和營養需求的應用與展望。

甲殼類生殖週期：營養的觀點

甲殼類第一次成熟的年齡，從四個月至六年不等，在卵巢發育時如果營養缺乏，可能導致卵數目減少、卵徑小和孵化率降低，並且我們知道當動物

攝食品質不好的飼料時，往往會造成不孕，因此在長期維持動物繁殖和基因庫的延續下，營養是重要的因素之一。

生殖內分泌：

甲殼類生殖和卵巢成熟是由類固醇、peptide 和 terpenoid荷爾蒙所促成和控制，甲殼類生殖內分泌機制包括：內心泌結構、生殖與脫殼荷爾蒙和甲殼類生殖荷爾蒙的製造與釋放，這些機制受到環境因素如溫度和光線，與內在因素如發育階段、脫殼週期、能量和營養蓄積所調控，在野外脫殼週期和成熟週期，對季節性食物量和質的變化，有著相同步調的關係，所以眼柄剪除誘導種蝦成熟，必需考慮營養和能量的提供。

另一個以營養爲考慮因素的是，類固醇的合成是以膽固醇爲前趨物質，通常甲殼類無法合成膽固醇，因此膽固醇的攝取和已存在體內的膽固醇，爲提供固醇類荷爾蒙的來源。有證提指出某些組織具有代謝固醇類或合成固醇的能力：1)．丫器官合成脫殼殼激素如 α 和 β-ecdysone ，另外肝胰臟也有可能合成 β-ecdysone；2)．雄性腺（專指雄性）的發展，維持雄性特徵和造精活力；3)在生殖組織中發現有脫殼固醇，但是在生殖上的作用不明。

最常使用誘導母蝦成熟的技術是眼柄的剪除，在眼柄基部的sinus gland 是生殖抑制荷爾蒙 (GIH)、 脫殼抑制荷爾蒙(MIH)和其他神經內分泌的分泌腺體所在 ，雌甲殼類中 GIH 抑制二次卵黃生成與卵黃素的合成。卵黃素的合成在卵巢、肝胰臟和其他的組織如腹部的皮下組織、結締的皮下組織和脂肪的皮下組織，但是肝胰臟和卵巢是否爲 GIH 的標的器官 ，則需要進一步的研究。眼柄的切除促進卵塊的增加，是因爲初級和次級卵黃形成的累積，同時眼柄的切除也除去了控制脫殼的 MIH，然而十足目的生殖特徵是”孵化前之脫殼”，但是卻沒有資料證實卵黃生成與脫殼荷爾蒙間之關係。

成熟

性成熟分很多程序，分別爲：1)．生殖細胞的發育，2)．卵細胞、精細胞的生產，3)．雌性初級和次級卵黃生成（內生性和外生性卵黃蛋白的產生）。

生殖腺指數 (GSI) 主要是用來測定甲殼類生殖腺成熟程度的指標，而 GSI = 生殖腺重 / 體重 * 100。雌甲殼類中當成熟來臨時 GSI 會顯著的增加，而孵化後則明顯的下降。

生殖腺的發育

Ovogenesis 爲卵巢組織的發育 ，卵巢的組成和重量的改變目前已有研

究報告。卵巢組織的發育和卵黃形成通常沒有劃分清楚，定義上應將卵巢或卵子的發育，也就是卵巢經由吸收和胞飲作用蓄積營養和無法讓有機營養滲透的孵化卵區分開。

生殖細胞的發育

卵的發育是經由卵到初級卵黃生成期的連續程序，卵的發育步驟列於表二。

某些甲殼類卵巢的發育其所含的卵，是在不同發育階段和卵黃生成下產生的，另外其他的甲殼類，它的卵巢發育則是以同步進行，雖然十足目產生大量的含卵黃卵，但是卵黃的量和胚胎發生的期間與孵化後幼期的發育有明顯的關係，所以卵母細胞發育的數量和母親的營養狀況有直接的關係。

卵黃形成

卵黃的形成包括有卵黃囊前趨物的產生（卵黃素VG）和脂卵黃蛋白(lipovitellin, LV)以及卵細胞同時累積卵黃囊的有機和無機的組成 。卵一般由二部份構成；主要爲卵質 (ooplasm) 和卵黃 (vitellus)，他們被包在卵膜(chorion) 內，卵質含有粒腺體和皮質粒，其上有卵母細胞之高基氏體和粗內質網所製造的醣蛋白，而中性脂質可由高基氏體和光滑內質網合成，或由肝胰臟中的血淋巴脂質，即高密度脂蛋白 (HDL) 累積而來 。卵黃被卵黃蛋白膜包起，主要的成份是水和水溶性物質（包含醣蛋白）和有機與無機化合物，有機化合物主要是蛋白質和脂質，分別佔卵粒重的 24 和 22 %，另外少部份爲類胡蘿蔔素、碳水化合物、游離胺基酸、醣和核甘酸。除了卵黃蛋白外，卵黃也由簡單的蛋白質和高基氏體與粗內質網合成的醣蛋白組成。

在自然界中，初期卵黃形成須要好幾個月，主要在卵質中粗內質網和高基氏體形成卵黃醣蛋白的過程，其卵徑的加大很慢。次級卵黃形成期以 LV 的急速蓄積爲主，卵母細胞能產生 LV 分子 3 至 5 個單位，並且組合 LV 分子，而脂溶性部份包括有磷質膽鹼、磷質乙醇胺、類胡蘿蔔素和碳水化合物。

次級卵黃形成期，卵母細胞發育由絨毛自血淋巴吸取大量的卵黃素前質(VG) 之後，卵徑才急速的增加並且產卵。卵黃素前質是一種類胡蘿蔔糖脂蛋白 (carotenoglycolipo-protein) 存在成熟的雌蝦體中，也可稱做特殊－雌－蛋白質 (FSP)，在卵巢成熟過程中，血淋巴中主要是以 HDL 循環爲主，VG 由五個次單元所構成，它被視爲卵巢外生型的卵蛋白前質。

在十足目甲殼類中 VG 是由肝胰臟的 vitellogenocyte 所產生，肝胰臟合成最大量的 VG 與卵母細胞的胞飲期一致，之後其合成的下降與、卵

巢對 VG 的吸收″下降是一致的，並且當卵母細胞成熟時其胞飲速度降低，因此可以預測肝胰臟和卵母細胞是〝荷爾蒙因子調節生殖的標的器管″。

營養一生殖交互作用：

營養所扮演的角色

甲殼類胚胎和攝食前的幼生是 lecithotrophic ，也就是他們的營養源主要由卵黃囊所提供，卵黃營養的質和量取決於母親的體質、合成營養的能力和成熟期間食物的攝取，明瞭這些因素之後，才能調配出有效的種蝦配方和餵飼方式，在第二卵黃生成期卵的品質和餌料有關，種蝦的營養必須增加能量的提供和合適的營養成分，以符合生合成的代謝和營養成份的流通，來轉換成生殖腺、卵子和卵黃，此時飼料要能提供胚胎發育期和早期仔稚期發育，獲自卵中所供應的必須營養成份。

以眼柄剪除誘導卵巢成熟，可加速荷爾蒙和代謝的改變，並且刺激卵巢的發育，卵立即進入生合成和能量的蓄積，此時需要內在營養物質的流通，以及本身無法合成需由外界的補給。自然環境下，在營養不足的情況下，無法達完全成熟或是成熟率會趨於緩慢，相反的眼柄剪除後所誘導出的荷爾蒙改變，可無視營養狀態而進入成熟期，所以眼柄剪除後飼料的攝取，不能提供給種蝦使之完成營養蓄積，所以眼柄剪除前的甲殼類營養狀況，對於成功的成熟與孵化是一個重要的關鍵，以組織學比較剪眼柄和不剪柄草蝦的卵巢、卵細胞和肝胰臟細胞，並未因眼柄的剪除而有改變，但是檢查卵巢的卵黃前質可知，眼柄剪除影響肝胰臟蓄積的營養移轉至卵巢。

能量

食物中的能量和本身所含的能量，必須超過它所需維持生命和活動所需的能量，才能供應其成長、脫殼或生殖。一些甲殼類如印度蝦(P. indicus)只要能量和營養的需求符合所需，加上環境狀況適當，生殖腺的成熟和生長可同時進行，但是另一些甲殼類如淡水蝦在生殖期則不成長，而且還可見到雌蝦進入性成熟時，本身的成長反而下降。

飼料中的碳水化合物，脂質和蛋白質均勻的被甲殼類利用做爲能量，然而這些基質的利用率和最適飼料的平衡，則隨甲殼類種類的不同而有所差異。*Palaemon serratus* 在胚胎發育期，卵黃蛋白被氧化爲能量並且轉換進入胚胎組織，這可由卵中的蛋白質減少 25 %得證。

生殖和生殖腺的成熟過程中，必需增加生合成的工作例如脂肪、蛋白質

、碳水化分物和核酸來產生基因物質 (DNA)，生殖腺、卵子和卵黃也必須消耗大量的能量，因此成熟的雌雄甲殼類的能量代謝需求，是一個重要的領域，但至今仍未有報告發表，此外促進卵黃生成的有效能量來源必須確立，如此的知識必先建立在了解非生殖期的能量需求。

脂質

脂質在十足目甲殼類的生化，代謝和生殖扮演一重要角色，中性脂質也就是三甘油脂是主要的能量來源，而且是成蝦和仔稚期攝食前的主要能量儲藏源，一旦需要提供能量時，脂肪酸被酵素分解，可自甘油骨架上解離，在血液中爲蛋白質攜帶、活化而進入粒腺體，在其內以 β － 氧化生成乙烯 CoA ，再進入 TCA 循環而生成能量。

十足目的肝胰臟是脂肪累積的場所，而成熟期的卵巢則成爲另一脂質代謝的中心，成熟的卵巢所蓄積的脂質主要是來自肝胰臟的，卵巢的脂質提供卵子生成和卵黃生成的生合成能量來源，並且被發育中的卵子吸收和蓄積，中性脂質蓄積在油球中，主要物質爲非必需脂肪酸如 16:0 或 n-9 系列的脂肪酸。

磷脂質和固醇類是細胞膜組成和細胞質內的重要結構，具備特殊生理功能，磷脂質在血淋巴中是脂質主要的運輸形式，在高密度脂蛋白中佔有 87-88 %。

飼料中的中性和極性脂質被肝胰臟分泌的脂肪酵素分解而吸收 ，分解的游離脂肪酸 、單一三甘油脂 (MG) 和 isophospho-glycerides (LP) 是中腸腺上的表皮細胞所吸收，被吸收的三甘油和脂肪酸再轉換成磷脂質，再與蛋白質結合成爲高密度脂蛋白而進入血淋巴。

關於卵巢中的脂質在成熟過程所扮演的角色，必須了解以下的二個問題：

(Ⅰ)發育中的卵巢所增加的中性和極性脂質來自何處？

a) 在肝胰臟中蓄積的可轉移脂肪：
三甘油脂和必須脂肪酸

b) 成熟期間肝胰臟生合成和外送的非必需脂肪酸

c) 卵巢中生合成的三甘油脂

d) 卵子直接自飼料中吸收和利用脂肪酸

e) 必須脂肪酸前趨物質的去飽和與鏈的加長作用

(Ⅱ)以上作用對急速誘導成熟有何影響？

在誘導成熟過程中，肝胰臟蓄積的脂質移轉到卵巢，這在斑節蝦餵以同

位素標定的脂肪酸 C16:0 和 C18:3n-3 中得知，標定的脂肪酸主要分佈在肝胰臟中的磷脂膽鹼、游離脂肪酸和肌肉中的磷脂膽鹼。經過五天的標定的脂肪酸在肝胰臟中減少，而在卵巢中增加 ，標定的 n-3 脂肪酸主要在磷脂質中出現，而標定的 16:0 則出現在三甘油脂中。

以剪除眼柄誘導成熟，其卵巢有脂肪的蓄積，日本的研究學者證實眼柄切除後卵巢中的脂肪較眼柄完整的蝦多十倍，並且肝胰臟的脂肪也下降。然而肝胰臟中總脂質下降的原因，可能是由於成熟時生合成活性的增加或是剪眼柄誘導代謝活性的增加，例如，日本的研究學者指出斑節蝦經眼柄切除後，飼料消耗量爲沒有剪除眼柄的二倍。

從印度蝦卵巢、肝胰臟、血淋巴和肌肉，在卵黃生成期中脂肪的變化，我們可以發現肝胰臟中的脂肪只提供小部份給卵黃生成，然而飼料中的脂質則迅速的從肝胰臟輸送到卵巢，肝胰臟之中性與極性脂質的消耗，並不能造成血淋巴中極性脂質和卵巢脂質的增加（圖一）。

血淋巴中高密度脂蛋白含量最多的脂質爲磷質膽鹼（80-85%）、脫脂酸磷質膽鹼（1%）、磷脂乙醇胺（3%），三甘油脂（5-8%）、膽固醇（3-4%）和精神磷脂質（2-3%）。

n-3 高度不飽和脂肪酸在極性脂質中的含量大於在中性脂質中的含量（20:5n-3,10-12% 比 3% 22:6n-3,12-15% 比3%）然而三甘油脂含有飽和與單烯不飽和脂肪酸 (16:0 和15:1n-7,27-29% 和 10-15% 比之 13-16% 和 5-9% 在極性脂質中)。

必須脂肪酸

研究學者發現卵巢脂質中的20:5n-3和22:6n-3含量比肝胰臟中之含量高。在生殖組織中含多量的n-3和n-6高度不飽和脂肪酸，這些脂肪酸對甲殼類是必需的，同時飼料中的脂肪酸影響生殖腺和卵的脂肪酸組成，但是種蝦飼料所含的n-3和n-6高度不飽和脂肪酸不能過度强調，必須由實驗來決定飼料中能添加多少適當的量，以及決定合適的n-3和n-6在飼料中的比值，假如過度强調n-3 脂肪酸在種蝦飼料中的重要性，可能導致n-3和n-6在飼料中不均衡比值而造成負作用。18:2n-6轉換成20和22 碳的脂肪酸必須經過鏈的加長和不飽和的作用，不飽和酵素 (desaturase) 在18:3n-3 上的親和力較n-6系列脂肪酸的親和力强 ，所以在多量的18:3n-3競爭此酵素的結果 ，會抑制18:2n-6轉換成n-6系列脂肪酸，尤其是降低花生烯酸(20:4n-6)的合成，飼料中18:2n-6的量可符合最低的需求，但是飼料中18:3n-3 的加强可能導致〝相對的過量〞而造成不良的影響。

草蝦卵巢中脂肪在成熟的第二期顯著的增加，脂肪含量在第三期達最高量，並且維持到第四期，脂肪含量的增加與肝胰臟中脂肪的減少剛好一致（表三）；通常野生種蝦卵巢中的脂肪酸含量可以反應出在飼料中的營養需求，或是胚胎發育中的轉換，表四爲野生草蝦卵巢各時期之中性與極性脂肪酸的組成，卵巢成熟自II至IV時期之極性脂質量增加，然而其高度不飽和脂肪酸則呈相反的趨向，肝胰臟中的中性脂質則較極性脂質含量高（表　五），在第VI期卵巢極性脂質的高度不飽和脂肪酸量的下降，反應出其轉換成其他的物質或使用成爲能量。

膽固醇和其他的固醇

膽固醇爲細胞膜上的重要物質和其他類固醇荷爾蒙的前趨物，龍蝦卵巢可將膽固醇轉換成類固醇荷爾蒙，因爲甲殼類無能力合成類固醇環，因此膽固醇爲一必須的營養素，所以肌肉、肝胰臟和生殖腺所蓄積的膽固醇主要來自飼料。

甲殼類的生殖中，膽固醇提供很多的功用，蝦卵巢中主要的脂質之一爲游離固醇類，隨著卵巢的成熟，卵巢中之固醇類含增加，佔總卵巢脂質之6.4-22%,伴隨而來的肝胰臟中膽固醇的減少可知肝胰臟所貯藏的膽固醇轉移到卵巢中膽固醇，日本的研究學者以C 標定的膽固醇注射到斑節蝦中然後分析卵巢成熟時組織的吸收，結果發對於C 的膽固醇進入組織中並無差異，卵巢所顯現之同位素最高，因此可以知道卵巢是膽固醇代謝的主要地方，但是在生殖季節肝胰臟方是膽固醇代謝的主要部位，膽固醇可轉移到卵巢中，丫器官是膽固醇貯藏的第二高器官，丫－器官自血淋巴中獲得膽固醇而用來合成脫殼激素 (ecdysteroids)。

蛋白質和含N之非蛋白質化合物

飼料中蛋白質所含的必須和非必須胺基酸，提供肌肉、結蹄組織和血淋巴蛋白質等構造蛋白質的合成　，其中包括 peptide　荷爾蒙、酵素和卵黃素在成熟和生殖過程中是非常重要的，飼料蛋白質提供氮源以合成輔脢和遺傳物質（核酸和核甘酸），同時也可做爲能量源。

成熟過程中，卵巢的蛋白質量會增加，且蛋白質對卵黃素前質和卵黃素的合成相當的重要。卵黃素中的蛋白質比脂肪爲 2:1，蟹 (Crcinus maenas) 在成熟時期之卵巢和肝胰臟中的胺基乙碳酸(taurine) 爲卵子代謝所必須，商業化的成熟飼料含　33　至40%　蛋白質，然而後期幼蝦和稚蝦需要40到45%的蛋白質　，成蝦需要36到38%的蛋白質　(表六)，當生殖腺成熟和生殖期時，爲密集生合成之時期，可以預知在此時期蛋白質的需求量比在非生殖期時

高，研究學者建議商用飼料之胺基酸組成應符合最適的天然食物之胺基酸組成，因此種蝦飼料的組成份應符合胚胎和攝食前之稚蝦與親蝦的代謝需求，所以野生種蝦的卵巢、卵和稚蝦之胺基酸組成應分析並和成蝦的組成份比較，此一比較可見表七，例如幼苗較稚蝦和成蝦有較低的精胺酸和較高的苯丙胺酸，假如可能時，飼料中的某些必須脂肪酸必須符合胚胎和幼苗發育所必需，而將其添加在種蝦飼料中，以符合成蝦的胺基酸組成。

碳水化合物

飼料中的碳水化合物對甲殼類而言並非必須的，多醣類如澱粉，糊精添加在飼料中充當便宜的能量源，有節約蛋白質的功用，他們也可充當黏著劑，飼料中單醣可迅速被吸收，但利用率差，高劑量時反而抑制成長，醣水解酵素存在肝胰臟中，多量的飼料中碳水化合物會抑制醣水解酵素的活性。

碳水化合物在肝胰臟和肌肉中以肝醣的形式貯藏，在體內做爲能量產生和非必須胺基酸的中間代謝前軀物，在成熟過程中可被轉化成核酸和卵巢色素。而在葡萄糖胺合成一種幾個質的前軀物，也就是甲殼類外殼的主要組成，碳水化合物也扮演重要的角色。

類胡蘿蔔素

類胡蘿蔔色素在甲殼類中以很多的形式存在：1).游離色素，2).大分子如幾丁質結合和3).非鍵結但與蛋白質和碳水化合物在一起的複合物，甲殼類和其化的動物一樣，無法合成類胡蘿蔔素，類胡蘿蔔素自飼料中吸收並直接貯存或代謝成其他的形式，類胡蘿蔔素對甲殼類的營養價和其需求量仍未知，但在性成熟時蓄積在卵巢、卵的色素及早期成熟期游離和酯化的類胡蘿蔔素累積在肝胰臟中，類胡蘿蔔素的量和形式的累積是由很多的因素來決定的，包括：1).季節的改變，2).飼料中可利用的類胡蘿蔔素，和3).溫度。蝦經眼柄剪除後 ，β －類胡蘿蔔素轉換成和貯存爲蝦紅素 (astaxanthin) 的能力較變成爲 (anthaxanthin) 更爲有效率。

在二次卵黃生成期，類胡蘿蔔素自肝胰臟轉移到卵巢，是與高密度脂蛋白結合在血淋巴中輸送，胡蘿蔔醣脂蛋白是卵子以胞飲作用吸收，卵巢的顏色變得明顯，並且可做爲成熟程度的指標，顏色的變化隨類胡蘿蔔素的累積和與醣蛋白或脂蛋白複合體的形成有關，卵和十足目甲殼類卵巢的主要色素爲蝦紅素，其他的色素則有β －胡蘿蔔素和卵磷脂。

血淋巴輸送物質的過程中，類胡蘿蔔素的功用爲 1).在卵中做爲抗氧化物或光線的蔭蔽，2).保護營養素的貯存，3).保護胚胎免被太陽的輻射；卵子的類胡蘿蔔素爲色素的貯存所，可做爲爲胚胎和稚蝦形成色素細胞、眼點或

維生素A的前驅物；因爲飼料爲甲殼類類胡蘿蔔素的唯一來源，種蝦飼料中添加類胡蘿蔔素可影響卵質、幼苗活力和生存能力。

維生素和礦物質

對於甲殼類種蝦的維生素與礦物質營養有一些問題必須先提出：

1.雌雄種蝦成熟期時額外需要什麼？

2.卵子中的維生素與礦物質含量，要多少才足夠提供胚胎的發育與早期幼苗成長？

3.維生素和礦物質傳遞入卵子的途徑與機構是什麼？

4.脂溶性和水溶性維生素如何的不同？

5.假如種蝦飼料中的維生素和礦物質量增加，是否造成卵量的增加？

6.是否維生素和礦物質的互相干擾而影響其吸收與代謝，種蝦飼料中最適的平衡是否影響生殖腺與胚胎的發育。

〈一〉. 脂溶性維生素

維生素E對於魚類的生殖腺成長與孵化率很重要，它主要的功用是抗氧化作用，保護細胞以免被自由基的氧化，維生素E缺乏造成鯉魚卵巢發育緩慢，和降低香魚的孵化率和孵化後的活存率。

維生素D在甲殼類可調節鈣和磷的代謝，主要功用爲吸收和貯存鈣在甲殼上。

維生素A的作用在生殖過程如精子生成、卵子生成和胚胎的發育與體的成長。維生素A在甲殼類中含量的變化，可反應出飼料中含量的變化，而類胡蘿蔔色素是維生素A的前驅物，可幫助滿足在維生素A上的需求。

〈二〉.水溶性維生素

飼料中通常含有維生素B1、B2、B6、泛酸、肌醇、膽鹼、葉酸、菸鹼酸、生物素、維生素C和B12　等這些水溶性維生素，而這些維生素在甲殼類代謝過程中的所扮演的重要性和角色，至今仍未能很明瞭；維生素C可充當做抗氧化劑與合成膠質的輔酵素，它同時可調節或合成在卵巢濾泡細胞上的生殖荷爾蒙，有很多報告證實種魚飼料缺乏維生素C時會影響其卵的孵化率和稚魚的活存率。一種新發展出來的維生素C，MAP (Mg-L-ascorbyl-2 -phosphate) ，爲一種在製造過程中貯藏和在水中更穩定

的形式，被證實可更有效的取代在斑節蝦飼料中的L-維生素C，種蝦飼料中維生素C的效力，包括在卵子中的蓄積和它對胚胎發育與孵化率的影響都必須進一步研究調查。

〈三〉.礦物質

水中動物的礦物質營養相當的複雜，乃因它可自水中吸收礦物質經過鰓的表皮細胞和小腸黏膜細胞進入體內，此外維生素的量和礦物質的吸收間，彼此的干擾可能影響生殖腺的發育。

礦物質的缺乏或不平衡尤其是大成分以二種方式影響甲殼類生殖：1). 生理上的壓抑可激發卵子的再吸收或其他減少種蝦生殖的適應性，如造成電解質的不平衡，2). 礦物質的缺乏而改變卵的品質與組成，進而間接影響胚胎發育、卵的孵化率和幼苗的活力。

雖然甲殼類可自環境中吸收礦物質，但飼料中仍需含有足量的微量元素，甲殼類飼料中必須有的大成分如Ca、P、Mg、Na、K和Cl，以及微量元素如Fe、Cu、Zn、Mn、Se 和 Co；微量元素Li通常沒有添加在飼料中，但是Li在生殖期可調節酵素活性，另外從雌蝦中Li含量較雄蝦高來看，Li可能和雌性生殖代謝有關。研究學者認爲在對蝦飼料中的 Ca & P 不應分別超過 2.8%和1.8%，並指出 Ca:P 的比值應在 1:1 到 1.5:1 之間。

分析生殖腺，卵子和剛孵化的幼苗中之礦物質含量可以來評估高灰分含量的飼料對生殖的影響，並可決定合適的種蝦飼料中礦物質的含量。

結　論

甲殼類種蝦飼料必須符合親蝦的營養需求，另外商業化的甲殼類種蝦飼料的目標是：1).促進成熟，2).加强受精和促進交配，3).改進卵質、卵量和下一代的活存力來增加生產率。

評估甲殼類生殖的指標可以參考表八，這些指標可用來評價種蝦飼料的效力，因爲整體生殖的控制包括選擇有繁殖能力的雄蝦或人工飼養的成熟雄蝦，另外雄蝦的營養一生殖間之關係也應一併考慮進行調查。

90年代可提供很多的研究領域來挑戰和研發甲殼類的生殖和營養。藉多項的研究和完整的資料可讓我們更明確的了解種蝦的營養需求，和配製種蝦飼料來完成在人工環境下更有效、更經濟的控制甲殼類的生殖，此外，更可明白環境、生理和生化因素在野外如何來影響生殖腺的完整發育。

表一． 不同種類餵食的食物

甲殼類	誘導成熟的食物	餵食方法
淡水蝦 (M. rosenbergii)	新鮮貽貝 + 冷凍蝦肉	每天 一週一次
龍　蝦 (Panulirus argus)	新鮮蟹肉 + 冷凍魚	每天
印度蝦 (P. indicus)	烏賊肉 + 貽肉 + 人工飼料	每天
斑節蝦 (P. japonicus)	文蛤 1.文蛤 2.人工飼料 文蛤 + 蝦粉 3.人工飼料 + 蝦粉	每天，4%體重 每天，2%體重 每天 每天二次 每天二次
草　蝦 (P. monodon)	1.冷藏貽貝 2.新鮮貽貝 + 冷凍蝦肉 3.冷凍蝦肉 人工飼料	每天4.5%體重 每天 每天二次3.5%體重 每天二次2.5%體重
大正蝦 (P. chinensis)	新鮮貽貝 + 冷凍蝦肉	每天一次
P. semisulcatus	冷凍豐年蝦 冷凍魚肉 + 冷凍蝦肉	早上餵食 晚上餵食
P. setiferus	牡蠣 + 人工飼料	每天3%體重
P. vannamei	人工飼料 + 冷凍烏賊肉 + 紅筋蟲	每天二次

表二・十足目甲殼類卵細胞發育過程中，營養累積的位置

卵母細胞發育階段	發育	營養代謝的位置
減數分裂前期	1)初級濾泡膜卵附近出現 2)可見染色體	肝胰臟中蓄積營養
卵黃生成前期	1)初級濾泡在卵附近 2)染色體消失 3)第一次增大卵徑（慢） 4)核醣體儲存 5)粗內質網和片段發育	卵母細胞合成和累積蛋白質
初級卵黃生成	1)初級濾泡在卵附近 2)繼續第一次增大卵徑（慢）	卵母細胞合成醣蛋白 卵母細胞合成脂卵黃前質
次級卵黃生成	1)次級濾泡出現 2)卵黃前質和微細絨毛形成 3)第二次增大卵徑（快） 4)顏色形成	外生性卵黃合成 卵黃素的胞飲和類胡蘿蔔素的累積 內生性卵黃合成

Table 3. Mean ± standard deviation percentages of tissue lipid of wild females at different stages of maturation and mature males of the prawn P. monodon. (N) = number of prawns analyzed per pooled sample.

	Lipid content (% dry weight)		
Ovarian stage[1]	Hepatopancreas	Muscle	Gonad
I(6)	23.42±1.53[a]	2.82±0.27[a]	5.80±1.59[b]
II(6)	23.44±3.88[a]	2.72±0.13[a]	15.20±2.92[a]
III(5)	17.63±4.11[b]	2.57±0.10[a]	17.00±0.87[a]
IV(5)	25.20±3.50[a]	2.84±0.33[a]	15.90±1.64[a]
V (5)	15.72±3.70[b]	2.17±0.19[b]	7.70±0.20[b]
Male(6)	46.20±1.53	2.80±0.16	3.20±0.10

[1] I (immature ovaries), II (early maturing ovaries), III (late maturing ovaries), IV (fully mature ovaries), V (spent ovaries) according to Primavera (1983).

[a b] Means with the same superscript are not significantly different at $P < 0.05$ by multiple comparison anaylsis.

Table 4. Relative percentages of selected fatty acids of the neutral and polar lipids of the ovary of wild P. monodon Broodsteck.

	Neutral lipid					Polar lipid				
	Ovarian stage					Ovaroam stage				
Fattu acid	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
16:0	17.4	15.6	22.7	19.8	23.5	18.3	11.3	16.2	19.5	13.0
16:1n-7	30.6	24.5	32.8	23.1	25.5	18.4	15.8	16.5	25.6	17.6
18:0	5.1	4.9	3.9	4.2	3.9	6.1	4.6	5.8	5.4	4.5
18:1n-9	28.6	33.2	26.5	31.8	24.5	34.5	30.6	32.8	35.9	37.7
20:4n-6	4.1	2.5	2.1	2.5	6.3	6.3	10.8	7.0	2.5	12.3
20:5n-3	6.9	2.4	2.3	4.6	8.9	8.9	9.6	9.5	2.9	9.3
22:6n-3	3.0	1.7	1.4	2.3	3.7	3.7	7.0	3.9	2.7	4.4
Total PUFA	14.0	6.6	5.8	9.4	18.9	18.9	27.4	20.4	8.1	26.0
Percent of total lipid	54.54	68.8	52.4	36.8	45.5	45.5	31.2	47.6	63.2	37.5

Table 5. Relative percentages of selected fatty acids of the neutral and polar lipids of the hepatopancreas of wild P. monodon Broodsteck.

	Neutral lipid					Polar lipid				
	Ovarian stage					Ovaroam stage				
Fattu acid	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
16:0	20.4	15.5	16.8	19.9	14.0	10.6	11.4	16.7	16.9	8.6
16:1n-7	31.6	25.1	21.4	28.2	25.4	13.7	16.1	32.1	17.6	21.9
18:0	9.4	11.2	10.0	6.9	9.9	7.7	9.7	3.3	5.5	11.9
18:1n-9	24.3	27.4	24.5	25.9	25.6	27.1	38.6	30.5	21.9	27.8
20:4n-6	2.9	3.5	6.3	3.1	7.9	18.4	2.5	4.9	8.7	13.1
20:5n-3	3.4	4.6	8.1	3.5	9.6	11.9	1.9	5.7	7.9	10.0
22:6n-3	2.0	1.4	4.3	0.6	5.0	5.6	1.9	1.4	4.0	5.4
Total PUFA	8.3	9.5	18.7	7.2	22.5	35.9	6.3	12.0	20.6	28.5
Percent of total lipid	62.5	66.7	71.5	66.7	66.7	37.5	33.3	28.5	33.3	33.3

摘自Millamena, O. M. and Pascual, F. P. (1990) J. of World Aquaculture Soc. 21:116-121.

Table 6. Commercial broodstock diet formulations for Penaeid shrimp. values are % composition (dry weight basis). recalculated from product descriptions. HUFA are highly unsaturated fatty acids.

	Diets*[1]			
Components	A	B	C	D
Protein	22	36	34	57
Lipid	3	11	13	14
Ash	13	13	8	13
Fiber	N/A	4	4	N/A
Moisture	33	10	16	6
HUFA	~1	N/A	N/A	N/A

Table 7. Amino acid profiles of the components or whole bodies of selected decapod crustaceans[1]. The asterices indicate essential amino acids. LV is lipovitellin.

	Palaemon serrotus	Penaeus monodon			Pachyghapsus	Procambarus	Penaseis Japonicus
	Egg	Zoea (whole)	Juvenile (whole)	Adult (muscle)	LV	LV	LV
Amino Acid	%	Weight %	Weight %	Mole %	Mole %	Mole %	Mole %
Alanine	5.8	5.4	5.0	4.9	8.0	7.5	9.0
Argininne*	5.9	5.9	6.6	8.3	3.3	6.2	5.2
Asparic Acid	9.5	8.4	8.4	8.8	9.9	8.5	9.2
Cystine	N/A	0.9	0.8	0.6	0.0	0.9	16.8
Glutamic Acid	13.2	11.4	13.2	14.0	12.1	8.2	16.8
Glycine	7.0	5.1	6.7	4.9	6.2	5.3	9.7
Histidine*	2.9	1.8	2.0	1.9	1.4	3.2	2.0
Isoleucine*	6.1	3.6	3.7	3.9	5.7	6.1	4.5
Leucine*	9.0	6.2	6.3	6.6	10.9	8.0	7.1
Methionine*	2.6	2.1	2.3	2.3	0.0	2.4	3.6
Phenylalaninne*	3.9	3.8	3.5	3.2	4.3	4.7	3.7
Proline	4.5	3.5	3.3	3.3	6.3	4.5	N/A
Serine	6.2	3.6	3.4	3.0	10.6	8.8	6.8
Threonine*	5.0	3.3	3.3	3.2	6.3	5.7	5.9
Tryptophan*	N/A	0.7	0.9	1.1	N/A	N/A	N/A
Tyrosine	2.9	3.8	3.2	3.2	2.7	3.8	2.0
Valine*	7.4	4.3	4.2	4.2	8.0	7.1	6.3
Author	Richard[2] (1982)	Penaflorida (1989)			Lui & O'Connor (1977)	Fyffe & O'Connor (1974)	Vazquez-Bouicard (1986)

[1] See also Zagaksky (1972) for amino acid profiles of carotenoproteins of several species of crustaceans.

[2] Cited in Vazquez-Boucard et al. (1986)

Table 8. Criteria for evaluating reproductive performance in crustaceans.

A. criteria for assessing egg quality	B. criteria for assessing sperm quality*1	C. criteria for assessing offspring	D. Overall reproductive performance
1. Eggs per spawn: fertile eggs per spawn 2. Egg size or weight 3. embryo development rate 4. Time to eclosion 5. percent hatch rate (hatchability)	1. Spermatophore weight 2. extermal condition of the spermatophore 3. Sperm count 4. Percent live sperm	1. Nauplii (or larvae) per spawn 2. Number of potential nauplii (or larvae) per female per month*2 3. Healthy nauplii a) growth or developmental rate b) molt increment c) molt interval 4. Naupliar development rate 5. Protozoea 1 length 6. Percent metamorphosis to zoea 1	1. Sexual precocity (age to first maturation). 2. Successful mating (fertilization rate) 3. Spawning index (number of spawns per female per month) 4. Fertile spawns 5. Rematuration and repeat performance

1 From Leunq-Trujillo and Lawrence (1987)

2 Galgani et al. (1989)—this corresponds in theory to the number of fertile and viable eggs (Primavera and Posadas. 1981) likely to hatch into nauplii "in practice, the actual number of nauplii is less than the theoretical".

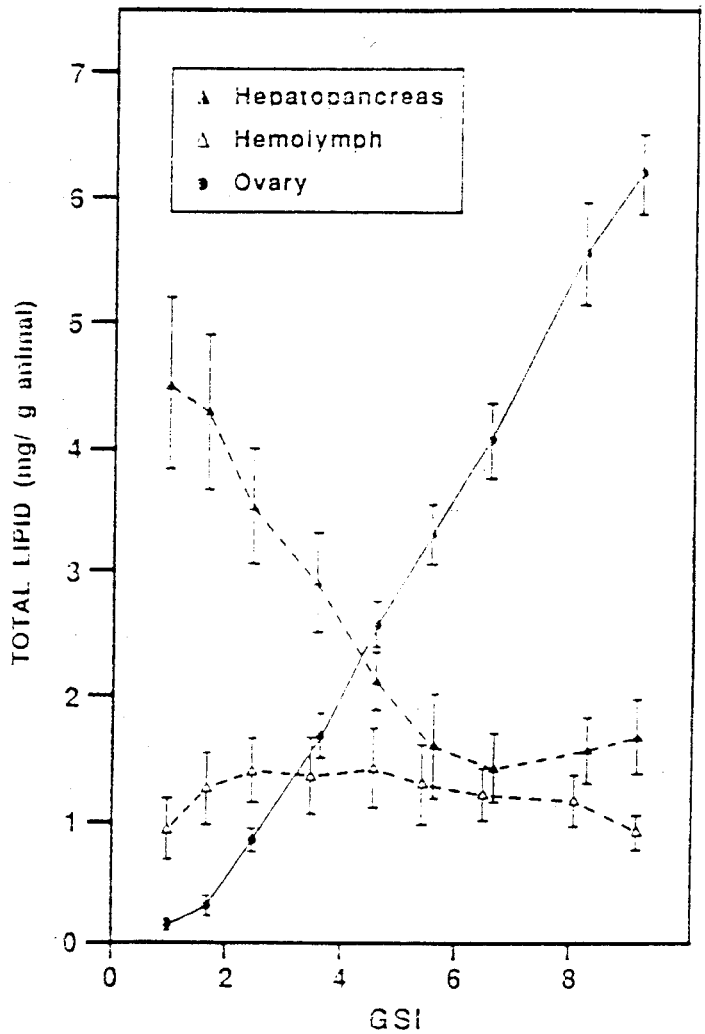

Fig. 1 Variations in the total lipid content of the hepatopancreas, hemolvmph, and ovary of the shrimp, *Penaeus indicus,* during ovariann maturation. Degree of maturation is indicated as the gonadosomatic Index, GSI. Data presented are the means and standard deviations of six samples. [Translated from Galois (1984).]