



白蝦

繁

養

殖

及生物安全防疫管理

The Aquaculture and Bio-safety Management
Practices for White Shrimp



水產試驗所特刊 第 30 號
FRI Special Publication No.30

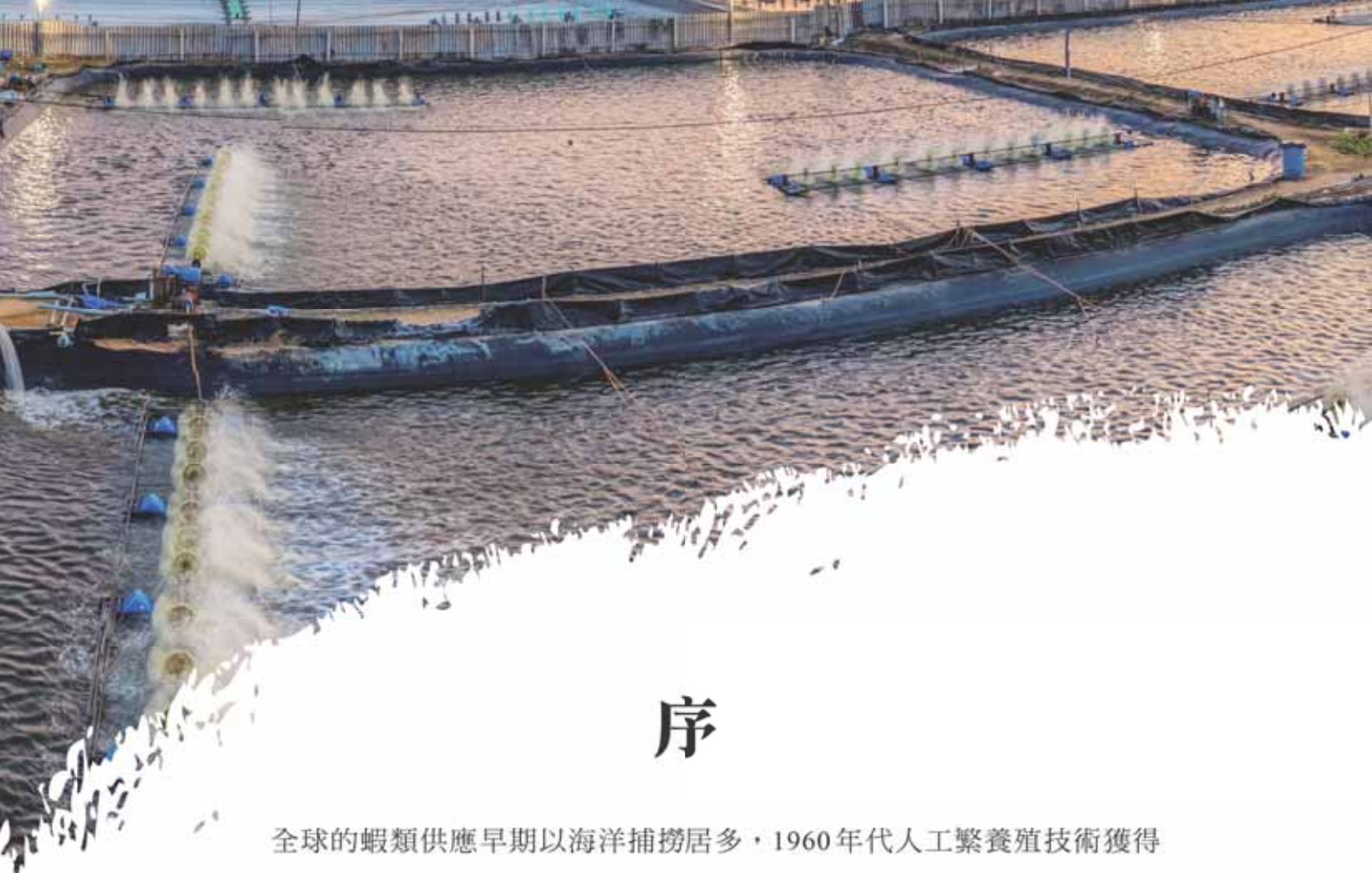
白蝦

繁殖 養殖

及生物安全防疫管理

The Aquaculture and Bio-safety Management
Practices for White Shrimp

行政院農業委員會水產試驗所
Fisheries Research Institute, COA
中華民國一一〇年十二月
December 2021



序

全球的蝦類供應早期以海洋捕撈居多，1960年代人工繁養殖技術獲得突破後，養蝦業開始盛行，根據聯合國糧農組織 (FAO) 的統計，2007年全球養殖蝦類 328 萬公噸的產量首度超越 326 萬公噸的海捕量，迄 2019 年更成長一倍達 656 萬公噸。亞洲是全球養殖蝦類的生產重心，包括臺灣在內，早期均以草蝦為主，90 年代爆發疫病後產量銳減，逐漸被白蝦取代。白蝦具廣鹽性、對環境適應力強、抗病性佳、成長快速等優點，原只在中南美洲養殖，在草蝦養殖受創後被引進亞洲，並成為全球最重要的養殖蝦種，2019 年產量為 545 萬公噸，約佔養殖蝦類總產量的 83%。

臺灣於 1994 年第二度引進白蝦，由本所開始推廣，於 2012 年達 13,318 公噸生產高峰，近 5 年 (2016 - 2020) 維持在 1 萬公噸上下，此生產量難以滿足國內消費需求，2020 年我國進口了 32,280 公噸的白蝦，是國內同期白蝦養殖產量的 4 倍。分析臺灣養殖白蝦產量難以突破瓶頸的原因，可歸咎於白蝦早死病症、肝胰腺微孢子蟲症等層出不窮的新興疾病，導致白蝦育成率低落。然而遺憾的是，該些疾病多半無藥可治，僅能以預防來代替治療，因此目前世界各國多以建構生物安全防疫的養殖環境與放養無帶病原的優質蝦苗來因應。



本所東港生技研究中心早在 10 多年前就開始引進國外 SPF 白蝦種蝦進行育種、培育 SPF 優質蝦苗，並積極建構防疫型養蝦設施與技術。經多年試驗，已證實生物安全防疫型蝦類養殖確可減低白蝦受疾病感染機率並有效提高養殖成效，近幾年進一步與家畜衛生試驗所合作，共同進行產業推廣與輔導，落實民間應用。本次特別將 10 多年來在白蝦養殖方面的研究成果與現場經驗彙編成冊，全書內容涵蓋白蝦從繁殖、養成、營養需求與飼料開發、重要疾病以及生物安全防疫管理模式等各個重要環節，希望藉此推廣白蝦養殖的關鍵技術與觀念，俾有助於減少疾病威脅提高育成率，突破生產瓶頸，以確保國內蝦類需求的自給自足，進而促進我國養蝦產業的永續經營與發展。

行政院農業委員會水產試驗所

所長

陳君如

謹識

中華民國一一〇年十二月

目次 Contents

第一章 緒論 | 楊明樺、劉冠甫、吳豐成

- 一、世界海水養殖蝦類生產現況 1
- 二、臺灣白蝦養殖產業發展概述與現況 5

第二章 白蝦繁殖 | 劉冠甫、周芷儀

- 一、種蝦培育 7
- 二、蝦苗生產 12
- 三、蝦苗培育之餌藻簡介 15

第三章 白蝦養成 | 楊明樺、周芷儀

- 一、放養前準備 17
- 二、放養注意事項 19
- 三、養殖操作管理 21
- 四、收穫 30

第四章 白蝦的營養需求飼料 | 周瑞良、楊順德、吳豐成

- 一、營養需求 31
- 二、飼料原料與添加劑 41

第五章 重要白蝦疾病 | 郭錦朱、陳怡彭、楊明樺

一、病毒性疾病	52
二、細菌性疾病	55
三、寄生性原蟲疾病	56

第六章 白蝦生物安全防疫繁養殖模式 | 楊明樺

一、生物安全防疫繁殖模式	59
二、生物安全防疫養殖模式	66
三、生物絮凝在白蝦生物安全防疫上的應用	69
四、建構防疫型示範場與白蝦品項團隊輔導成果	71
五、結語	74

第七章 結論與建議 | 余淑楓

一、結論	75
二、白蝦養殖管理之建議	76
三、生物安全防疫之建議	77

參考文獻	79
------------	----

第一章 緒論

楊明樺、劉冠甫、吳豐成
水產試驗所東港生技研究中心

蝦類是人們最喜愛的海鮮產品之一，因為它不僅美味且具有高營養價值，包括富含蛋白質與人體所需的必需胺基酸，是磷、鐵、鈣、硒等礦物質和維生素 B12 與膽鹼的重要來源，而且富含 ω -3 等多元不飽和脂肪酸，有益於大腦的認知功能與人體神經發育，是良好的食物來源，也是容易加工料理的食材，由於世界各地多數的人都愛吃蝦，造就蝦類在全世界大量流通，成為國際海鮮產品貿易中最重要的商品之一。

一、世界海水養殖蝦類生產現況

由於養殖技術的精進，人工飼料的研發改進，以及亞洲地區本來養殖草蝦的國家陸續改養白蝦，全世界海水蝦養殖產量於過去 20 年間不斷攀升，1987 年全世界海水蝦養殖產量約 49 萬公噸，到了 2015 年提高到 488 萬公噸，成長了近 10 倍，並於 2007 年首度超越捕撈量，在 2016–2020 年間約佔總生產量（養殖 + 捕撈）的 54–60%，養殖蝦種中又以白蝦 (*Litopenaeus vannamei*；同 *Penaeus vannamei*) 為主，約佔海水養殖蝦類總產量的 8 成 (FAO 統計資料)。根據 2019 年全球水產養殖領導力展望 (global

outlook for aquaculture leadership, GOAL) 會議的調查與預測，全世界海水蝦養殖產量在 2018–2021 年間將以 3.5% 的複合年均增長率成長，預計在 2021 年產量將達到 530 萬公噸，生產區域以亞洲地區為首，將達到 400 萬公噸，主要生產國為中國、印度、越南、印尼及泰國等。其次為拉丁美洲，將達到 118 萬公噸，主要生產國為厄瓜多、墨西哥、巴西、宏都拉斯、尼加拉瓜及秘魯等。2019 年蝦類商品最大出口國為印度、厄瓜多、越南和印尼；最大進口國則為中國、美國、日本及西班牙。

白蝦與草蝦 (*Penaeus monodon*) 是全球主要的海水蝦類養殖對象種，兩者合計約佔所有海水蝦類養殖產量的 8 成以上。其餘零星養殖的對蝦屬蝦類還包含藍蝦 (*P. stylirostris*)、斑節蝦 (*P. japonicus*)、印度對蝦 (*P. indicus*)、墨吉對蝦 (*P. merguensis*) 及中國對蝦 (*P. chinensis*) 等。白蝦原產於中南美洲西部太平洋沿岸熱帶水域，其具有對鹽度適應性廣、水體利用度高、飼料蛋白質需求低、可高密度養殖、蝦苗育成率高等優點。白蝦於 1970–1980 年間在美國建立了繁殖與幼苗培育技術後，逐漸在中南美洲國家發展成商業化養殖模式。1989 年美國海蝦養殖計畫 (US marine shrimp farming

白蝦 White Shrimp

楊明樺、劉冠甫、吳豐成

program) 選定白蝦作為主要研發蝦種，發展出世界上第一個無特定病原 (specific pathogen free, SPF) 蝦族群，在 1998 年時產量僅 19.3 萬公噸，但到了 2004 年產量接近 111.6 萬公噸，已超越了亞洲國家養殖草蝦的產量。

草蝦原產於印度洋和太平洋，主要在亞洲國家養殖，在蝦苗人工繁殖技術開發之前，以捕撈野生苗做粗放式養殖。1968 年臺灣草蝦人工苗繁殖成功，以及 1977 年草蝦人工配合飼料開發成功，使草蝦逐漸走向集約式養殖，開啟往後 20 年全世界草蝦養殖產業的蓬勃發展，尤其臺灣在 1987 年草蝦產量達 8 萬公噸，佔全世界草蝦產量約 45%。目前全世界生產草蝦的國家依生產量排序為越南、印尼、中國、孟加拉、印度、菲律賓、孟買及泰國等。依 FAO 統計資料，2018 年草蝦年產量約 75 萬公噸，佔蝦類總養殖產量的 10–15%。

無奈臺灣在 1988 年遭遇草蝦病變，產量急遽下滑，至 1990 年產量僅剩 8 千多公噸，到了 1992 年又爆發白點症 (White Spot Syndrome)，使草蝦養殖難上加難。除了臺灣，亞洲其他國家養殖的草蝦也陸續受到疾病侵襲，多數蝦場及天然海域也都充斥著蝦類病原，使仰賴天然種蝦的草蝦種苗容易因親本帶原而垂直傳染給子代，放養帶有病原的種苗又水平傳染至鄰近養殖池。而此時美國夏威夷不但開發出 SPF 白蝦種原，在 2000 年左右也選育出抗陶拉症 (Taura syndrome) 品系，再配合養殖場生物安全管理措施，白蝦養殖的成功浪潮從中南美洲開

始陸續席捲東南亞國家。起初亞洲國家如泰國、印度和菲律賓等因顧慮白蝦為外來種，引進後可能破壞當地生態資源，以及擔憂引種帶來疾病，但考量草蝦在短期之內無法復甦，以及白蝦強勁的養殖優勢，在 2000–2010 年之間，陸續開放白蝦引進養殖，並很快取代原生的草蝦成為主要的養殖蝦種。

印度在 2008 年以前主要養殖草蝦，年產量約 8 萬公噸，自 2009–2010 年開始大幅度轉換養殖白蝦，2019 年草蝦產量約剩 6 萬公噸，而白蝦產量約 72.4 萬公噸 (FAO 統計資料)。印度於 1996 年創立拉吉夫甘地水產養殖中心 (Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture, RGCA)，並在 2006 年於其轄下設立水生檢疫設施 (aquatic quarantine facility, AQC)，針對非印度本地種之進口白蝦種蝦或蝦苗進行暫養隔離檢疫，通過檢疫才會放行給申請進口之孵化場或養殖場。2018 年進口 22 萬對種蝦，生產 690 億尾後期幼蟲，目前已建立了年產 1,200 億尾幼蟲 (post-larva) 的生產能力，估計有 550–600 個孵化場。印度蝦類養殖面積約 16 萬公頃，採半集約養殖，密度 40 尾/m²，1 年 1–2 期，每期每公頃產量約 4 公噸，活存率近 8 成，生產的白蝦體形較大，約 15–36 尾/斤。印度生產的白蝦以出口為主，佔生產量的 9 成以上，在 2019 年出口了約 65 萬公噸的蝦，價值 48.9 億美元。在過去十年中，出口量增長了 430%。主要市場包括美國 (46.7%)、中國 (23.8%)、歐盟 (12.1%) 及日本 (6.4%)，國內市場不到 5 萬公噸。

菲律賓是 1970 年代後期亞洲第一個進



口白蝦進行實驗的國家，但因疾病爆發，擔心波及國內草蝦產業，於 1993 年和 2001 年兩度被政府禁止，直到 2007 年因國際白蝦浪潮襲捲才又開放養殖。白蝦養殖主要由企業經營，總養殖面積約 3,327 公頃，2019 年產量為 19.2 萬公噸 (FAO 統計資料)。

印尼在 2002 年開始引進白蝦養殖，白蝦產量在 2019 年為 69.7 萬公噸 (FAO 統計資料)。印尼的養殖池有規劃良好的進排水管道、蓄水池、沉澱池及污水處理池等，這些淨化水質的池子面積約佔整個養殖場的 20–25%。養殖池面積近年來逐漸小型化，從過去單個池子 2,500–5,000 m² 縮減為 1,000 m² 或更小。形狀從方形改變為圓形，有利於池水充分循環，以及更有效率將池底污物集中排除 (中央排污)。池內鋪設高密度聚乙 烯 (high-density polyethylene, HDPE) 地膜或混泥土，以便和底土完全隔離。如此措施除了可更精準管理，提高生物安全等級，還可使單位面積產能加倍。印尼採集約式養殖，密度約 130 尾/m²，一年約生產 2–3 期，每期每公頃產量約 23 公噸，活存率 8 成以上。

越南早期養殖墨吉對蝦和印度對蝦，1984 年開始引進草蝦，2000 年引進白蝦，目前蝦類主要養殖區域集中於中部省分及湄公河三角洲。1991 年越南蝦類養殖池面積為 23 萬公頃，總產量約為 5.6 萬公噸，到了 2005 年面積增加到 60 萬公頃和產量 30 萬公噸，主要生產草蝦。但此後白蝦養殖發展迅速，到 2013 年，總養殖面積達到 65 萬公頃，產量 47.5 萬公噸，其中白蝦佔

養殖面積的 9.8%，產量的 51.7%。越南白蝦採超級約式養殖，平均密度約 220 尾/m²，每年生產 2–3 期，每期每公頃產量約 22 公噸，相較之下，草蝦採粗放式養殖，密度 20–35 尾/m²，每期每公頃產量約 22 公噸。越南 2019 年白蝦產量 57.7 萬公噸，排名全球第 5；草蝦產量 29 萬公噸，排名全球第 1 (FAO 統計資料)。出口蝦類產品中白蝦佔了 68.7%，草蝦佔 23%，主要出口國為日本、加拿大及澳洲。海水蝦在越南養殖成功的主要因素為要求蝦苗品質，加強池塘管理及落實生物安全防疫，同時實施中間育成及間捕。其它配套措施則是應用智慧化水質監測系統與機能性或功能性飼料來加強蝦體抗病力。

泰國傳統上養殖草蝦，在國內擁有發展良好且組織健全的蝦類養殖生產網絡，包括孵化場、養殖場、飼料場、加工廠及國際貿易公司，從 1990 年代起，泰國養殖草蝦的產量及出口量即處於世界領先的地位，並在 2001 年達到草蝦產量的高峰 28 萬公噸，往後則因草蝦成長緩慢綜合症 (monodon slow growth syndrome, MSGS) 造成產量逐年遞減。泰國於 1999 年起非正式引進白蝦養殖並獲得成功，直到 2002 年泰國政府漁業部才正式認可引進白蝦種蝦，但要符合無特定病原的檢疫證明。2004 年起白蝦產量達到 20.5 萬公噸首度已超越草蝦產量，往後白蝦產量急速上升而草蝦產量則相對快速下降，至 2011 年白蝦產量已達 61.2 萬公噸，而草蝦只剩 0.65 公噸。2009 年中國爆發急性肝胰臟壞死綜合症 (acute

hepatopancreatic necrosis syndrome, AHPNS)，不久泰國也傳出疫情，產量開始逐年遞減，到了 2014 年總產量降至最低點約 26.2 萬公噸。歷經種種疾病威脅與困擾後，泰國蝦場逐漸走向封閉式而且精緻化的循環水養殖系統，並大幅縮減實際用來養蝦的池子面積，以往的蝦池約有 1/3–1/2 用來作為蓄水池及沉澱池，並強調養殖池設計以達到池底集污與排污的功能，如此雖然養殖面積縮減，但單位產能提高 1 倍以上，生產效率更高而且產能更穩定。泰國目前約擁有 872 個孵化場與育苗場，以及將近 2.4 萬個養殖場，養蝦場面積約 4.9 萬公頃，採集約式養殖，放養密度 120–200 尾/m²，每年生產 2–3 期，每期每公頃產量 15–24 公噸，2019 年生產了 36.5 萬公噸的白蝦及 1.7 萬公噸的草蝦 (FAO 統計資料)。

中國在 1992 年以前主要養殖的海水蝦種類為中國對蝦、草蝦及斑節蝦，年產能約 20 萬公噸，為世界第一。1993 年以後，由於白點症流行爆發，1994 年產量僅剩 6.4 萬公噸。中國早在 1988 年從美國夏威夷引進白蝦進行研究，1992 年成功人工繁殖，但仍無法量產，1995 年起臺灣業者將白蝦種苗生產基地移往中國廣東及海南省，在資金、技術及種原挹注下，開始大量生產蝦苗，解決白蝦種苗供應的問題，開啟白蝦的大面積生產，到了 2000 年中國海水對蝦產量回到 19.2 萬公噸，2019 年更達到 208 萬公噸，其中白蝦約佔 87% (FAO 統計資料)。中國近年來雖然在對蝦養殖產量上仍居於全球領先地位，而且 FAO 統計資料顯示從

1994–2019 年產量逐年提升，但國際上有許多學者及媒體質疑其數據的真實性，主要是中國自 2011 年起對蝦出口量開始逐年遞減，從 23 萬公噸降至 2018 年的 15 萬公噸，相對地，中國對蝦進口量在近幾年則快速攀升，2019 年進口量達到 71.8 萬公噸，已超越美國成為全世界最大的對蝦進口國，主要從厄瓜多、印度及越南進口 (<https://www.undercurrentnews.com/>)。雖然中國對蝦內需快速成長可能帶動進口量大增，但有許多不利因素確實可能導致其養殖產量下降，主要是疾病造成活存率差，生長緩慢以及大小參差，次要因素是長期集約式養殖海水蝦造成環境污染，海水滲漏到土壤造成土地鹽化，養殖過程使用的化學藥品、抗生素，以及產生大量有機物污染地下水及河口海域等，促使政府祭出更嚴格的环境保護政策，限縮了對蝦養殖產業發展。其它影響產量因素還包括種質逐年退化，種苗對環境緊迫耐受性不佳等。

厄瓜多養殖的對蝦是僅次於石油的第二大出口產品，為該國重要的經濟產業。2018 年白蝦產量約 56 萬公噸，出口量達 46.4 萬公噸，為全世界第二大蝦類出口國，2019 年白蝦產量持續上升至 68 萬公噸 (FAO 統計資料)。厄瓜多白蝦養殖的特點在於粗放、開放式，以及種苗對疾病有高的耐受性。平均單口養殖池面積從早期 15–30 公頃，下降到現在的 1–5 公頃，放養密度約 10–20 尾/m²，每期每公頃產量約 1–2 公噸，每年 3–4 期，活存率約 80–85%。養殖白蝦產量從 1979 年開始逐年攀升，除



了 1989 年爆發海鸚綜合症 (seagull syndrome) 及 1994 年爆發陶拉症使產量稍微下滑，最大危害為 1999 年爆發的白點症，當年產量為 10.7 萬公噸，隔年立即下降至 3.9 萬公噸，迫使白蝦產業不得不進行改革，包括降低使用野生種蝦及種苗以降低感染風險，進口 SPF 種原，大量使用種苗場人工培育的蝦苗，針對在地種原進行遺傳改良，從暴露於所有病原體中選育對病原耐受性佳的親蝦，以解決疾病的問題。此外也重視蝦苗品質，放養前先測試其對環境緊迫耐受性，選擇強健蝦苗，並且普遍實施分階段養殖，即蝦苗先在受保護的中間育成池暫養 4–6 週，待成長至 0.5–1 g 時再搬到戶外池，縮短戶外養成時間，降低遭受疾病感染的風險。同時也加強生物安全防疫，水源引進時會過濾消毒處理，避免病原及其載體進入養殖池。養殖過程使用投餌機、益生菌及機能性飼料，提高飼料效率及蝦子免疫力。厄瓜多藉由以上配套措施多管齊下，白蝦產量在 2015–2020 年的複合年增長率為 11.3%，估計 2021 年產量將達 70 萬公噸，成為僅次於中國和越南的世界第三大對蝦養殖生產國 (GOAL, 2019)。

沙烏地阿拉伯的海水蝦養殖種類最早是草蝦，但由於草蝦對多種病原的感受性強，且對紅海地區高鹽度海水的適應性不佳，於 2000 年初期改以印度對蝦養殖為主，產量在 2009 年達到 2.1 萬公噸，之後因感染白點症導致產量逐年遞減，2013 年僅剩 660 kg。沙國的養殖模式跟厄瓜多類似，養殖池面積平均約 10 公頃，如此大的

空間很難做到周全的防疫工作，為了挽救養殖對蝦產業，沙國於 2014 年起引進厄瓜多兼具無特定病原與對白點症耐受性高的白蝦品系進行養殖，從此白蝦為沙國特許的海水蝦養殖蝦種。有了優質種原之外，沙國也做好水源消毒處理及縝密的檢疫監測計畫，產量開始有了顯著提升，2018 年即達到 6.1 萬公噸 (FAO 統計資料)，為全世界養蝦採用生物安全防疫最成功的典範。

二、臺灣白蝦養殖產業發展概述與現況

根據丁 (2005) 記載，白蝦最早於 1984 年由農委會漁業處引進，分別由民間業者及本所進行試養，由於當時正值草蝦養殖盛期，大家對於白蝦這個品種並未重視，繁養殖數代後隨即中斷。白蝦真正引進臺灣養殖是在 1994 年，由於高雄繁殖業者自夏威夷引進 SPF 藍蝦繁養殖成效不錯，因而也引進 SPF 白蝦養殖，由於效果相當良好，普遍引起養殖興趣，自 1998 年開始興起從夏威夷引進 SPF 白蝦種蝦的熱潮，即使每對種蝦售價高達數百美金還爭相搶購。根據統計資料，1998 年下半年到 1999 年年初引進數量已超過 1.5 萬對，由 SPF 白蝦種蝦培育出來的蝦苗養殖成效相較於草蝦良好，遂興起白蝦養殖風氣。目前白蝦已成為我國主要養殖的海水蝦，其產量在 2001 年首度超越草蝦，達 5,809 公噸，然而近 10 多年來始終在 7,500–13,500 公噸之間變動，無法大幅度成長，與草蝦養殖全盛時期的 95,000

公噸更是相去甚遠。因為生產瓶頸無法突破，業者認為專養白蝦存活率低難以獲利，臺灣因而發展出獨特的魚蝦混養模式，以魚（虱目魚、鱸魚等）為主，蝦（白蝦、草蝦）為輔，採這種養殖模式的縣市主要為臺南市、嘉義縣及高雄市，混養的白蝦產量約佔總產量 8 成，混養面積約佔總養殖面積的 83%（2020 年漁業統計年報）。以往混養模式還能奏效，每公頃約可收成白蝦 2,000 kg，但近年來極可能因為感染蝦類新興疾病造成存活率低，年產量從 2016 年的 12,423 公噸持續下滑，2018 年僅剩 8,027 公噸，同年還得從中南美洲（宏都拉斯及尼加拉瓜）或東南亞國家（馬來西亞、泰國及越南）進口冷凍白蝦 20,214 公噸以補足內需缺口。雖然 2019 年養殖產量回升至 10,072 公噸，但 2020 年又下挫到 8,096 公噸，此時進口量則持續攀升，至 2020 年達 32,280 公噸（2020 年漁業統計年報，關務署統計資料）（圖 1-1），國內生產量僅達需求量的 20%。

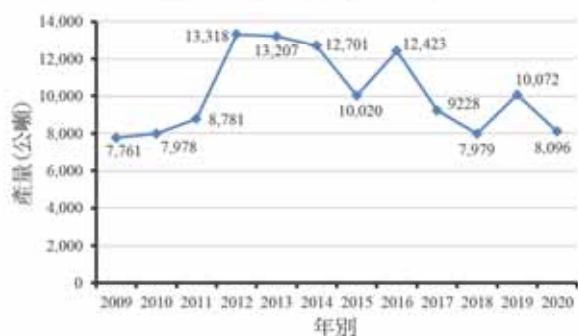


圖 1-1 臺灣近 10 年來白蝦養殖產量

臺灣初期放養 SPF 白蝦苗成效良好，但此光景與熱潮在短短幾年內隨即消退，是因為 SPF 蝦苗雖然阻斷了疾病的垂直感染，但養殖環境的水平感染仍相當嚴重，也

就是欠缺 SPF 的養殖環境，遑論有些業者為了節省成本引進不是 SPF 的種蝦及蝦苗，也就陸續把一些白蝦新興傳染病如急性肝胰臟壞死綜合症、微孢子蟲感染症 (enterocytozoon hepatopenaei infection, EHP)、十足目虹彩病毒症 (decapod iridescent virus 1 infection, DIV1) 等帶進國內，讓白蝦繁養殖生產區完全暴露在這些疾病的威脅下，使白蝦養殖難上加難。但在此同時，全世界主要養殖海水蝦的國家產量卻是持續增加，其中與臺灣最主要的差別在於，這些國家大都使用 SPF 的蝦苗，並盡力打造 SPF 的養殖環境。從國際上不斷有新興蝦病爆發，且國內不久就會出現感染案例的情況來看，國內的蝦類疫情管控需要有更嚴謹的生物安全防疫作為。有鑑於此，本所自 1994 年起開始建立與推廣 SPF 白蝦繁養殖技術，每年自美國夏威夷引進 SPF 白蝦種蝦，量產價格合理品質優良的蝦苗供業者放養，並輔導業者建立防疫設施與措施，以提高白蝦的育成率，成效相當優良。不過本所的 SPF 白蝦苗產能有限，無法滿足廣大養殖業者的需求，因此也陸續釋出 SPF 白蝦種蝦給民間繁殖場，同時協助其導入防疫型一貫化的生產模式，使據以量產優質白蝦種苗，再配合近幾年水產試驗所相關執行計畫中有關生物安全防疫的宣導，目前已能看出具體成效，參與計畫的輔導戶及示範場產能都能有顯著提升，期望這樣的執行成果能擴大應用到整個產業鏈，使白蝦養殖能免於疾病的侵擾，使年產量能逐年攀升以滿足國人需求。

第二章 白蝦繁殖

劉冠甫、周芷儀
水產試驗所東港生技研究中心

一、種蝦培育

白蝦屬節肢動物門 (Arthropoda)、甲殼綱 (Crustacea)、軟甲亞綱 (Malacostraca)、十足目 (Decapoda)、對蝦科 (Penaeidae)、濱對蝦屬 (*Litopenaeus*)、范氏濱對蝦 (*L. vannamei*)，蝦類的生殖生理調控亦是受到內因性因子和外因性 (環境刺激) 因子兩者相互調配影響，在兩因子與其他因素如營養等相互適時配合下才能使種蝦完全進入及完成生殖週期；在蝦類生長達到生殖體型時，當環境刺激因子包括如溫度、光照週期與光照強度等條件適當時，環境因子的刺激經由感覺及神經系統感受環境訊息後產生釋放神經調節物質 (neuroregulator) 來傳遞訊息，再經由神經內分泌系統與內分泌系統合成分泌必要的調節因子或激素，來調控蝦類生殖相關器官之生理反應，使其進入性成熟與生殖作用，達成繁衍族群的任務。

蝦類產生神經調節物質主要之組織器官在頭胸甲處，其中複眼與眼柄處為中心，其中與生殖生理較為相關組織器官有 X 器官-竇腺複合體系統 (X-organ-sinus gland complex) (圖 2-1) 與 Y-器官 (Y-organ)，X 器官-竇腺複合體系統會分泌數種激素如甲殼類血糖上升激素 (crustacean hyperglycemic

hormone, CHH)、色素細胞凝集激素 (pigment-concentrating hormone, PCH)、色素細胞擴散激素 (pigment-dispersing hormone, PDH)、大顎器官抑制激素 (mandibular organ-inhibiting hormone, MOIH)、脫殼抑制激素 (molt-inhibiting hormone, MIH) 與生殖腺抑制激素 (gonad-inhibiting hormone, GIH) 又稱為卵黃素生成抑制激素 (vitellogenesis-inhibiting hormone, VIH) 等對生殖生理有抑制作用激素，一般在雌種蝦催熟過程中進行的眼柄切除主要是利用回饋機制降低上述抑制生殖腺發育和與生殖相關的生理調控之內分泌機制，在 X 器官-竇腺複合體切除後致使 Y-器官能分泌脫殼激素 (ecdysone) 及大顎器官分泌類青春激素 (methyl farnesoate, MF)，可提高血淋巴中卵黃前質的含量，腦和胸腺神經節分泌的性腺促進激素促進卵細胞之發育。蝦苗的人工繁殖，須先取得成熟的雌、雄大蝦亦所謂的種蝦，通常魚塢中養成之白蝦依其活存密度、養殖方式 (單或混養方式) 與養殖管理 (如投餵餌、飼料品質) 等，會影響其雌種蝦卵巢中的卵細胞發育情況與品質，一般雌種蝦體重達 30 g 左右可從背部外觀上輕易觀察到發育之卵巢，至於雄種蝦一般在 20 g 左右可在第五對步腳基部之雄性生殖孔處極明顯

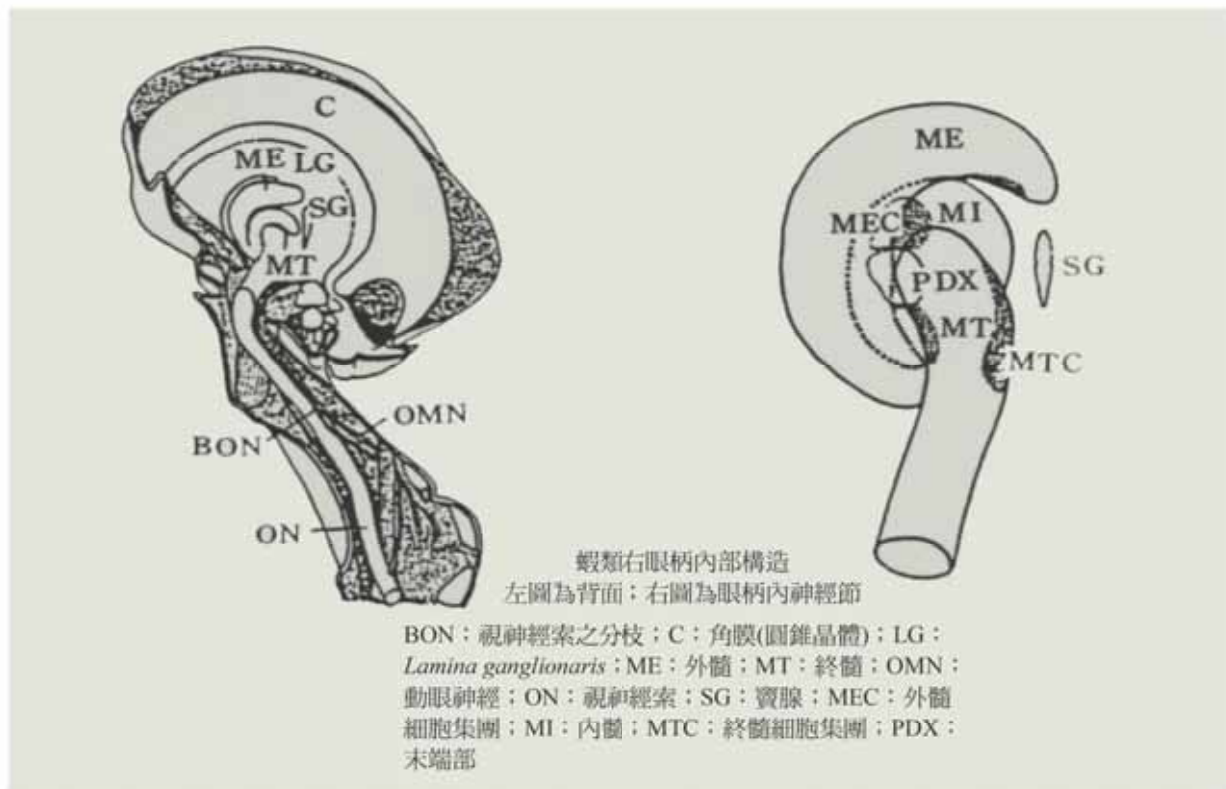


圖 2-1 複眼與眼柄生殖內分泌組織相關位置 (修改自隆島史夫, 1990)

發現白色精英，在臺灣南部只要體型如前述夠大在新曆的 3-10 月為其生殖高峰期，但如水溫能維持在 22-25°C 以上，則不受季節與地區影響，蝦類雌性生殖腺之成熟度只要稍微熟練者即可透過外殼觀察卵巢大小識別之 (圖 2-2、2-3)，雄蝦則需由生殖孔處檢測；於排卵時卵子能自行於體外受精；通常種蝦放養於產卵水槽中，則於該日或次日夜晚排卵進行體外受精；若欲於晝間讓它產卵則覆蓋黑布使其環境變暗，亦可促使其產卵；所產的卵，呈球形，淺草綠色或淺黃褐色之受精卵屬沉性受精卵，因此在計算卵數時與避免受精卵長時間覆疊至缺氧致死，必需攪拌底層水使其翻騰，可提高孵化率；每尾種蝦產卵數平均在數萬至 30 萬

粒左右間，其孵化率視其種蝦之本身與生殖細胞品質來定，最可高達 70-90% 孵化率。

目前實務上篩選白蝦種蝦一般原則先抽樣檢測是否染疫，在無帶病原後開始進行選種，先以外觀無傷痕、觸感結實光滑、及殼上無曾染疫過之跡痕，例如感染白點症病毒會在殼上呈現白點或曾感染嗜幾丁質細菌造成黑斑等，篩選中如有肌肉白濁或抽筋現象需淘汰；體型大小涉及性成熟度與孕卵數量，一般雄蝦體型在 30-40 g 之間，雌蝦體型在 35-50 g 之間為佳，體型過大 (或養殖時間過長) 會影響性細胞之品質與數量。

種蝦進行眼柄切除 (單眼) (圖 2-4) (只

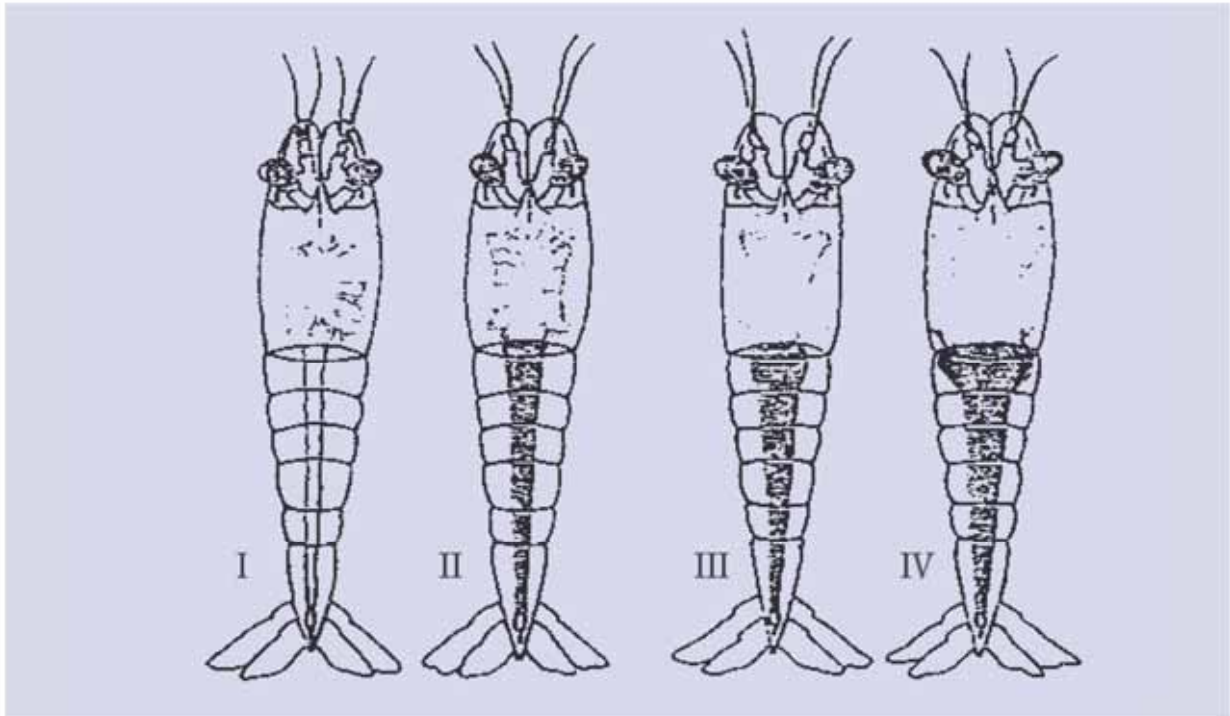


圖 2-2 雌蝦生殖腺成熟期各階段(I 期灰黃色；II 期灰黃色、約 1/3 體寬；III 期深灰黃色、約 1/2 體寬；IV 期灰色、約 1/2 體寬、頭胸甲與腹甲處左右形成三角形)(引用自 Primavera, 1983)



圖 2-3 催熟後卵巢成熟第 II 期

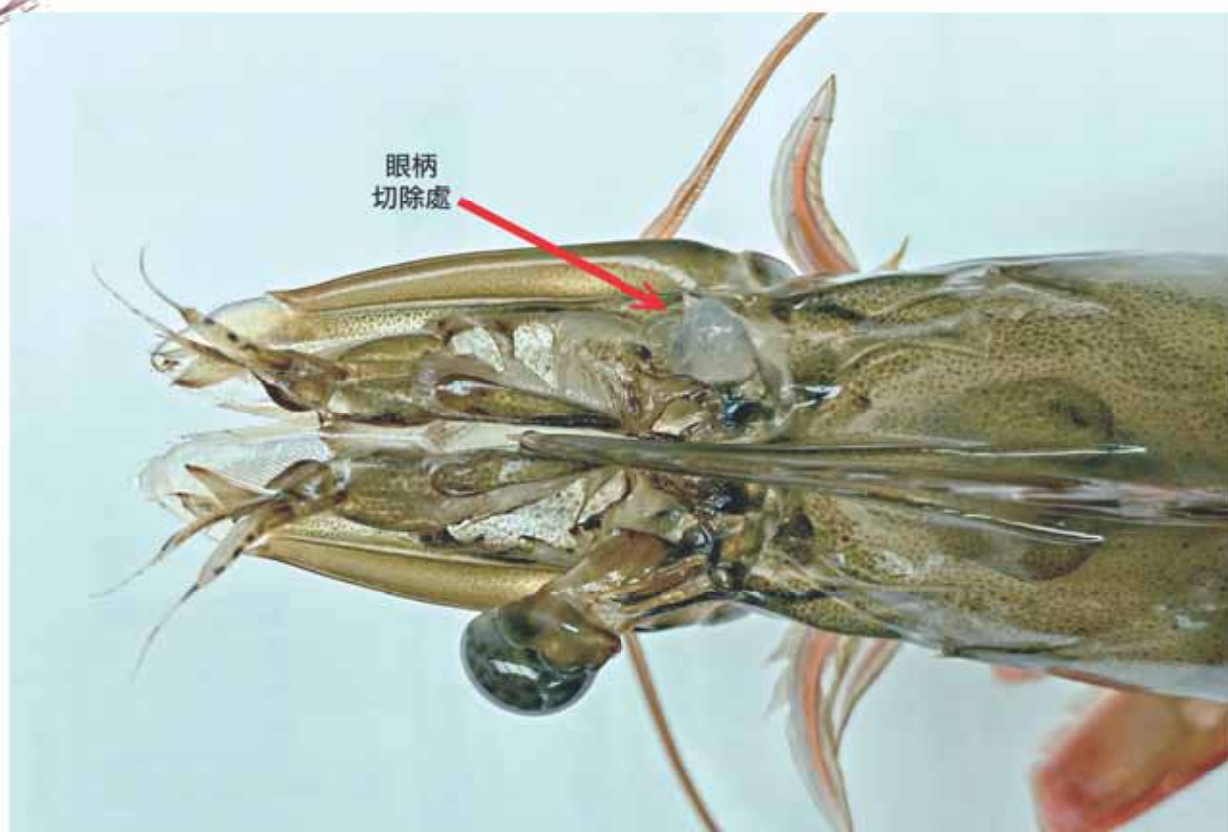


圖 2-4 眼柄切除後癒合

針對雌蝦)，雌雄比為 1:1-2，放養密度約 10-15 尾/m²，水溫在 25-28°C，鹽度不低於 25 psu，投餵生餌例如烏賊、文蛤、牡蠣、螃蟹、蝦類與青蟲（多毛類）等，其中以青蟲的對催熟效果較佳，養殖方式採用流水式，一般前 14 天效果較不顯著，但只要有產卵過其性腺成熟速度會加快，最快只要 3 天就可再產一次卵，平均約 1-2 星期，只要雌蝦有交配過且未曾脫殼或精莢脫落，則附於雌性生殖輔助器或附近上（圖 2-5）的精莢內之精子就有受精能力（留存在雌種蝦身上之精莢可多次使用）；白蝦在池塘中可自然成熟與交配，較為注意是白蝦交配屬開放式既其精莢是是直接貼附於雌蝦腹部上或生殖輔助器上（圖 2-6），所以搬移撈捕

時要注意精莢是否有脫落以免影響受精率。

目前實務種蝦培育操作模式，篩選後雌蝦進行單邊眼柄切除後，雌、雄種蝦可分開或混養，如分開養殖催熟時，則需每日至雌蝦池中巡視觀察，在中午以前將成熟雌蝦移入雄蝦池中，以利中午過後之雄蝦會有追尾交配行為，一般卵巢成熟雌蝦會於晚上產卵體外受精；種蝦催熟餌料，以投餵青蟲為主，南極蝦、烏賊及螃蟹等為輔，但螃蟹屬甲殼類可能帶有共同傳染病原之風險，南極蝦因生存環境差異則較無此顧慮，要做到防疫，生餌餵飼前須檢測或以高溫消毒，但經高溫消毒後在蝦類催熟效果較差；催熟養殖一般採用流水式養殖，鹽度勿低於 26 psu，水溫在 26-30°C 左右；因為蝦類受精卵屬

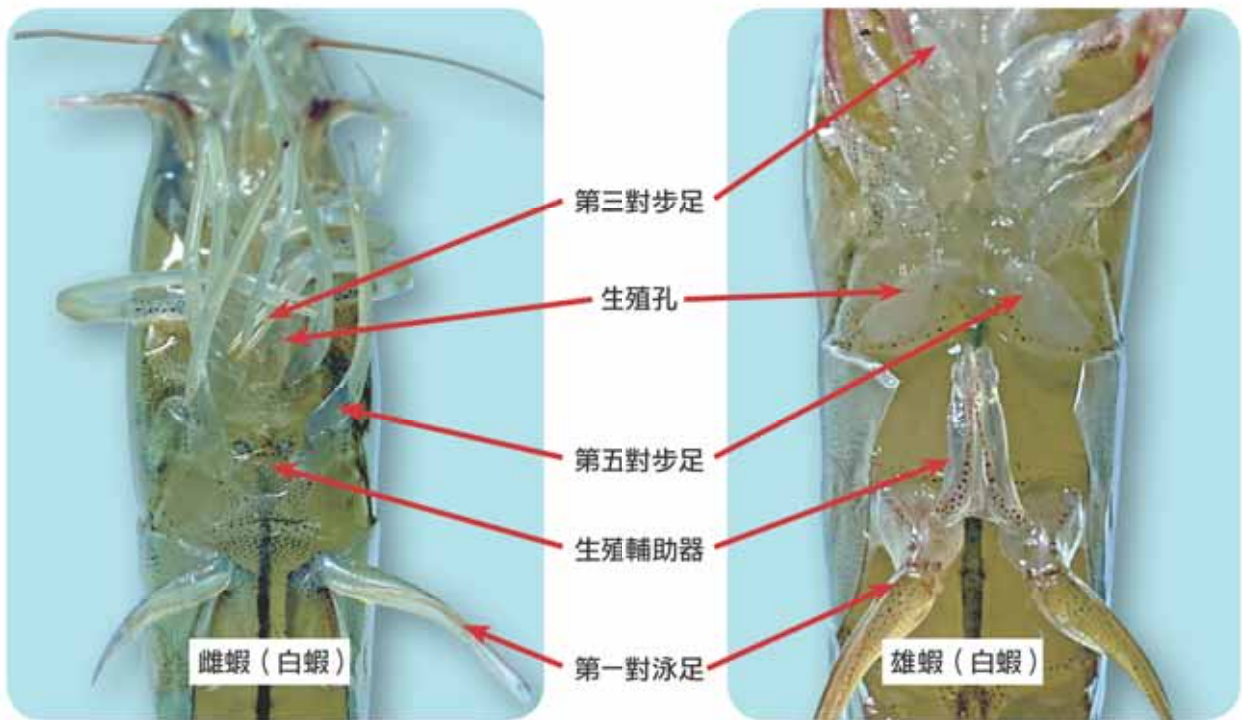


圖 2-5 生殖器相關位置



圖 2-6 白蝦雌蝦腹節貼附之精英

沉性卵且發育時間需費 24-36 小時，如單位面積內受精卵密度較高有堆積現象時需 3-4 小時攪拌一次避免因堆積造成缺氧現

象影響孵化率，孵化出之無節幼蟲初期活動力不強，一般會在蛻變三、四期後利用其趨光性將其收集移入繁殖池（槽）進行培育。

二、蝦苗生產

白蝦苗成長可以分為：無節幼蟲 (nauplius)、眼幼蟲期 (zoea)、糠蝦期 (mysis) 及後期幼蟲 (post larva)。

(一) 無節幼蟲 (nauplius)

受精卵在水溫 27–29°C，約在產卵受精後 24-36 小時則孵化出為無節幼蟲 (蝦仔)，其體長約為 0.2 mm 左右；無節幼蟲靠其三對附屬肢，作斷續的游泳，乍看有如小

蜘蛛；此期靠其體內之卵黃提供所需之營養而不需覓求食物，但具有很強的趨光性，此期之活存率可高達 90% 以上，無節幼蟲隨著脫殼體形漸大，於第 6 次脫殼後即變成眼幼蟲，當無節幼蟲脫了第 5 次殼，即需準備給予餌、飼料，無節幼蟲通常以尾端棘數式作為蛻變各期指標 (表 2-1) (圖 2-7)，此期海水鹽度不低於 28 psu 左右，低於 28 psu 以下雖蛻變可正常進行，但蛻變為眼幼蟲時無法正常攝食 (過料)。

表 2-1 無節幼蟲蛻變期別

外觀	第一期	第二期	第三期	第四期	第五期	第六期
第二觸角外枝硬毛數	5	6	7	9	10	12
尾端棘數式	1+1	1+1	2+2	4+4	6+6	7+7



第一、二期



第三期



第四期



第五期



第六期

圖 2-7 各期無節幼蟲



(二) 眼幼蟲期 (zoea)

無節幼蟲經 6 次脫殼即蛻變成眼幼蟲期 (拖糞期) (圖 2-8)，第一期眼幼蟲的體長約為 0.9 mm，而從這期開始捕食小型餌料生物，如骨藻 (*Skeletonema costatum*)、牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*)、等鞭金藻 (*Isochrysis lutea*)、魏氏海鏈藻 (*Thalassiosira weissflogii*) 等，牡蠣卵及其幼生等，現今改以人工微粒飼料 (30–50 μm)、蝦片 (浮游生物網 250–200 目) 與單胞 (微) 藻混合餵飼，因營養因素尚無法完全以人工飼料取代單胞 (微) 藻；眼幼蟲期之活存率在 30–90%，是蝦苗繁殖過程中活存率差異最大時期，其中又以第二期最需注意，眼幼蟲前後共需經 3 次脫殼，期別之判斷依體型大小與複眼之發育為主，特別在第三期後段時蝦體會呈現微彎現象且行動上偶爾會有彈跳現象，此期通常經約為 3–5 日即變成糠蝦期 (倒吊) (表 2-2)。

(三) 糠蝦期 (mysis)

糠蝦期蝦苗之特徵是懸泳時「頭下尾上」因而俗稱「倒吊」，身型呈現彎曲狀，體型較眼幼蟲為大，其蛻變亦分為三期 (圖 2-9)，所需時間約 3–5 日，此階段各期之

表 2-2 蝦苗蛻變期別與大小

	期 別	大小(mm)
卵		0.15
無節幼蟲	第一期	0.25
	第二期	0.30
	第三期	0.37
	第四期	0.39
	第五期	0.44
	第六期	0.45
眼幼蟲	第一期	0.92-1.03
	第二期	1.53-1.97
	第三期	2.24-2.50
糠蝦期幼蟲	第一期	2.83
	第二期	3.34
	第三期	4.30



第一期



第二期



第三期

圖 2-8 各期眼幼蟲



第一期



第二期



第二期

圖 2-9 各期糠蝦期幼蟲

判定特徵是以泳足之蛻變成長與身體的彎曲度變化為準則，此期在攝餌習性相較於眼幼蟲偏向動物性蛋白，過去是投飼以動物性浮游生物為主如橈足類 (copepods)、輪蟲類 (rotifers) 與豐年蝦 (brine shrimp) 的無節幼蟲，近年來改為人工微粒飼料 (50–80 μm)、蝦片 (浮游生物網 150–120 目) 為主，單胞 (微) 藻為輔助餌料或亦可不添加，糠蝦期第二期亦如眼幼蟲第二期是此階段較為瓶頸處，打氣量需加強；此階段蝦苗對活動性餌料有較強的攝食慾望，所以在白蝦第二期或草蝦 (斑節蝦) 第三期時，可投餵少量的豐年蝦無節幼蟲以減少殘食情況，但勿投餵太多，否則易造成蝦苗之活存率降低；糠蝦第三期時蝦苗身體會減少彎曲現象逐漸變直，一般情況下其活存率相較於眼幼蟲期為高，糠蝦期經脫殼 3 次後就蛻變為後期幼蟲 (正游)。

(四) 後期幼蟲 (post-larva)

糠蝦期蛻變成後期幼蟲第 1 天簡稱 P1

(或 PL1) (圖 2-10)，第 2 天稱 P2 以下類推，這期的餌料一般使用豐年蝦幼生及蝦片和特級粉狀飼料，一般於 P3–P7 就開始進入成蝦生態為底棲或「倚壁」，如超過此時期過久而未有底棲或「倚壁」習性就需注意，可能蝦苗體質不佳且可能會有脫殼間期延長情況 (成長速度變慢)，緊接著可能出現「鬍腳」現象 (身上附著鐘形蟲、黴菌、藻類、有機物質或其他原生動植物等)，一般會造成此情況主要因素為密度過高與環境極優氧化；一般有「倚壁」習性呈現表示蝦苗身體狀況已近成蝦，接下可進行中間育成或直接放養至養成池，中間育成是將蝦苗移至室外池進行養殖，此期場所大部為砂底且水深在 100 cm 左右，採用流水式養殖，餵飼粉狀飼料，過去亦有偶而投餵狗母魚的肌纖維；自孵化後算起第 28–29 天 (水溫 27°C 左右) 的蝦苗稱為「紅筋仔」或「黑殼仔」(視蝦苗成長速度)，此期一般接下會進行養成養殖。



圖 2-10 後期幼蟲



三、蝦苗培育之餌藻簡介

蝦苗培育主要以單胞（微）藻類、橈足類、輪蟲、豐年蝦、牡蠣卵及其幼生、人工微粒飼料與蝦片等共同餵飼，在這眾多餌料中以藻類應用的種類最多、也較不易培養，但卻是水生食物網的基礎。單胞（微）藻類不僅是蝦苗重要食物來源，也常做為橈足類、輪蟲等動物性浮游生物的培育餌料，蝦苗是浮游動物的食物來源，這些浮游動物常做為生物餌料培育蝦苗，為發育中的蝦苗提供必須脂肪酸。

為促進蝦苗順利培育，以下簡介六種目前國內使用於蝦苗培育之重要微藻（圖 2-11）的培養條件：

（一）骨藻 (*Skeletonema costatum*)

骨藻細胞大小為 2–25 μm ，由多個細胞串連在一起形成長鏈，培養最適溫度範圍為 20–30 $^{\circ}\text{C}$ ，最適鹽度範圍為 15–30 psu，而培養光照強度需低於 5,000 lux，且有高溫不易培養及生長週期非常短的現象，致使骨藻品質控制不易，蝦苗育成率不均；又需頻繁接種，耗費人力，是為其缺點。因此建議提供蝦苗餌料可以角毛藻或海鏈藻等其他矽藻代替。

（二）牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*)

牟氏角毛藻細胞大小為 6–9 μm ，細胞外殼具有 4 根矽質角刺，適合培養水溫 22–30 $^{\circ}\text{C}$ ，培養鹽度 25–35 psu 為佳，光照強度保持在 17,000 lux 以下較適合，大量培養時，合適的施肥量為硫酸銨 30 g/噸、尿素 60 g/噸、過磷酸鈣 30 g/噸及矽酸鈉 7 g/

噸。研究證實角毛藻含豐富的蛋白質及 HUFA，對水產種苗之成長率與活存率均有幫助，適合當作白蝦幼苗的初期餌料。

（三）等鞭金藻 (*Isochrysis lutea*)

等鞭金藻具有 2 根等長鞭毛，細胞大小為 3–9 μm ，以 27–32 $^{\circ}\text{C}$ 增殖最快，最適鹽度為 26–30 psu，在光照強度 1,000–20,000 lux 下，增殖率隨照度增加而增加。以 Walne 配方進行微量及保種培養可獲得良好效果，而尿素 30 g/噸、過磷酸鈣 30 g/噸、氯化鐵 2.7 g/噸之配方較適合大量增殖時使用。

（四）魏氏海鏈藻 (*Thalassiosira weissflogii*)

魏氏海鏈藻細胞大小約 8–20 μm ，適合培養水溫 20–30 $^{\circ}\text{C}$ ，培養鹽度 23–35 psu 較適合，光照強度保持在 13,000 lux 以下較適合，培養時若適當添加二氧化碳可有效促進魏氏海鏈藻增生。大量培養時，合適的施肥量為尿素 30 g/噸、過磷酸鈣 30 g/噸及矽酸鈉 7 g/噸。因魏氏海鏈藻體型較大且易沉降，以投餵糠蝦期幼苗較合適。

（五）擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*)

擬球藻細胞大小為 2–5 μm ，富含二十碳五烯酸 (Eicosapentaenoic acid, EPA) 和蛋白質，且容易培養操作，主要用於輪蟲培養及製作水色。以 25–31 $^{\circ}\text{C}$ 培養之增殖率最高，以 20–35 psu 鹽度培養之增殖最好，最適光照強度在 12,000–30,000 lux，大量培養使用肥料配方為硫酸銨 66 g/噸、尿素 30 g/噸、過磷酸鈣 30 g/噸。

（六）周氏扁藻 (*Tetraselmis chuii*)

周氏扁藻具有 4 根鞭毛，細胞大小為 8

— 16 μm ，適合用於輪蟲及橈足類增殖，培養成效佳。以溫度 25—30 $^{\circ}\text{C}$ 培養增殖最好，最適鹽度於 30—35 psu，光照強度 500

— 10,000 lux 時，增殖率隨照度增加而增加。合適的施肥量為硫酸銨 30 g/噸、尿素 30 g/噸及過磷酸鈣 30 g/噸。

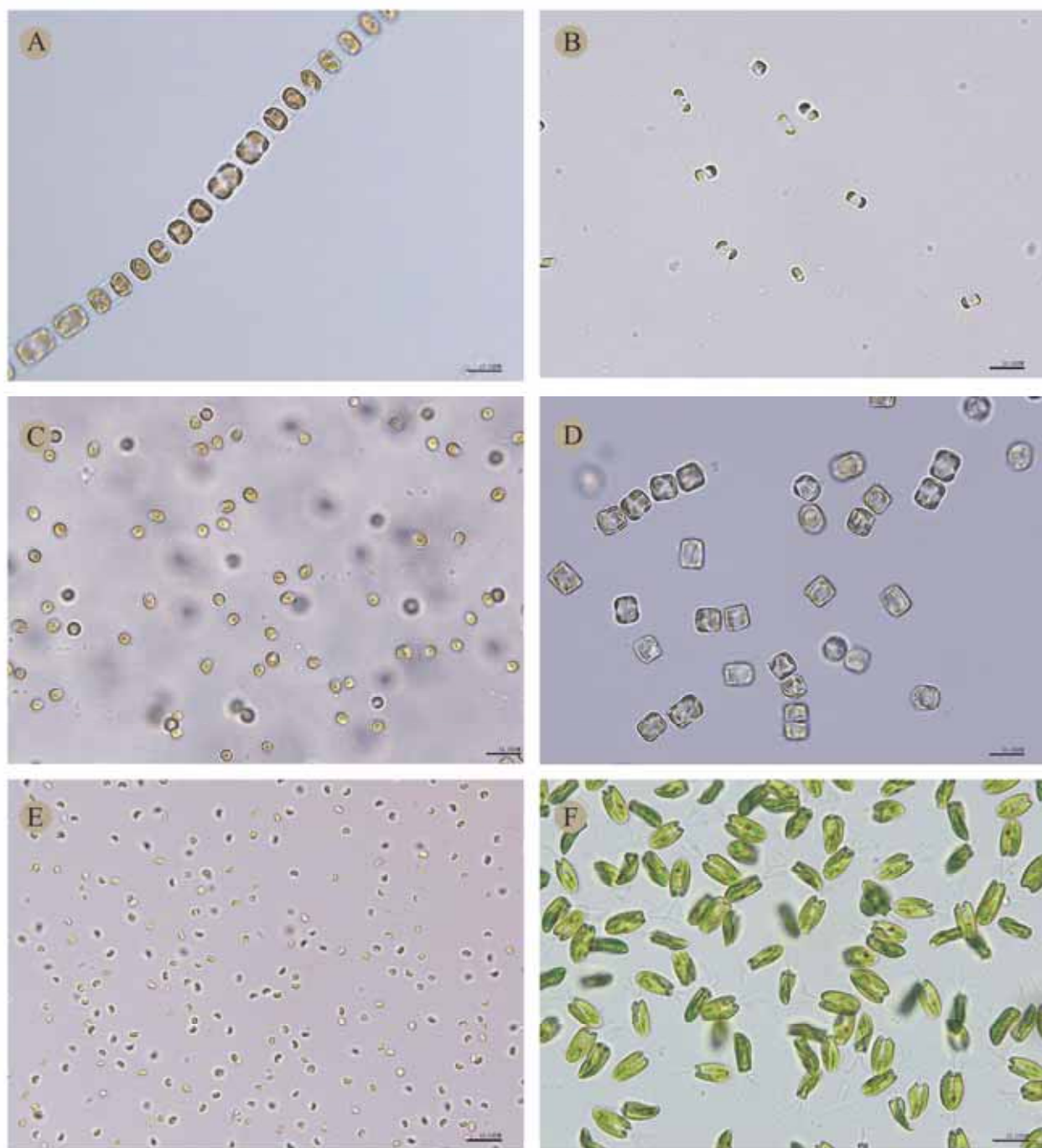


圖 2-11 蝦苗培育之常用藻類

A：骨藻；B：牟氏角毛藻；C：等鞭金藻；D：魏氏海鏈藻；E：擬球藻；F：周氏扁藻

第三章 白蝦養成

楊明樺、周芷儀
水產試驗所東港生技研究中心

白蝦原產於中南美洲西部太平洋沿岸熱帶水域，2000 年以前主要集中於中南美洲國家養殖，因其生物特性相較於草蝦對鹽度適應性更廣、水體利用度高、飼料蛋白質要求較低、可高密度養殖、蝦苗育成率高及 SPF 種原取得容易等特點，在臺灣及東南亞國家相繼因草蝦病變減產進而尋求其他蝦種替代時，白蝦很快成為主要養殖蝦種。

目前國內白蝦養殖型態以混養為主，即以虱目魚或鱸魚為主要養殖對象，白蝦只是附屬品，在這樣的養殖模式下，白蝦種苗品質不受重視，養殖環境亦充斥各種蝦類病原，混養的白蝦育成率往往不到一成。綜觀全世界白蝦養殖較成功的國家都是以專養為主，注重蝦苗品質與水源及養殖環境的乾淨清潔，盡力營造無特定病原的狀態，朝向精緻、穩定與可控的方向發展。

以下介紹白蝦專業養殖在操作管理作業及須注意事項，養殖業者可因自家養殖場條件設備因地制宜，另也可搭配第六章的生物安全防疫管理模式來降低疾病發生，提高白蝦的育成率。

一、放養前準備

(一) 地點選擇

白蝦屬於廣鹽性蝦種，鹽度範圍從 0.5 – 35 psu 均可養殖，養殖池一般分布於沿海鄉鎮，亦有內陸地區以載運海水方式調整鹽度至 0.5 – 2 psu 養殖。就防疫觀點，養殖場或養殖的白蝦物種越獨立單一越好，或者能在養殖密集區建構設施成為室內型養殖場來隔離外界病原。養殖地點最好能有沙層過濾的乾淨海水，可省去水源過濾消毒的操作成本。

(二) 養殖池型式

1. 方型土池

大多數養殖池為傳統的方型土池，土池的缺點為易滲漏、堤岸易因螃蟹或老鼠鑽洞後遇大雨而潰堤、池底易堆積有機質，不易排污，清池不易徹底而有藏匿病原隱憂等。

2. 水泥護堤砂土底池

水泥堤岸較堅固，但也可能因裂縫造成滲水；砂土底雖可提供蝦類棲息躲藏，但有機物沉積後不易排除。

3. 水泥池

水泥池堅固易排污，方便養殖管理，但池壁池底易出現裂縫滲漏，而且造價較高。

4. HDPE 塑膠膜

目前業界有不同厚度規格 (0.5 – 3 mm) 供養殖漁民選購，惟厚度在 0.8 mm 以下容易因地基整理不夠平順且有尖銳物如

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

碎石等，在池子盛水重壓後將塑膠膜刺破。使用時可將既有土池夯實後直接鋪設，或以灌漿水泥、磚造、PE 板框、鐵網框、塑鋼框及鋼架框等作為支架鋪設，形狀為圓形或方形（圖 3-1）。HDPE 塑膠膜池最大優點為收成後易清理消毒，很快就可以投入下一期養殖，養殖過程中搭配水車集污與中央排污，容易排除池底淤泥。

(三) 放養前相關作業

1. 整池

清池前應將池底積水徹底排乾，泥土底在養殖過程容易堆積有機質，須用推土機將淤泥推至邊坡護堤，讓底土能接觸空氣與照射陽光；沙底、水泥或 HDPE 膜池底則可用高壓水泵反覆沖洗排除淤泥。

2. 曬池

需曬至底土龜裂，若是 HDPE 膜池最快則需曝曬 3-5 天才可重新放養。

3. 土池施用生石灰 (CaO)

為了消除底土中病原與提升 pH 值，底土曬至龜裂後，均勻撒布生石灰，每分地用

量 400-500 kg，犁入土壤 10-20 cm 深，使其與底土充分混合；接著加水 30 cm 高，使土壤 pH 上升至 12 以上，數天後池水 pH 值降至 8 左右再排放。白蝦整池作業流程如圖 3-2。

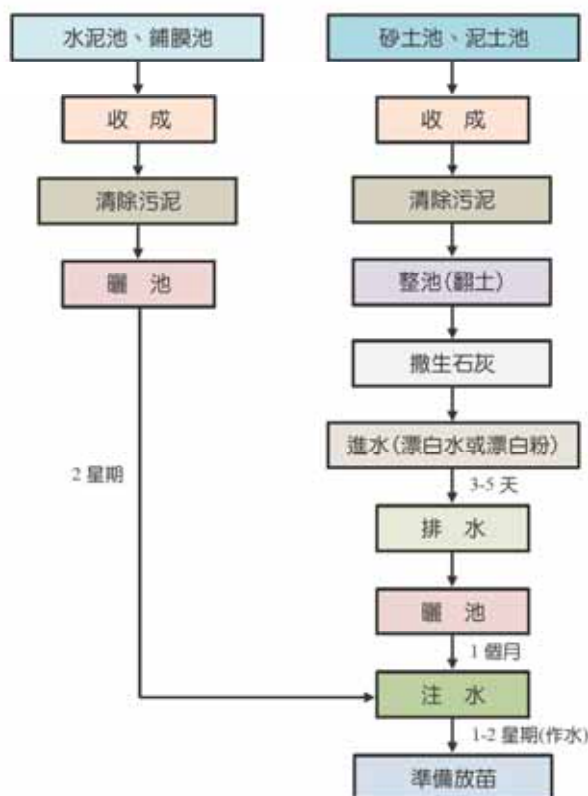


圖 3-2 白蝦放苗前整池作業流程(余淑楓繪)



圖 3-1 水產試驗所東港生技研究中心 550 m² HDPE 養殖池



4. 池底、壁與池中設備消毒

注滿池水後，添加漂白水（次氯酸鈉，sodium hypochlorite）或漂白粉（次氯酸鈣，calcium hypochlorite），使水中有效氯含量達 10 ppm。若使用有效濃度 10% 的次氯酸鈉，則每噸水添加 100 ml；若使用有效濃度 65% 的次氯酸鈣，則每噸水添加 15 g，並短暫開啟水車，一方面使消毒劑與池水充分混合，另一方面使消毒劑得以殺滅黏附在傳統水車浮筏與葉輪上的病原。因次氯酸容易被陽光降解，因此上述消毒劑最好在傍晚施用。此外，因整池後池中殘留的有機物多寡不一，對次氯酸的中和影響也不同，最好在浸泡 12 小時後使用餘氯測試劑檢測池水是否有殘留餘氯，以確保消毒劑的劑量足夠。使用餘氯測試劑時每 10 ml 池水添加 1 滴，如有餘氯反應則會呈現黃色。池水於數天後有效氯成分降解後再排放，或直接放養蝦苗。

5. 水源過濾消毒

蝦池徹底消毒後，接著就是進水。如果水源是沙層過濾海水，則可直接進水以及在養殖過程直接使用；如果是表層水甚至是溝圳水，則利用 0.1–1 mm 的雙層尼龍篩網或沙濾器過濾後再進入蝦池，接著一樣添加漂白水（次氯酸鈉）或漂白粉（次氯酸鈣）並與池水充分混合，使水中有效氯含量達 10 ppm，待數天至 1 星期有效氯成分降解後再放養蝦苗。

6. 蓄水池或處理池

如果養殖場不易取得乾淨海水，為避免養殖過程因換水引進外界病原，則建置蓄水

池與處理池則有其必要性。處理池的設置在泰國最為普遍，在經歷急性肝胰臟壞死綜合症的慘痛教訓後，泰國的養殖場已朝向較封閉循環式的養殖模式，養成池與處理池的比例約 1:0.7–0.9，養殖面積縮小，但單位面積產量卻是大幅提升。引進的水源進入蓄水池時同上述的過濾與消毒模式，作為蝦池少量換水時的乾淨水源。如果是採用循環水模式，則蝦池排放水依序經過懸浮固體沉澱池、消毒池與微生物處理池，而在沉澱池可放養低密度吳郭魚，以避免池底淤泥過度厭氧產生有毒物質，在生物處理池可養殖大型海藻來吸收氮氮化合物及磷酸鹽。

二、放養注意事項

（一）養殖密度

集約式養殖一分地可放 20–30 萬尾，若以更高密度放養，則需搭配間捕以減輕水質如溶氧等的負荷；若採取混養模式而白蝦非主要養殖物種時，一分地可放養 2–5 萬尾。若是技術與經驗不足的新手經營，或是水源缺乏以及鹽度偏低（< 5 psu）地區，則建議放養密度不高於 10 萬尾/分地。

（二）蝦苗選購

苗品質好壞是養殖成敗的重要關鍵。選購蝦苗時應多方打聽，了解種蝦品系來源，考察孵化場及育苗場的操作管理及育成率，並留意同業在購買相同苗源的後續養殖成效。好的種苗應日齡充足，一般需發育至後期幼蟲第 7 日（PL7）以上，鰓部功能發育較完整，才足以適應外界環境如鹽度的變

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

化。日齡越大的苗免疫功能發展越完整，建議最好是選購 PL10 以上，均重 3 mg 以上，及體長 8 mm 以上的蝦苗，放養後活存率較高。好的蝦苗還須具備整齊度高、附肢及觸鬚完整、身體透明潔淨且無附著物、肝胰臟及腸道清晰分明與充滿食物，游動時敏捷有力（圖 3-3），最好還附有官方或學術單位的 SPF 檢疫證明。購買蝦苗前可以先跟苗商索取少數蝦苗試養，或以鹽度、溫度、離水及福馬林等緊迫因子測試蝦苗的耐受性。例如測試 300 尾蝦苗，將溫度或鹽度驟降至 20 psu 與 10°C，或浸泡於 100–150 ppm 福馬林，連續 4 小時，若活存率 80% 以上表示蝦苗質量佳，低於 60% 則應捨棄不用。



圖 3-3 優質白蝦黑殼苗(PL12)

(三) 蝦苗放養

1. 直接放養

即購買蝦苗後直接投入池中養殖到收成，應照原先設定的密度一次投足，避免多次投放造成蝦苗參差；投苗時應選在天氣晴朗的清晨或傍晚，未拆封的蝦苗先整袋放在池內調節水溫，當水溫差異不大時再打開蝦苗袋，確認袋內鹽度與養殖池接近時，混入

部分池水使蝦苗適應溫鹽度等水質，然後才將蝦苗倒入池中。

2. 中間育成

白蝦購入紅筋 (PL3–5) 或黑殼苗 (PL10–12) 後分兩階段養殖，第一階段先以密度 3,000–5,000 尾/m² 蓄養約 1 個月，均重達 0.5–1 g 後再移至大池養成出售。

此法有多項優點：(1)可提升蝦苗品質管理及容易落實生物安全防疫；(2)飼料品質、投餵與水質管理較能掌控；(3)蝦苗集中管理與細心照料下成長快速；(4)蝦苗在穩定的環境下細心照顧，可強化稚蝦營養、免疫力與適應力，育成率較高；(5)冬天低水溫期可於室內提前培育大苗搶得先機；(6)蝦類白點症好發於冬季低水溫期，可於室內育苗系統提升水溫至 30°C 以上來降低發病風險；(7)蝦苗能在受保護環境下使免疫系統得到充分發展；(8)能在 2–5 週的育成期檢視蝦苗有無帶原早死症 (AHPND)；大苗於養成池對早死症的抗性也較好；(9)此階段檢疫到疾病或發生大量死亡銷毀較容易；(10)體型大且健壯的蝦苗到戶外養殖池的活存率較高，因具成長補償效應，相較於直接放養的養成期可能相同或縮短，池塘周轉率大，增加養成週期數，資金週轉快，蝦池可較靈活應用；(11)縮短白蝦於戶外池高風險區暴露時間，降低疾病風險；(12)提高成蝦活存率及產量。

缺點則有：(1)增加操作的麻煩；(2)高密度少量換水易堆積有機質，風險大，技術層面高；(3)人員操作不慎或維生系統停擺易造成大量死亡；(4)需要額外投資設備，



增加操作成本與勞力負擔；(5)蝦苗搬移時容易產生緊迫死亡。

蝦苗在高密度中間育成系統可能因餌料與水質等因素造成成長延遲，但根據研究顯示，白蝦在解除成長的限制因子後的 20—30 天內具有完全補償成長特性，並不影響大蝦的養殖。國外已有多篇文獻探討蝦苗中間育成模式（如：密度、生物絮凝或清水...）(Wasieliesky et al., 2013；吳等，2001；楊等，2013；魏等，2008)。2018 年墨西哥的白蝦產量超過 14 萬公噸，其境內 60—70% 的養殖場均附設中間育成場，將 PL8—10 的後期幼蟲以密度 7,000 尾/噸水進行中間育成約 1 個月，使均重達 0.4 g 左右，活存率約 90—95%。越南的許多養殖場也因放養大苗而獲得很好的收成。使用此種模式養殖所考量的眾多因素中應以防疫或疾病預防為主，如早死症的及早發現銷毀，大蝦的快速養成以避免長時間暴露於戶外高風險環境等。操作方法首要仍以防疫為主，如盡可能少換水；目前國內乾淨水源取得相對不易，因此需朝向生物絮凝的養殖模式。其次為養成池先養水，建立自營菌系統後再移苗；養殖時注意投餌量及水質與底質管理，設置中央排污，確保不因投餌過量，有機質堆積而於池底厭氧產生硫化氫。

三、養殖操作管理

(一) 投餌飼料

1. 飼料選擇

目前白蝦大多採高密度集約式養殖，白

蝦成長所需的營養幾乎完全來自所投餌的飼料，因此飼料品質的好壞影響養殖成效至為關鍵。應選擇政府立案、信譽良好飼料公司所生產的專業蝦類飼料，其一般成分須達到國家訂定之標準，符合營養全面、水中穩定性好、粒徑均一、粉末少、不帶有蝦類特定病原等特性。

2. 精準投餌

蝦池中氮、磷來源約有 9 成來自所投餌的飼料，而其中只有約 2—3 成能被蝦子吸收利用，其餘都直接或間接排放到水體中，因此飼料的投餌不僅影響蝦子的成長，也直接影響水中氨氮化合物、溶氧、懸浮顆粒濃度及底泥形成與硫化氫的產生，並間接影響植物性浮游生物的光合作用、生物的呼吸作用與水質的 pH 值，影響甚鉅不可不慎。

投餌量依據 Elovaara (2001) 建議的白蝦體重與相對應之投餌率（表 3-1）來決定，亦即 1 天的投餌量為生物量（蝦重）與投餌率的相乘積，一般而言生物量會隨放養時間增加，同時需考量活存率與蝦子均重。

若養殖池的水溫介於 27—31°C，則依表 3-1 投餌率換算，假設蝦苗均重 0.001 g，則一日投餌量為 100,000（蝦苗數）× 0.001（均重）× 35%（投餌率）= 35 g。事實上，放養後 1 週內若是池中天然生物餌料充足（池水夠肥），不一定須投料；反之若池水過清（太瘦）則可多投些，此時粉料一部分充當有機肥。

隨著蝦子成長，估算投餌率時須考慮活存率，正常情況下每週自然死亡率為 0.5%。假設蝦子成長至 10 g，活存率為 70%，則

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

表 3-1 白蝦體重與相對應之投餌率

蝦體重(g)	每日投餌率(%)
PL	35
0.1	25
0.3	20
0.5	15
1	11
2	8
3	7
4	6
5	6
6	5
7	4.5
8	4.3
9	4.0
10	3.8
11	3.5
12	3.3
13	3.0
14	2.8
15	2.5
16	2.3
17	2.1
18	2.0
19	1.9
20	1.8

資料來源：Elovaara, 2001

一日投餌量 = 100,000 (蝦苗放養量) × 70% (活存率) × 10 (均重) × 3.75% (投餌率) = 26,250 g (26.25 kg)。若一日投餌 3 次，則每次投餌量約為 9 kg。

上述投餌率只是參考值，實際投餌量需參照觀察網上的攝食情況。每次投餌時分配 5–10% 的飼料量在觀察網上，投餌後 1–1.5 小時觀察網上有無殘餌 (圖 3-4)，若無殘餌且蝦聚集量多，則下次維持相同投餌量；若無殘餌且蝦聚集量少，則下次增加投餌量；若仍有殘餌，則下次斟酌減量。

投餌量是否足夠除了檢視觀察網有無殘餌及參考投餌率之外，還可以從蝦子腸道顏色判斷。蝦子攝食人工飼料後腸道呈現飼料的褐色，投餌 3 個小時後池底應該已無飼料殘留，飼料也已通過蝦子消化器官並形成



圖 3-4 投餌後 1-1.5 小時觀察網上的殘餌情形

糞便排放，此時蝦子會持續撿食池中天然餌料或有機物，以致腸道呈現黑色，因此若在投餌前 1 小時檢視觀察網中的蝦，其腸道呈現飼料顏色的比例大於 10%，則表示池底還有飼料，應該減少投餌量；相對地，若投餌 1 小時後觀察網中的蝦腸道呈現黑色的比例大於 40%，則表示投餌不足，應該增加投餌量 (Ching, 2011)。根據 Ching (2011) 在中國白蝦養殖池的研究，參考投餌率並檢視腸道顏色相較於參考投餌率並檢視觀察網，達到相同均重所需的時間較短，單位面積產量更高而且飼料效率更佳。

投餌量除了依據投餌率、檢視觀察網和腸道顏色以外，還需依據氣候與水質條件，以及蝦子健康情形等因子隨時調整，如水溫過高 (大於 33°C)、下大雨、倒藻或有疾病症狀時要減少投餌量。因蝦子脫殼前後停止攝餌，遇到大量脫殼時也要減料。

(二) 換水

養殖期間換水為的是將池子裡魚蝦糞便、過多有機顆粒、無機營養鹽、浮游動植物、細菌等排出池外，並保持水溫、溶氧、鹽度、pH 值及其它水質參數在較穩定的狀



態。換水亦可刺激蝦子脫殼，維持正常成長。放養初期池中生物量低與投餌量少，一般不必換水。若池子會滲漏則視情況補充新水。隨著蝦子成長投餌量增加，殘餌與糞便增多，透明度逐漸降低，池中總體生物量不斷提高，須逐漸增加換水量。在投餌前先排除水車造流所積聚的池底淤泥以及池中舊水，排放量約佔總水量的 5–10%，控制進水流量在下次投餌前補滿水位即可，每日操作 1–2 次。

(三) 增氧機之使用

水中溶氧量是影響白蝦養殖成功與否的另一個關鍵因素。白蝦的成長和水中溶氧量成正比，溶氧量高時攝食率大，一般在溶氧量降至 3 ppm 時，攝食率減少，降到 2 ppm 時則停止攝食，更低時則造成死亡。目前白蝦養殖型態多為集約式養殖，水中溶氧量要借助增氧機如槳式增氧機（傳統水車）、噴射式增氧機（美國水車等）、氣提式增氧機、鼓風機等，將空氣中氧氣溶入水體。使用增氧機的目的包括：增加水中氧氣與二氧化碳濃度、平衡水中與大氣中氧氣與二氧化碳的分壓、打破水溫成層、避免懸浮顆粒沉澱形成厭氧層、利用水車或其它機械動力所造成的水流，使有機顆粒聚集並從中央排污孔流出、去除氨氮與硫化氫等有毒氣體、增加單位面積產量等。一般而言，每 1 馬力的增氧機約可以供應 500 kg 白蝦所需要的溶氧，但考量水色濃淡或池底有機物多寡在夜晚與白蝦競爭溶氧的程度不同，最好根據投餌量換算池中白蝦生物量，每 350 kg 白蝦就增加 1 HP 水車，或每天每投餌 10 kg 飼

料就增加 1 HP 水車。

(四) 水質管理

白蝦賴以生存的活動空間即是包覆的水體，而水質是水體品質的簡稱，指的是水的物理、化學與生物學特徵，直接影響白蝦的成長、活存與生殖，從事白蝦養殖者對於水質好壞都應有初步的認知與判斷，以下介紹常見的水質參數。

1. 水溫 (temperature)

水產動物大多為變溫動物，在其合適的水溫範圍內，溫度越高，代謝速率與成長也越快，相對的排放到水體的廢棄物也越多，細菌分解水體有機物與消耗溶氧的速度也越快。氧氣在水中的溶解度亦受水溫影響，以淡水為例，水溫 12°C 的飽和溶氧量為 10.8 ppm，水溫升至 32°C 時飽和溶氧量降至 7.3 ppm (Colt and Huguenin, 2002)。水溫同時影響氨氮的毒性，水溫越高則水體中毒性較強的非離子態氨氮 (NH_3) 的比例也越高。水產動物在太高、太低與劇烈的水溫變化下易產生緊迫並引發疾病，以白蝦為例，最適水溫在 28–32°C，15°C 以下與 35°C 以上即引發緊迫，且一天的水溫變化最好不要超過 4°C。

2. 鹽度 (salinity)

鹽度指的是水體中所溶解的總無機鹽類的濃度，以 1 kg 海水所含有鹽類的克數來表示，其單位為千分之一 ($^0/_{\infty}$)、ppt (parts per thousand) 或 psu (practical salinity unit)。檢測方法通常使用比重計、曲折計或電導度計，一般海水鹽度介於 28–35 psu，淡水指的是鹽度小於 1 psu 的水體。白蝦屬

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

廣鹽性 (0.5–45 psu) 生物，可於內陸低鹽度養殖。白蝦種蝦成熟交配產卵，以及孵化後幼苗需在 30 psu 左右的海水鹽度下操作與培育，變態完成的白蝦苗在水體鹽度由 12 下降到 0 psu 過程中，活存率都能維持在 90.5% 以上。鹽度的降低對蝦苗的活力影響不大，白蝦苗對水體鹽度的變化適應良好。白蝦苗蝦體滲透壓約 380 mOsm/L 時與鹽度 8 psu 左右的水體達等滲點，在等滲點時，維持滲透壓代謝所耗費之能量相對較低，如果飼料所供應之能量夠，可滿足其基礎代謝需求，在 5–32 psu 下，其成長並無顯著差異，鹽度太低反而成長較差 (唐等，2016)。

3. 溶氧量 (dissolved oxygen)

溶氧量是指水體中氧氣的溶解量，單位為 ppm。水體溶氧來自植物性浮游生物行光合作用與大氣中氧氣供給，其含量受水溫、大氣壓力與鹽度所影響。水體飽和溶氧量隨著水溫與鹽度增加、大氣壓力減少而降低。水體生物的新陳代謝都需要有溶氧來維持，

水溫越高，新陳代謝越快，所消耗的溶氧也越多，不利的是當水溫高則水體飽和溶氧相對偏低，因此從事養殖業者在高水溫期更需要借助設備增氧。一般養殖池的溶氧最好維持在 5 ppm 以上，溶氧高則攝食率大，當溶氧降至 3 ppm 以下時，攝食率降低，飼料效率也較差，降至 2 ppm 以下時則停止攝食。養殖池在有水車增氧的情況下，白天藉由藻類行光合作用的輔助，溶氧在下午 2 點左右升到最高，傍晚投餵後因攝食而活動力增加易消耗溶氧，加上光合作用降低，溶氧約在傍晚 6–7 點降到最低，之後隨著夜晚水溫降低與養殖生物減緩攝食，溶氧逐漸升高，太陽升起後更有助於溶氧提升 (圖 3-5)。

4. 酸鹼值 (pH)

pH 值指的是水中氫離子濃度的負對數值，以 0–14 表示，1 個 pH 值為 10 倍的氫離子濃度，pH 7 為中性，低於 7 為酸性，高於 7 則為鹼性，pH 值代表的即是水體的酸鹼度。一般淡水的 pH 值接近 7，海水接近 8.3。多數魚類可容忍的範圍為 5.5–10，

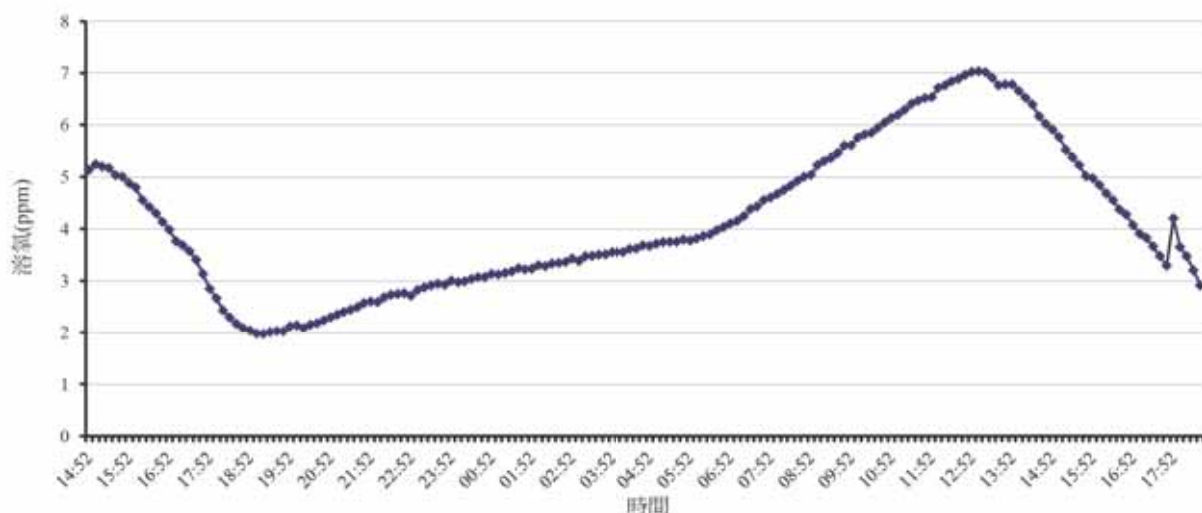
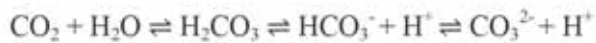


圖 3-5 集約式白蝦養殖池 1 日內溶氧變化



最適範圍為 6.5–9.5；蝦類可容忍範圍為 7.0–9.0，最適範圍為 7.2–7.8。水體 pH 值的變化主要受呼吸作用與光合作用的影響，生物行呼吸作用產生 CO_2 ， CO_2 溶於水形成碳酸 (H_2CO_3)，碳酸再解離產生重碳酸鹽 (HCO_3^-)、碳酸鹽 (CO_3^{2-}) 與氫離子 (H^+)，反應式如下：



由此可知呼吸作用會降低水體 pH 值。反之，植物性浮游生物（藻類）行光合作用吸收了水中 CO_2 ，反應式向左進行，水中氫離子濃度降低則 pH 值升高，由此關係式可以解釋養殖池一天內 pH 值的變化情形，白天藻類行光合作用因此 pH 值上升，藻濃度偏高的池子到下午 2 點 pH 值甚至高達 9。夜晚藻類與池子裡其它生物一樣都行呼吸作用，pH 值下降。避免養殖池一天內 pH 值變化過渡劇烈的方法除了控制藻類濃度外，應維持水體鹼度在 100 mg CaCO_3/L 以上，具有維持氫離子濃度的緩衝效果。pH 值太高與太低時可分別添加明礬與熟石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 作調整。

5. 透明度 (transparency)

如果構成水色的主要因子為植物性浮游生物，則蝦池透明度一般維持在 30 cm 左右。透明度太低時表示藻類或懸浮固體物濃度太高，可能在夜晚時藻類與蝦子競爭溶氧造成缺氧，或倒藻及有機物沉積形成底泥，引發更多水質問題，可在傍晚後換水稀釋來增加透明度。若透明度太高時，陽光直接照射池底可能滋生絲藻，降低透明度的作法，可在上午投餵前排水 40–50 cm，依原進水

水量緩緩補水，連續操作 3–4 次應可將水色營造起來。

6. 總鹼度 (total alkalinity)

總鹼度指的是水中能提供酸緩衝力的所有鹼基的濃度，主要是碳酸鹽 (CO_3^{2-})、重碳酸鹽 (HCO_3^-) 與氫氧化物 (OH^-)，單位為 mg CaCO_3/L ，一般海水平均為 116 mg CaCO_3/L ，淡水為 40 mg CaCO_3/L 。養殖池的總鹼度至少應在 100 mg CaCO_3/L ，才能減緩 pH 值受光合作用與呼吸作用影響所造成的波動。當總鹼度偏低時可添加碳酸鈣或碳酸氫鈉，不過碳酸鈣需在養殖池 CO_2 濃度較高時（夜晚）添加才較容易溶於水，而添加碳酸鈣同時會增加水中硬度。

7. 總硬度 (total hardness)

硬度指的是水中所有二價金屬離子的濃度，主要是指 Ca^{2+} 與 Mg^{2+} ，其濃度單位亦是以 mg CaCO_3/L 來表示。硬度分暫時硬度與永久硬度，兩者合稱總硬度。暫時硬度指的是當水中含有鈣與鎂的重碳酸鹽時，以煮沸法可將重碳酸鹽沉澱後去除，將水軟化。永久硬度指的是水中含有鈣與鎂的硫酸鹽、氯化物、硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽等，以煮沸法亦無法沉澱析出。水的硬度分為四級，0–75 ppm 為軟水，75–150 ppm 為中度硬水，150–300 ppm 為硬水，300 ppm 以上為強硬水。由於鈣對魚類的滲透壓調節與甲殼類的脫殼均扮演重要角色，因此海水的總硬度需維持在 75–200 ppm，淡水需維持在 20–40 ppm，硬度不足時可添加碳酸鈣或硫酸鈣（石膏），添加 2 ppm 硫酸鈣約可提高總硬度 1 ppm。

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

8. 無機氮化合物 (inorganic nitrogen compounds)

養殖池中的無機氮化合物主要是氨氮、亞硝酸態氮與硝酸態氮。投餵到養殖池的飼料經過養殖生物攝食與代謝後排出氨氮廢棄物，或飼料殘餌、藻類與動物屍體等有機物經細菌礦化分解而產生氨氮。氨氮以離子態的 NH_4^+ 與非離子態的 NH_3 兩種形式存在，合稱總氨氮。兩種形式氨氮的比例受水溫與 pH 值影響，當水溫與 pH 值越高，則 NH_3 的比例也越高，而 NH_3 對所有水產動物都具有毒性，會使魚蝦的鰓組織受損，降低血液的攜氧能力，降低成長及免疫力，增加對溶氧的需求等，至於 NH_4^+ 除非濃度很高，否則較無害。一般建議總氨氮安全濃度在 2 ppm 以下， NH_3 在 0.1 ppm 以下，但此濃度會因養殖生物種類、年齡與其它水質條件而異。避免養殖池氨氮偏高的方法不外乎控制投餌量、維持藻類濃度、換水與移除有機物等，另外可借助養殖池的自淨作用，即硝化作用。氨氮在有氧情況下經亞硝酸菌屬 (*Nitrosomonas*) 轉換成亞硝酸態氮，再由硝酸菌屬 (*Nitrobacter*) 轉換成硝酸態氮，整個過程稱為硝化作用，其反應式如下：



亞硝酸態氮是硝化作用的中間產物，對魚類的毒性大於蝦類，因為亞硝酸鹽會將魚類血液中的血紅素氧化成變性血紅素 (methemoglobin)，導致攜氧能力下降，在低鹽度與低 pH 值情況下毒性相對較高，一般

建議其安全濃度在 1 ppm 以下，添加氯化物可降低亞硝酸態氮的毒性。硝酸態氮是硝化作用的最終產物，對養殖生物較不具毒性。當養殖池底部堆積有機物形成厭氧層，此時硝酸態氮在兼性厭氧菌作用下可進行脫氮反應，最終產生氮氣散逸至大氣中。



脫氮與硝化作用在現今養殖池大都採取大量換水的操作模式下，可行性重要性都相對降低，但在循環水或零換水的條件下卻功不可沒且相輔相成，硝化作用產生硝酸鹽並降低鹼度與 pH 值，而脫氮作用增加鹼度與提升 pH 值，並徹底將氮元素自養殖池移除。

9. 硫化氫 (hydrogen sulfide)

養殖池硫化氫的來源主要分為兩種，一種是有機來源，即殘餌形成有機物堆積，經細菌分解而來，為主要來源；另一種是無機來源，為硫酸鹽受到硫酸還原菌作用而產生。硫化氫為具腐臭味的有毒氣體，易溶於水，在水中分兩段解離：



H_2S 具有毒性，而 HS^- 與 S^{2-} 不具毒性。硫化物以 H_2S 形式存在的比例因 pH 值而異，pH 7.5 約有 14%，pH 降至 6 則有 83%，且高溫會加劇硫化氫的毒性，一般養殖池建議其濃度應維持在 0.002 ppm 以下，當養殖池可聞到硫化氫的腐臭味時，養殖生物應已遭受毒害。一般情況下養殖池不易發生硫化氫中毒，因在溶氧充足的情況下好氣性的硫化細菌可將不穩定的 H_2S 氧化成無



毒性的硫酸鹽，即便如此，平時仍應做好預防工作，即維持充足的溶氧，適時移除過多有機物，適當的 pH 值範圍，適量的換水等，若引用地下水則常含有鐵、錳金屬離子可與硫化氫形成黑色的硫化物沉澱。

10. 氧化還原電位 (oxidation reduction potential, ORP)

池水在良好狀態下 ORP 值約 150–250 mv。養蝦池需要有一定濁度，即池水須有 100–300 ppm 的懸浮固體物（飼料碎屑、糞便、浮游動植物、菌團、有機顆粒等），這些懸浮固體物會消耗溶氧，此時的 ORP 值在 150 mv 左右是合理的。ORP 通常用來監測底土的有機物含量，或底土的氧化還原狀態，以預防因池底堆積有機物產生有毒還原性物質（如硫化氫）。在有水車打氣的情況下，池水的 ORP 值也許有 150 mv，然而此時底質可能因堆積過多有機物使 ORP 降至 -250 mv 而有利硫化氫釋出，形成白蝦的隱形殺手。養殖池水質是否惡化的指標包括：溶氧、pH、氮氮化合物、總鹼度、生化需氧量 (biochemical oxygen demand, BOD)、正磷酸鹽及硫化氫等，ORP 則較適合用來監測底質是否惡化。關於改善並提升 ORP 值的方法，針對池水可以從增加溶氧，增加透明度，降低懸浮固體濃度來著手；針對底質則除了維持溶氧以外，去除底泥是最直接有效的方法，另外使用光合細菌對提升 ORP 值也有幫助。

(五) 水色對白蝦養殖之影響

養蝦池各種水色之呈現是由於動、植物浮游生物之種類及多寡的不同造成，水色就

是藻相的代表，是水質優劣的指標，養殖者可以藉由觀察水色，而決定是否必須進行換水，或改良底質等管理措施，以維護優良藻相，防止疾病的發生。因此，如何於養殖前建立良好水色，並於養殖期間設法維持適當的水色是成功養殖白蝦的重要關鍵。

蝦苗從繁殖池或培養池移往室外養成時，蝦池中的生物相會影響其活存及成長。一般而言，浮游動物為幼蝦良好的餌料，而浮游植物則建立藻相，提供幼蝦良好而穩定的棲息環境。浮游植物對水中病原性細菌之繁殖往往有抑制作用，而當浮游動物族群不正常增加時，常會引起病原性細菌的滋長，所以應於白蝦養成池中培養適當的水色後再進蝦苗，可預防蝦病發生。

建立良好水色的困難與否，和整池是否完整、蝦池底土和水源的物理和化學性質、人為提供的肥料及氣候環境變化有密切的關係。水溫較低時，藻類常無法順利成長，會導致水色不良；水溫較高時，若過量使用肥料會導致池水優養化，造成藻相不良。不良藻相快速繁殖，通常會伴隨透明度過低的現象，造成池底快速老化，進而產生不良菌相，不良菌相會導致不良藻相，引起惡性循環，使養殖事倍功半。因此，在水色培養時，配合氣候及環境因子變化，適當使用有機或無機肥料，使白蝦養成池中植物及動物性浮游生物適時的出現，是非常重要的。建立良好水色及藻相，需配合藻類生長週期，不要刻意用藥控制，如池水中藻類大量死亡，藻屍大量沉澱池底並腐敗，可能會釋出有毒物質並造成倒藻現象，引起池蝦的大量死亡。

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

養殖水色變化通常可以做為白蝦養殖管理的重要依據，不同水色代表不同的藻相也代表著池中情形，以下簡述幾種養殖池水色與代表藻相情形：

1. 淡褐色水色

此種水色通常出現於海水蝦池放養初期（圖 3-6），也就是所謂的「紅水」，水中主要藻類以矽藻類為主，海水中矽藻為主要優勢種，但由於其生長周期短，也很容易由於水中矽酸鹽消耗殆盡後，無法大量維持數量，所以通常在放養 1-2 週後，水色會澄清，而後會由其他藻類取代；但如果是由混凝土建設的硬池，由於會溶出矽酸鹽類，後續仍有可能再次呈現黃淡褐色水色，土池則通常不會再次產生，除非大換水，此種水色是適合蝦類養殖的水色，但保持不易。

2. 鮮綠色水色

此種水色通常出現於蝦池放養的中後期（圖 3-7），水中主要藻類以綠藻類為主，通常容易接續於前述淡褐色水色之後，但由於綠藻類不像矽藻類有明確的限制因子問題，通常可以保持一段時間，但如果水中過於優養化或鹽度劇烈變化，則有可能會被藍綠藻取代，導致水質變化，但一般而言，鮮綠色水色也是適合蝦類養殖的水色，且可以透過換水調節等保持水色。

3. 墨綠色水色

此種水色通常於蝦池養殖管理有問題的池塘出現，水中藻類以藍綠藻為主，造成此種水色的主因如前段所述，底質堆積過多有機物，或下大雨造成水中倒藻腐敗後來不及清除，導致藍綠藻大量增生，由於藍綠藻



圖 3-6 白蝦養殖前期土池水色變化



圖 3-7 白蝦養殖後期土池水色變化

適應環境能力較強，通常無法利用換水方式清除，而且藍綠藻即是所謂「土味」的來源，所以應盡量避免此種水色的發生。

4. 褐色水色，且水中懸浮物多

此種水色通常出現於蝦池高密度養殖的養殖後期，其水中藻類數量少，黃褐色來源主要來自未食用完的飼料或蝦類排泄物、與細菌聚集形成的團塊（絮團），水中主要以細菌類為主，水質會隨著水中懸浮物多寡變動，需要依靠每天換水來保持水中環境的平衡，在控制得當的情形下，此種水色提供蝦類隱蔽與部分食物來源，對於蝦類養殖也是適合的情形，但如果水中懸浮物過多，細菌大量繁殖，則可能會產生腐敗情形，造成水質酸化，蝦類會因此緊迫產生不良影響，故每天排污與換水為養殖後期重要的操作。



(六) 生物絮凝 (biofloc) 技術在白蝦養殖上的應用

生物絮凝指的是水產養殖系統中由生物（細菌、真菌、微細藻類、浮游動物等活體與死亡殘骸）和非生物（糞便、有機碎屑、飼料殘餌等）成分受到黏著性物質或吸引力影響，而彼此黏結聚集成 0.1 到數 mm 大小的團塊，由於其質輕且具多孔性，有利於在水體中懸浮，也有利於水流的穿透，同時因其中含有氧氣與營養源，容易吸引異營性細菌附著與繁殖，並且驅動水中氮氮化合物的轉化與循環再利用。

生物絮凝技術約在 90 年代中期分別由以色列的 Yoram Avnimelech 與美國的 Steve Hopkins 同時進行研發，而最早應用這項技術從事商業性生產的是貝里斯 (Belize) 的水產養殖有限公司，該公司養殖池面積介於 0.065–1.6 ha，平均深度 1.8 m，全都內置塑膠布，搭配 28–60 hp/ha 的水車強力曝氣與攪拌水體，以避免有機物沉澱。放養 125–140 尾/m² 的白蝦後期幼蟲，初期飼料以含 18% 粗蛋白的穀類為主，目的在促使生物絮凝的形成，1 個月後才逐漸提高飼料蛋白質含量，並添加糖蜜作為有機碳源。收成產量 1.1–1.5 kg/m²，最大產量達 2.7 kg/m² (Hargreaves, 2006)。有了貝里斯的成功經驗後，印尼、澳洲與馬來西亞也陸續應用生物絮凝技術從事白蝦的商業生產，在印尼以 0.25–0.6 公頃的池塘放養密度 100–300 尾/m² 的白蝦，應用生物絮凝技術搭配間捕 (partial harvest) 策略，得到 1.9–4.9 kg/m² 的產量 (Taw et al., 2008)。此外，生物絮凝

技術也應用在室內白蝦超高密度渠道式養殖系統，產量達 9 kg/m³ 以上 (Samocha, 2009)。

養殖池產生生物絮凝的條件包括：(1) 養殖過程零換水或少量換水，避免異營性細菌流失；(2) 高密度養殖，以產生足量有機物與氮氮供異營性細菌利用；(3) 養殖池充分曝氣與攪拌，避免懸浮顆粒沉澱形成厭氧層，當懸浮顆粒過多時，以中央排污或虹吸方式移除；(4) 養殖池須為水泥池或內襯 HDPE 材質塑膠布，以利於沉積物排出；(5) 使用粗蛋白含量較低的配合飼料 (C/N 較高)，並添加有機碳；(6) 異營性細菌來自天然族群，不需另外培養菌種 (Avnimelech, 2003, 2009)。

生物絮凝技術應用在白蝦養殖主要有以下 3 個優點：(1) 水質處理，去除無機氮化合物。養殖池即為水質處理池，不需額外成本裝設過濾設備，只須以成本低廉的有機碳調整碳氮比，異營性細菌即可吸收固定氮，降低硝酸鹽的累積；(2) 形成微生物蛋白質，做為餌料，降低飼料成本。飼料蛋白質中的氮約有 75% 未能在第一時間被養殖生物利用，經由生物絮凝技術可再次被養殖生物吸收，提高飼料效率，增加產量與收益 (Megahed, 2010; Schryver et al., 2008; Taw, 2010)。生物絮凝因含高量蛋白質 (40% 左右)，亦可當作飼料原料，減少魚粉與大豆粉的用量 (Kuhn et al., 2010)；(3) 具抑菌效果，增加活存率。生物絮凝中的微生物含有聚合物 PHB (poly-β-hydroxybutyrate)，在養殖生物腸內可釋出抗菌物質丁酸 (Schryver et al., 2008)。此外，生物絮凝可降低 *Vibrio*

白蝦 White Shrimp

楊明樺、周芷儀

harveyi 的群體感應 (quorum sensing)，達到抗菌效果 (Crab et al., 2010)。

生物絮凝技術應用在白蝦高密度零換水養殖模式，除了可達到生物安全防疫，充分利用土地與水資源，還可將有毒氮磷廢棄物轉換利用，成為養殖生物的餌料，或取代部分魚粉成為飼料原料，降低生產成本，增加收益，還兼顧環境保護與水產養殖的永續發展，相較於現今白蝦養殖大都採用大量換水或循環水的模式所引發的諸多問題，應有導正之效，值得繼續研發與應用。

(七) 檢疫

購買蝦苗前最好可以先取少量送家畜衛生試驗所檢疫或由苗商出示檢疫證明，以確保蝦苗的健康狀態。養殖過程除留意成長速度、外觀、體色、肝胰臟及腸道完整與飽滿度，甲殼厚度、肌肉結實度與透明度，活力及其它健康指標外，亦可定期採樣送家畜衛生試驗所檢驗，將檢疫費用納入養蝦固定

成本之一，可協助釐清養殖成敗因素，並確保生物安全防疫式養殖的落實。

四、收穫

目前臺灣白蝦市場分為活蝦（主要）及冷凍加工，活蝦市場池邊交易價受特定節日及季節影響較大，例如母親節、中秋節及春節為活蝦需求量較高的三大節日，池邊交易價也較高，養殖業者通常依此回推選擇合適時機及密度放養，來迎合這些節日增加收益。臺灣混養型態的白蝦佔總生產量的大宗，因此，當混養的白蝦在 6-10 月相繼收穫時，市場上白蝦供應量大增，白蝦價格也就順勢下跌。

白蝦收穫方式可以用蝦籠分批間捕，或用 1 人操作之拖網大量捕捉 (圖 3-8)，利用配備純氧充氣及降溫海水之水車運往市場銷售。



圖 3-8 白蝦收穫情形

第四章

白蝦的營養需求飼料

周瑞良¹、楊順德²、吳豐成¹

¹水產試驗所東港生技研究中心、²淡水繁養殖研究中心

一、營養需求

蝦類營養研究始於 70 年代初，因種類、大小、來源、蝦隻生理、飼養環境、試驗設計、試驗設施、飼料形式、飼料配方與加工方式等均不同，以致無法將這些研究結果整合比較，但仍可採用這些研究成果的基本原則調配市售蝦類飼料，表 4-1 為蝦類飼料一些營養素的推薦量 (Akiyama, 1992)。

表 4-1 蝦類飼料的一些營養素推薦量

營養素	限度	蝦隻大小(g)		
		0-3	3-15	15-40
蛋白質	不低於	40.0	38.0	36.0
脂質	不低於	6.2	5.8	5.5
	不高於	7.2	6.8	6.5
纖維	不高於	3.0	4.0	4.0
灰分	不高於	15.0	15.0	15.0
鈣	不高於	2.3	2.3	2.3
可利用磷	不低於	0.8	0.8	0.8
鉀	不低於	0.9	0.9	0.9
離胺酸	不低於	2.12	2.01	1.91
精胺酸	不低於	2.32	2.20	2.09
羥丁胺酸	不低於	1.44	1.37	1.30
甲硫胺酸	不低於	0.96	0.91	0.86
甲硫胺酸/胱胺酸	不低於	1.44	1.37	1.30
磷脂質	不低於	1.0	1.0	1.0
膽固醇	不低於	0.35	0.3	0.25
EPA	不低於	0.4	0.4	0.4
DHA	不低於	0.4	0.4	0.4

資料來源：Akiyama, 1992

(一) 蛋白質與胺基酸

1. 蛋白質需求

蛋白質是動物體含量最多且最為重要的成分，在動物體結構與生理功能上佔有重要的角色，由於動物不斷利用蛋白質以進行生長、組織修復、合成激素和酵素及作為能量來源等，因而必須不斷提供蛋白質。在早期的研究，以半純化飼料進行試驗，認為白蝦的蛋白質需求為 28—32%；白蝦在後期幼生的前期蛋白質需求高於 40%，但在生活史的後段之蛋白質需求低於 30%。以半純化飼料探討白蝦幼生的蛋白質需求，結果認為其需求為 37.6%。以酪蛋白與蟹肉濃縮蛋白為蛋白源、飼料能量與蛋白質比維持在 10 kcal/g protein，結果顯示白蝦的最適蛋白質需求約為 30%。

放養密度及飼養環境也會影響蝦類對飼料蛋白質的需求，土池中以半集約式 (5—11 尾/m²) 養殖白蝦，比較餵以蛋白質含量 20% 和 40% 的飼料對池蝦產量的影響，結果蛋白質含量在 20% 即可滿足半集約式養殖白蝦的成長所需。廣鹽性的蝦類為調節滲透壓的平衡以適應鹽度的改變，會使其消耗某些營養素與能量，因而造成在不同鹽度環境下，蝦隻對飼料蛋白質的需求有所不同，白蝦飼育在較高鹽度環境時，需較高

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

含量的飼料蛋白質；血淋巴液的蛋白質濃度與飼料蛋白質含量有關，高蛋白飼料將使適應低鹽度環境蝦隻血淋巴液的蛋白質濃度提高，而血淋巴液的蛋白質會被分解為胺基酸以維持滲透壓恆定或作為代謝能量則與環境鹽度有關；在低換水量的環境下白蝦稚蝦餵以 31% 蛋白質之飼料，其成長率、換肉率與蛋白質效率均較餵食 21% 蛋白質者佳。

2. 胺基酸需求

造成飼料蛋白質需求差異的飼料因素包括蛋白質品質之差異、試驗飼料含有不同的蛋白質及能量比或代謝能值，以及不同蛋白源之必需胺基酸組成不同。蛋白質是由胺基酸所組成，飼料中蛋白質的營養價與其含有必需胺基酸的量及胺基酸間的平衡有關，因此動物對蛋白質的需求在實質上是對胺基酸的需要。蝦類和魚類一樣都需要十種必需胺基酸，這十種胺基酸是蝦類無法合成或合成能力有限，包括：精胺酸 (Arginine)、組胺酸 (Histidine)、白胺酸 (Leucine)、異白胺酸 (Isoleucine)、離胺酸 (Leucine)、甲硫胺酸 (Methionine)、苯丙胺酸 (Phenylalanine)、色胺酸 (Tryptophan)、羥丁胺酸 (Threonine) 及纈胺酸 (Valine)。通常胺基酸的定量需求試驗係將飼料中的某一欲探討之必需胺基酸的量設計至最低量，再逐次添加不同含量之結晶型胺基酸，由動物成長結果求出必需胺基酸的需求量，但蝦類對結晶型胺基酸的利用率不佳，因而始終無法定出其必需胺基酸的需求量，直到最近幾年發展出將結晶型胺基酸微膠囊化或微粒黏結等改善方法，蝦類的必需胺基酸需求量

才逐漸被研究出來 (表 4-2)。對白蝦而言，必需胺基酸中以羥丁胺酸、離胺酸、精胺酸及甲硫胺酸尤為重要，其中離胺酸和精胺酸有拮抗性，一般認為離胺酸和精胺酸的比例應保持 1:1 或 1:1.1 (莊，1993)。

表 4-2 蝦類的必需胺基酸需求量

胺基酸	需求量 (g/kg 蛋白質)	蝦種
精胺酸	53	草蝦
	55	草蝦
組胺酸	22	草蝦
異白胺酸	27	草蝦
白胺酸	43	草蝦
離胺酸	52	草蝦
	31	白蝦
	45-52	白蝦
甲硫胺酸	35	草蝦
甲硫胺酸+胱胺酸	40	草蝦
苯丙胺酸+酪胺酸	77	草蝦
羥丁胺酸	35	草蝦
色胺酸	5	草蝦
纈胺酸	34	草蝦

資料來源：Wilson, 2003、楊，1994

3. A/E ratio

成長中的動物體其增重大多來自於肌肉蛋白質的蓄積，故推斷飼料的胺基酸組成應與該動物肌肉蛋白質的胺基酸組成有密切關聯性，因此飼料胺基酸組成與蝦體胺基酸組成愈接近，蝦隻的成長愈好，且依據蝦體的胺基酸組成設計相應的飼料配方，也是種既方便又可能得到良好配方的合理方法，通常是以肌肉中必需胺基酸量與總必需胺基酸量的比值 (A/E ratio) 作為參考依據，



此種方式雖無法定出飼料中必需胺基酸的需求量，但可藉以瞭解蝦飼料中胺基酸是否缺乏。一些蝦類肌肉和不同蛋白源的 A/E ratio 列於表 4-3，與蝦類的肌肉必需胺基酸組成相較，魚粉中精胺酸的 A/E ratio 比蝦類為低，因而魚粉可能不算是蝦類最適宜的胺基酸來源；而大豆粕中離胺酸、甲硫胺酸和色胺酸的比例亦不足以供應蝦類成長所需。

4. 蛋白質消化率

胺基酸組成看似良好的飼料原料，若是無法被蝦體消化、吸收及利用，對蝦隻的成長仍無所助益，因而消化率是探究飼料原料品質的重要依據。Akiyama et al. (1991) 列舉了白蝦對幾種常用飼料原料中的乾物、蛋白質與胺基酸的表觀消化率，其結果如表 4-4、4-5 所示，大豆粕的乾物消化率比魚粉

表 4-4 白蝦對幾種飼料原料的乾物及蛋白質表觀消化率

飼料原料	乾物表觀消化率(%)	蛋白質表觀消化率(%)
純化原料		
酪蛋白	91.4	99.1
小麥筋粉	85.4	98.0
大豆蛋白	84.1	96.4
明膠	85.2	97.3
玉粉澱粉	68.3	81.1
實用原料		
烏賊粉	68.9	79.7
魚粉	64.3	80.7
蝦粉	56.8	74.6
大豆粕	55.9	89.9
米糠	40.0	76.4

乾物表觀消化率：Apparent dry matter digestibility

蛋白質表觀消化率：Apparent protein digestibility

資料來源：Akiyama et al., 1991

表 4-3 一些蝦類肌肉與飼料原料的 A/E ratio^{1,2}

胺基酸	蝦 種				飼料原料		
	白蝦	草蝦	斑節蝦	泰國蝦	白魚粉	烏賊粉	大豆粕
精胺酸	13.7	15.3	15.2	20.6	12.5	15.2	13.1
組胺酸	3.8	4.7	4.5	4.5	4.5	4.6	7.1
異白胺酸	10.8	8.5	8.6	7.2	7.9	8.5	9.8
白胺酸	16.3	14.6	15.0	14.8	15.0	15.7	15.7
離胺酸	14.4	14.5	15.8	17.3	15.5	15.9	12.6
甲硫胺酸 ³	1.1	7.4	7.5	6.5	7.5	7.9	5.6
苯丙胺酸	11.3	15.5	16.8	7.4	16.4	13.2	17.3
羥丁胺酸	9.1	7.6	8.2	7.6	8.4	8.4	8.3
色胺酸	2.1	2.1	-	-	2.7	2.0	0.9
纈胺酸	10.6	9.9	8.3	7.3	10.3	8.8	9.6

¹ A/E ratio = (必需胺基酸÷總必需胺基酸包括胱胺酸和酪胺酸) × 100

² 依據 Peñaflorida, 1989; Fox et al., 1994; Mente et al., 2002

³ 除白蝦未測胱胺酸外，其餘皆為甲硫胺酸與胱胺酸的總和

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

表 4-5 白蝦對幾種飼料原料中的必需胺基酸表觀消化率(%)

飼料原料	精胺酸	組胺酸	異白胺酸	白胺酸	離胺酸	苯丙胺酸	羥丁胺酸	纈胺酸
酪蛋白	99.2	99.3	99.4	99.5	99.5	99.4	99.1	99.4
小麥筋粉	98.1	98.1	98.3	98.5	96.7	98.7	97.2	98.1
大豆蛋白	97.5	96.7	96.8	96.7	97.5	96.6	95.3	96.4
明膠	98.4	93.6	95.8	96.2	96.9	96.3	94.5	96.1
大豆粕	91.4	86.3	90.2	88.4	91.5	89.6	89.3	87.9
魚粉	81.0	79.0	80.4	80.7	83.1	79.1	80.6	79.4
蝦粉	81.8	75.4	81.6	82.1	85.7	75.6	83.7	79.0
烏賊粉	79.4	73.6	77.2	79.4	78.6	74.1	79.7	79.3
米糠	85.1	82.6	73.4	74.9	81.0	74.9	73.2	75.9

資料來源：Akiyama et al., 1991

和烏賊粉低，可能也是由於大豆粕含有較高量的碳水化合物的緣故。常用幾種原料的蛋白質表觀消化率大小依序為：酪蛋白 > 小麥筋粉 > 大豆蛋白 > 魚粉 > 烏賊粉 > 蝦粉；而胺基酸的表觀消化率與各該原料的蛋白質消化率的趨勢大致相同。

5. 替代蛋白源

魚粉未必是蝦類最適的蛋白源，亦曾有報告指出以魚粉為飼料單一蛋白源會使蝦類成長低下，再加上全球的魚粉產量因漁獲量達到瓶頸而無法增產，甚而有減產的現象，使得魚粉的價格居高不下，顯然開發低價魚粉替代蛋白源以降低飼料成本，是日後蝦類飼料乃至整個水產飼料業的走向。表 4-6 是常見的蝦類飼料原料的胺基酸組成，其中大豆粕、花生粕和棉籽粕是各地蝦類飼料常用的植物性蛋白源，其價格約為魚粉的 1/4，然而植物性蛋白源普遍存在的難題是離胺酸和甲硫胺酸為第一、第二限制性胺基酸，羥丁胺酸亦略顯不足，過量使用這類原

料可能會有飼料胺基酸不平衡的問題，若能以合適的動物性蛋白加以補充，將有互補加乘的效果。

在白蝦飼料魚粉替代蛋白源的研究方面，大豆粕是蝦類飼料中最常被使用的植物性蛋白，其在蝦類實用飼料中取代動物性蛋白的添加比例約為 20 - 50%，Lim and Dominy (1990) 甚至認為若飼料的嗜口性和水中安定性能夠改善，白蝦飼料中的大豆粕添加比例應該可以超過 50%。以水解羽毛粉與大豆粕共同取代魚粉，發現以 2:1 的比例在白蝦飼料中添加 20% 約可節省 55% 的魚粉。在其它植物性蛋白方面，白蝦飼料中由高纖維菜籽粕提供 30% 的蛋白質，對於蝦隻的成長、飼料效率和蛋白質利用率沒有影響。

在動物性替代蛋白源方面，早期的研究顯示白蝦飼料中添加烏賊萃取蛋白可增進蝦隻消化道的營養素吸收而促進成長 (Fox et al., 1994)，此外，烏賊粉、水解魚肉蛋白



表 4-6 常見蝦類飼料原料的胺基酸組成(g/100g 原料)

飼料原料	粗蛋 白	精胺 酸	組胺 酸	異白 胺酸	白胺 酸	離胺 酸	甲硫 胺酸 ¹	苯丙 胺酸 ²	羥丁 胺酸	色胺 酸	繡胺 酸
白魚粉 ³	70.50	4.37	1.58	2.74	5.23	5.43	2.63	5.72	2.95	0.72	3.58
秘魯魚粉 ³	70.51	3.91	1.27	2.92	4.99	5.20	2.63	4.99	2.78	0.52	3.70
魚精粉 ⁴	70.00	4.52	1.41	2.52	4.18	4.67	2.23	4.40	2.66	0.52	3.00
烏賊粉 ³	78.69	5.89	1.76	3.30	6.09	6.17	2.97	5.13	3.24	0.76	5.75
蝦粉 ⁴	39.50	2.35	0.90	1.46	2.60	2.17	1.41	1.59	1.42	0.42	1.83
肉骨粉 ⁵	50.00	3.37	0.96	1.43	3.00	2.67	1.15	2.79	1.65	0.30	2.45
水解羽毛粉 ⁴	85.80	5.66	0.58	3.95	7.14	1.84	4.08	7.01	3.91	0.43	6.88
血粉 ⁴	84.00	3.63	5.18	0.79	11.58	7.62	1.68	6.97	4.00	1.06	7.02
大豆粕 ³	43.80	2.62	1.42	1.97	3.14	2.53	1.12	3.46	1.66	0.19	1.93
花生粕 ⁵	48.10	5.89	1.33	1.76	3.33	1.71	1.08	4.72	1.67	0.48	1.88
棉籽粕 ⁵	41.20	3.97	0.83	1.15	1.80	1.89	0.95	2.90	1.02	0.42	1.68
麵粉 ⁵	12.90	0.64	0.30	0.51	0.89	0.36	0.48	1.06	0.37	0.17	0.59
麩皮 ⁴	15.60	1.04	0.38	0.53	0.99	0.65	0.62	1.10	0.54	0.19	0.73
粉頭 ⁵	17.00	0.98	0.41	0.67	1.08	0.67	0.40	1.04	0.54	0.20	0.75
小麥筋粉 ⁴	79.00	2.81	1.59	2.81	5.39	1.44	2.65	6.22	2.05	0.76	3.19
米糠 ⁴	12.80	0.97	0.34	0.51	0.90	0.56	0.42	1.19	0.44	0.13	0.77
啤酒酵母 ⁴	48.40	2.27	1.12	2.15	3.11	3.38	1.19	3.36	2.21	0.55	2.48

¹包括胱胺酸；²包括酪胺酸；³換算自 Peñaflorida, 1989；⁴依據 Guillaume et al., 1999；⁵依據 NRC, 1993

或水解南極蝦蛋白均可部分添加於白蝦飼料中，其成長甚至比對照組佳。蠅蛆粉蛋白質、脂質含量高，含硫胺基酸豐富，營養價值與魚粉相當，昆蟲是動物界中的最大類群，家蠅、蠶蛹、蠅蛆、蚯蚓等的工業化規模養殖、生產及開發利用等都對解決配合飼料中魚粉短缺問題具有長遠的意義。

(二) 碳水化合物

碳水化合物為碳、氫與氧組合而成的化合物，是動物主要的化學能來源。碳水化合物包括簡單醣類或稱單醣，單醣又可區分成四大類：三碳糖、四碳糖、五碳糖和六碳糖，由這些單醣彼此連接而成雙醣和多醣。重要

的多醣類包括澱粉是植物碳水化合物主要之貯存形式、肝醣是動物碳水化合物主要之貯存形式、纖維素則為植物主要的構造成分以及幾丁質是甲殼類外殼的主要成分。

碳水化合物、脂質和蛋白質是可供應動物能源的三大營養素，飼料中的碳水化合物或脂質含量不足時，蝦隻將利用蛋白質以滿足其能量需要；當有適當的能量可利用時，則蛋白質將利用作為生長。蝦類對碳水化合物沒有特定的需求量，但飼料中若缺少碳水化合物同樣會使蝦隻成長低下，因為飼料低碳水化合物會使蝦類將蛋白質轉換成葡萄糖和肝醣以滿足其生理代謝所需的能量；反

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

之，如果飼料可提供質量合適的碳水化合物以代謝成能量，那麼飼料中的植物性蛋白添加量將可大為提高。飼料中碳水化合物的添加量因蝦類食性、蝦體由蛋白質和脂質合成醣類的能力以及蝦隻代謝蛋白質和脂質取得能量的能力等而有變動，一般而言，碳水化合物以澱粉的形式在蝦類飼料中的添加量可達 20—30%。碳水化合物除了作為能源以減少蝦體使用蛋白質供能外，亦可作為供生長需要的各種中間性代謝前驅物質；即非必需胺基酸、核酸和幾丁質等，此外，一些碳水化合物可作為飼料的黏著劑，增加飼料顆粒在水中的安定性以減少溶失。在陸上動物，膳食纖維分為水溶性及難溶性兩大類，添加水溶性膳食纖維，如關華豆膠、果膠或羧甲基纖維素等，因可提高飼料的黏度而延長了動物胃排空的時間，據推測這類的纖維也可能會影響到甲殼類對碳水化合物的吸收。飼料中難溶性纖維含量高，可能會減短食物通過腸道的時間、阻礙食物與消化酵素的接觸以及與動物所需要的金屬離子產生螯合，並且降低蝦類對飼料的消化率。在飼料製造過程中，高纖維含量將使飼料難以黏著，而且纖維很難予以磨細，以致使飼料多孔隙，造成飼料的水中安定性變差。目前中央標準局水產動物配合飼料國家標準所訂之蝦類飼料粗纖維的最高含量為 3%。

(三) 能量

蝦類攝食主要是為滿足其對能量的需求，以作為成長、活動與繁殖之用。若飼料能量過高將使蝦隻的攝食量減少，相對的其它營養素的攝取也因而減少進而影響成長；

反之，若飼料能量過低，將使蝦隻利用蛋白質作為能源而不用在成長。動物利用能量的生物過程稱為代謝，而能量被利用的速率稱為代謝率，蝦類的代謝率受到許多因子的影響，如水溫、種類、年齡或體型、活動、生理狀況及體能等，其它非生物性因素如氧與二氧化碳濃度，pH 值與鹽度也會影響代謝率。

(四) 脂質

脂質是生物體中可被非極性溶劑如乙醚或氯仿等萃取出來的部分。脂質包含游離脂肪酸、三甘油脂、磷脂質、油脂、蠟和固醇類等，脂質為甘油的脂肪酸酯，是動物儲存能量的物質、磷脂質是細胞與胞器膜的主要組成分，且有助於維持體液與膜之彈性、神經磷脂是腦和神經的成分、固醇類為性激素及其它激素的前驅物、蠟則是植物及部分動物的能量儲存物質。脂質是動物重要的能量來源，1 克的脂質可產生 8—9 大卡，相當於同重量蛋白質或碳水化合物產能的兩倍多；脂質除提供能量外，也提供蝦類的必需脂肪酸，如亞麻油酸 (18:2n6)、次亞麻油酸 (18:3n3)、廿碳五烯酸 (20:5n3; EPA) 及廿二碳六烯酸 (22:6n3; DHA) 等；另外，脂質也是脂溶性維生素的來源，在飼料中的脂質亦可做為誘引劑且會影響飼料的品質。

1. 必需脂肪酸

脂肪酸在促進蝦體成長、變態和繁殖過程都有其重要功能，n-3 HUFA 更可增加幼蝦抗緊迫的能力。動物組織中的脂肪酸是源自於由食物攝取而來或利用其它脂肪酸、蛋白質或碳水化合物自體合成，已有許多研究



顯示對蝦類自體合成 n-3 系列 (如 18:3n3、EPA 和 DHA) 與 n-6 系列 (如 18:2n6、20:4n6 和 22:5n6) 脂肪酸的能力有限,因而這類的脂肪酸都是對蝦類的必需脂肪酸。

2. 磷脂質

磷脂質是生物細胞膜之主要成分,為複合脂質;磷脂質是甘油骨架在其第 1 與第 2 位置與脂肪酸酯化,而第 3 位置則為磷酸與氨基酯化;若氨基為膽鹼則為磷脂膽鹼 (PC, 亦稱為卵磷脂)。一般常見的卵磷質為大豆卵磷脂,對蝦類飼料以大豆卵磷脂為來源時所需要的磷脂質為 1.0–6.5%,而一般的推薦量為 2.0%。

3. 膽固醇

在甲殼類的肌肉中固醇類約佔脂質的 41.5%,其中有 90% 是膽固醇,但和一般脊椎動物不同的是,甲殼類無法由簡單分子,如醋酸鹽、二羧酸或角鯊烯等合成膽固醇,而蝦體內許多固醇類和必需成分如脫殼激素、性激素與維生素 D 等都是由膽固醇所合成,膽固醇也是細胞膜成分且在脂肪酸運輸吸收上有其功能,因而須由食物中攝取固醇類才能維持其正常生理代謝及成長。一般蝦類飼料中合適的膽固醇含量為 0.2–2.0%,因種類、年齡大小和飼料原料的成分而定。表 4-7 為蝦飼料中常用原料的膽固醇含量,飼料可因使用這些原料而減少膽固醇的實際添加量,一般飼料原料特別是蝦頭、殼粉和烏賊粉含有不少膽固醇,故膽固醇實際的添加量僅約 0.1% (Akiyama et al., 1992)。一般白蝦飼料中膽固醇的推薦含量為 0.5%。

表 4-7 蝦類飼料中常用原料的膽固醇含量

原 料	膽固醇 (佔脂質%)	原 料	膽固醇 (佔脂質%)
烏 賊 肉	18.0	鮭 魚	1.4
烏賊內臟	3.0	鱈 魚	0.6
全 蝦	9.9	鱈 魚	0.6
蝦 頭	10.0	烏 賊 油	1.8
蟹	7.8	鱈 魚 油	0.8
蛤	5.2	鱈魚肝油	0.6
貽 貝	1.7	墨罕敦油	0.5
助宗鱈魚	7.1	鮭 魚 油	0.5
鱈 魚	6.2		

資料來源：Akiyama et al., 1992

(五) 維生素

維生素雖不是構成動物體的主要成分,也無法提供能量,但在動物體的代謝和生理功能上,具有相當重要且不為其它營養素所替代的作用。許多維生素是構成輔酶的重要成分,有的則直接參與動物體的生長和生殖活動,動物若長期攝取維生素不足會造成缺乏症,以致發生代謝障礙、生長遲滯及對疾病的抵抗力下降;蝦類若缺乏維生素也會有黑死病、脫殼死亡、天空蝦以及成長緩慢等現象。維生素的需求量隨動物大小、年齡、成長率、環境因素以及成熟度而有所不同,一般蝦類飼料中的維生素含量都要比真正的需求量為高,原因有三:(1)在加工貯存過程中某些維生素會損耗;(2)除了預混料外,飼料原料中原本就一些維生素,但含量不定故在配方時不予計算;(3)蝦類攝食緩慢,因此維生素在水中的溶失也須列入考慮 (莊, 1993)。

維生素根據其溶解性質分為兩大類,即

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

脂溶性維生素，如維生素 A、D、E 及 K 等，以及水溶性維生素，如維生素 B₁、B₂、B₆、B₁₂、C、泛酸、菸鹼酸、生物素、葉酸、膽鹼及肌醇等。水溶性維生素在動物體內消化吸收很快，其缺乏時之症狀也出現得很快，平常即使攝食過量，在體內之總存量也不多，因為很快就被排掉。早期蝦類養殖多為粗放式或半集約式養殖，池塘中天然的餌料生物可提供主要的維生素來源，一般建議，若單位蝦隻生產量超過每公頃 2.5 噸以上，因天然餌料生物不足則必須在蝦飼料中額外添加維生素 (莊，1993)。

維生素 C 又稱為抗壞血酸，其生理功能包括促進膠原蛋白的形成、增進傷口癒合能力、參與氧化還原反應、合成腎上腺素、加強鐵的吸收、抗緊迫及作為抗氧化劑，近年來維生素 C 在提升免疫力上所扮演的角色更是受到矚目。包括白蝦在內的許多蝦類缺乏維生素 C 會出現黑死病症狀，另外有報告指出，斑節蝦缺乏維生素 C 時蝦隻殼的邊緣、下腹部與步足出現褪色或不正常的灰白色斑點 (蕭，2000)。

L-抗壞血酸 (C1) 是以往水產飼料中常用的維生素 C 源，為水溶性、熱不穩定性的維生素，且很容易在飼料的製作和貯藏的過程中因高溫、氧氣及光線的作用，被氧化成不活化的二酮古洛糖酸，因而在蝦飼料中須使用其它型態的抗壞血酸以增加維生素 C 活性的保存，其中在抗壞血酸內酯環中不穩定的 C2 位置上連接硫酸或磷酸的抗壞血酸衍生物，都有很好的抗氧化效果，這些衍生物也能有效滿足蝦類對維生素 C 的

需求 (蕭，1998)。草蝦對飼料中 C1 的最適需求量為 2,000 mg/kg，對多磷酸態維生素 C (C2PP) 則需 210 mg/kg，對單磷酸鎂維生素 C (C2PMg) 需 100–200 mg/kg，對硫酸態維生素 C (C2S) 需 157 mg/kg，對單磷酸態維生素 C (C2MP) 需 40 mg/kg。

探討蝦類對某種脂溶性維生素的需求是有點困難度的，因為飼料中須添加魚油以提供蝦類所需的長鏈不飽脂肪酸，但魚油中卻含有不少這類脂溶性維生素。He et al. (1992) 探討白蝦對脂溶性維生素的需求性。結果發現，飼料中沒有添加維生素 A、D 和 E 者成長遲緩，而不加維生素 K 者之成長似乎不受影響。白蝦缺乏維生素 E 時活存率也會降低，以 3% 玉米油及 4% 魚油作為飼料油脂來源時，白蝦飼料中維生素 E 的添加量應為 100 mg/kg (25 IU)，而當飼料維生素 E 的添加量為 25 mg/kg 時可預防蝦體肝胰臟和肌肉粒線體膜的脂肪氧化；添加量為 100 mg/kg 時可預防微粒體膜之氧化，並可預防 -60°C 凍藏時的氧化或飼料脂質的氧化 (He and Lawrence, 1993)。幾種對蝦類的維生素需求量與一般推薦量列於表 4-8。

(六) 礦物質

約有 20 多種已知的無機礦物質是動物體所不能或缺的營養素，有些礦物質的需要量較多者歸類為巨量礦物質，包括鈣、磷、鉀、鎂、鈉、氯與硫；而其它需要量較少則稱為微量礦物質，包括鐵、銅、鋅、錳、鈷、硒與碘；其它礦物質有可能需要的包括鎳、氟、鈾、鉻、鉬、錫與矽。礦物質在蝦體內



表 4-8 幾種蝦類的維生素需求量與一般推薦量(mg/kg 飼料)

	草蝦 ¹	斑節蝦 ¹	中國對蝦 ²	白蝦 ¹	一般推薦量 ³
維生素 B ₁	13-14	60-120	60		50
維生素 B ₂	22.5	80	100-200		40
維生素 B ₆	105-132	120	140	80-100	50
維生素 B ₁₂	0.2		0.01-0.02		0.1
菸鹼酸	7.2	400	400		200
生物素	2.0-2.4		0.8		1
葉酸	2-8		5-10		10
肌醇		2,000-4,000	4,000		300
膽鹼	4,300	600	4,000		400
泛酸	101-139				75
維生素 C	2,000(C1)	3,000(C1)	100(鈣鹽)	90-120(C2PP)	100
	210(C2PP)	10,000-20,000(C1)	4,000(C1)		
	100-200(C2PMg)	215-430(C2PMg)	600(0.4%安定)		
	40(C2MP)				
	157(C2S)				
維生素 A	8,400 IU	2.4	12-18 萬 IU		1 萬 IU
維生素 D	0.1(D ₃)	0.2	6 萬 IU		5,000 IU
維生素 E	200	200	360-440 IU	100	300
維生素 K	30-40		185 IU		5

¹ 依據 Shiau, 1998、蕭, 2000 ; ² 依據王與徐, 2002 ; ³ 依據 D'Abramo and Conklin, 1995

是甲殼、軟骨組織與金屬蛋白質的組成分，並且作為酵素的輔因子。較易溶解的礦物質，如鈣、磷、鈉、鉀和氯，主要功能為滲透壓調節、酸鹼平衡以及維持膜的通透性。雖然蝦類可經由鰓膜滲透、口吞入及消化道吸收等方式自生長的环境水域中獲得部分礦物質，但在集約高密度及低鹽度海水中養殖，由環境水域獲得的礦物質不足所需，且由於脫殼作用也會失去一定量的礦物質，而蝦類對飼料原料之礦物質利用性又不佳，因此許多學者都認為蝦類飼料中須額外添加礦物質，使其有良好的成長。

礦物質最易溶解並迅速被吸收的是簡單的離子形式，而天然的礦物質卻多形成低溶解性的化合物，不過在進入胃的酸性環境中會被解離後再由腸道吸收。然而，蝦類的消化系統並非相當酸性，因此蝦類飼料選擇水溶性較佳之礦物質添加物會有較佳利用率。鈣和磷是構成蝦殼的主要成分，在許多生理作用上扮演重要角色。鈣在蝦類飼料中的必需性迄今仍有爭論，有學者認為蝦類可自環境水中獲得足量的鈣質，所以飼料中不需再提供鈣鹽，而飼養在海水中的白蝦也不需要由飼料提供鈣質，但為了避免病毒危

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

害，目前有不少地區的白蝦養在低鹽度海水或淡水中，因此無法由環境水中得到足夠的鈣。蝦類無法自環境水中得到足夠的磷，必須由飼料來提供，而白蝦對磷的需求則受到飼料中鈣含量的影響，當飼料中不添加鈣時其需求量为 0.34%，但飼料中鈣含量增加時，白蝦對飼料磷的需求量也跟著提高。這顯示鈣的存在會影響磷的利用率，雖然目前尚未定出白蝦飼料合適的鈣磷比，但通常蝦

類飼料的鈣磷比多為 1:1–2:1 之間。

在白蝦對其它礦物質的需求方面，於半純化的飼料中單獨剔除鉀並不顯著影響白蝦的成長和體組織的鉀含量，組織中的鎂含量反倒受到影響，表示鉀和鎂間可能有交互作用。由此看來，白蝦所需要的鉀應該可以完全由環境水獲得，不過，在斑節蝦的研究結果認為飼料中應添加 0.9–1.0% 的鉀 (表 4-9)。

表 4-9 斑節蝦與白蝦對飼料礦物質的需求量與一般推薦量(g/kg 飼料)

礦物質	斑節蝦 ¹	白蝦 ²	一般建議量 ³
鈣	10	非必需	23 (最高)
磷	10-20	< 3.4 (0 鈣)	8 (可利用磷)
		5-10 (10 g/kg 鈣)	15 (總磷)
		10-20 (20 g/kg 鈣)	
鈉			6
鉀	9-10		9
鎂	3	1.2	2
錳	非必需	0.07-0.14	0.02
鐵	非必需	非必需	0.3
銅	0.6	0.034	0.02
鈷			0.01
碘	非必需	非必需	
鋅		0.033	0.11
硒		0.0002-0.0004	0.001

¹ 依據 Davis and Lawrence, 1997

² 依據劉, 1997

³ 依據 Akiyama et al., 1991



二、飼料原料與添加劑

飼料是藉由諸多營養物質調配而成，以提供生物體均衡適量之營養素。飼料原料的選擇是影響飼料價格和品質的最重要因素，在選擇時應考慮下列條件：(1)原料的價格、安定性及穩定性；(2)消化率佳；(3)誘引性良好。

(一) 動物性原料

這類原料在畜產飼料中只佔小部分，但在水產飼料中所佔的比例往往超過 50%，尤其是水產動物及其副產品的原料比植物性原料更能讓肉食性水產動物有較佳的成長效能。造成水產飼料使用大量水產動物及其副產品原料的原因不一而足，例如：可消化性、必需胺基酸組成、嗜口性、誘引性、富含維生素 A、含有成長因子或必需脂肪酸、磷脂及膽固醇，鮮度及加工方式影響品質甚大。

1. 魚粉

魚粉是飼料中重要的海洋動物性蛋白質原料，魚粉依原料魚的特性分為二大類，由鱈魚、鱈魚及魷魚等白肉魚種在生產魚排後的副產品製成的為白魚粉，由沙丁魚、鯷魚、鯖魚、青花魚及鮪魚等紅色魚種所製成的為紅魚粉。白魚粉色淡、質細、脂質低易保存，而紅魚粉由全魚製成，營養成分甚至優於白魚粉，但因其脂質含量高且易氧化而降低品質。魚粉長期於高溫下貯存時其營養成分利用率降低，添加抗氧化劑則可防止。蝦用飼料中魚粉之添加量通常為 10—40% 之間。

2. 魚溶粉及魚精粉

魚溶粉是製造魚粉時，原料魚的煮汁和榨汁經離心分離後之水溶性魚黏液，再經濃縮乾燥而成；或以魚體內臟經自家消化後的液狀物經離心分離魚肝油後的蛋白液濃縮乾燥而成。上述水溶性魚黏液或分離魚油後的蛋白液經濃縮為含水量約 50% 之魚溶漿，再以脫脂米糠、麩皮等具吸附性的原料吸附後乾燥即得魚精粉。魚溶粉及魚精粉所含蛋白質以小分子的水溶性胨肽和胺基酸為主，粗蛋白不少於 60%，含有豐富的營養成分，特別是水溶性維生素，是良好的水產飼料原料。但此類產品品質不齊，成分變化大，有些苦味高、有些 pH 值過低影響嗜口性，應增加化驗頻率以確保品質。其氮態氮應在 0.2—0.6% 之間，若超過 0.8% 表示已經變質了。

3. 烏賊粉及烏賊內臟粉

將不堪食用的烏賊殘屑（頭、足為主）乾燥粉碎即為烏賊粉，而烏賊內臟粉則是將烏賊的頭、足和內臟等經自家消化或發酵後分離油脂，並添加填充料再乾燥所得之產物。烏賊粉粗蛋白約含 70% 以上，烏賊內臟粉粗蛋白含 50% 左右，兩者的胺基酸組成良好與蝦類的胺基酸組成比例相近，是良好的胺基酸來源。所含胺基酸對蝦類亦具有強烈誘引作用，並含豐富高度不飽和脂肪酸、膽固醇、維生素及礦物質等營養素，是蝦類飼料不可或缺的良好飼料原料。又，烏賊內臟原料品質不穩，含高量烏賊墨汁不易去除，添加量過高可能造成蝦隻拒食。烏賊粉在蝦類飼料之添加量通常約為 2—10%。

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

4. 蝦粉及蝦殼粉

將蝦隻可食部除去後的下腳料經乾燥粉碎，肉多者稱為蝦粉，含肉少者叫蝦殼粉，俗稱蝦糠。蝦粉及蝦殼粉的成分因原料、品種、處理方法及鮮度不同而有極大的變化，蝦粉含蛋白質約 40%，但其中有一部分來自幾丁質的氮，利用價值低，而蝦殼粉的蛋白質則大多來自幾丁質，利用率更差。蝦粉及蝦殼粉含有 2.5% 左右的脂質，含豐富的高度不飽和脂肪酸、膽鹼、磷脂質及約 1% 的膽固醇。並且含有具著色效果的蝦紅素。蝦類飼料中這類原料的添加量約 5—15%，是蝦類飼料良好的誘引劑及著色劑，但應注意其品質及新鮮度以及同源特定病原帶原性等問題。

5. 家禽副產物

一般將家禽副產物稱作雞肉粉，為大型家禽屠宰場之副產品，製造方法係將家禽屠宰體廢棄部分，如頭、頸、腳、無精蛋及腸等經乾式或溼式提油後之殘渣，再加以粉碎即為家禽副產物粉，除正常生產不可避免之少量混合外，鮮度佳者有新鮮禽肉粉味；粗蛋白含量約在 62.8%、粗脂質約 14.1%、粗灰分在 16.8%、鈣約 3.76%、磷約 1.96%，不失為良好的動物性蛋白原料來源。

(二) 植物性原料

這類原料的價格比動物性原料便宜，可被用來取代動物性原料，其中有些具良好的黏著性，含維生素 B 群。但由於不含 n-3 HUFA 且嗜口性不佳，無法滿足水產動物的需求，而且常含不易消化的碳水化合物（如纖維素、半纖維素、木質素或聚戊糖等）與

多種抗營養因子。

1. 大豆粕

大豆經採油後之產物予適當加熱處理乾燥而得，由於市場上的普遍性、來源穩定以及價格便宜，是目前最廣被使用的植物性蛋白源。大豆粕的蛋白質含量較其它植物性蛋白高，去殼者約 49%、未去殼者約為 44%，除甲硫胺酸和離胺酸含量較少外，其餘必需胺基酸組成良好，是水產動物良好的植物性蛋白源。未經處理的大豆粕含有許多抗營養因子，特別是胰蛋白抑制因子，不過，大多數的抗營養因子經過一定的溫度處理即可予以破壞。蝦類飼料中其它大豆粕副產物包括全脂大豆粕、大豆餅與大豆蛋白濃縮物等。飼料中大豆粕的添加量通常自 10—25% 之間，最高量應不超過 40%。

2. 花生粕

飼料用花生粕是去殼的花生仁經採油後所得之粕經乾燥而成，花生粕的粗纖維含量一般在 5.3% 左右，有效能值比大豆粕略高，蛋白質含量比大豆粕高 3—5%，但其蛋白質品質低於大豆粕，胺基酸組成不佳，富含精胺酸但離胺酸和甲硫胺酸含量偏低，使得其生物價比魚粉或大豆粕差。花生粕的粗纖維、粗脂肪較高，但脂肪熔點低，脂肪酸以油酸為主，易發生酸敗。臺灣蝦類飼料花生粕的使用量很低，可能與省產花生粕的品質不定有關。雖然蝦類對花生粕的消化率不錯，而且不太含有抗營養因子，但常因花生在貯存過程常產生黃麴毒素，值得注意。

3. 米糠

米糠是糙米精白過程產量約為 1 成的



副產物，其組成包括果皮層、種皮層、胚芽層及混有少量的碎米、粗糠、鈣粉等，俗稱生糠。脫脂米糠則是米糠經溶劑萃油後的產物，生糠所含粗蛋白約為 13.5%，而脫脂米糠約為 15–17%；生糠的澱粉含量約 30%，脫脂米糠則約為 45–50%，且大部分為 β -澱粉，其糊化溫度為 68°C。生糠脂質含量約 18%，營養價值不差，但因游離脂肪酸高易酸敗而不易貯存，脫脂米糠則較易貯存。米糠含維生素 B₁、菸鹼酸及肌醇均高，蝦飼料使用量一般約為 10% 以下。粗糠是所有穀物外殼中營養最低之部分，沒有飼料利用價值，一般多當作飼料的填充物或預混劑的賦形劑、抗結塊劑等。

4. 小麥產物

麵粉主要特性為顏色潔白、細度低、纖維少、黏度高且清潔無雜物，但價格高於麩皮和粉頭等，所以僅適合於水產或寵物等高價的飼料。麵粉一般分為特高筋、高筋，粉心、中筋及低筋等，低價的高筋麵粉適於作為蝦飼料的黏著劑且消化性良好，一般在飼料組成中約佔 15–30%。

在將小麥製成麵粉過程中，會產生 22–25% 的麩皮、3–5% 的粉頭及 0.7–1% 的胚芽等副產物，均可作為飼料原料。麩皮的成分雖與脫脂米糠類似，但其胺基酸組成較佳，消化率亦略優於脫脂米糠，麩皮富含維生素 B 群及維生素 E，所含脂肪約 4%，大多為不飽和脂肪酸，因含脂解酶而易變質，又麩皮的纖維含量很高。粉頭是介於麵粉與麩皮間的產品，兼具兩者的特性，適口性佳；因具黏性而有助於造粒成型；粉頭含

蛋白質 14% 左右，因所含澱粉質具黏性也廣用於水產飼料，澱粉含量高者其飼料效率較佳。小麥胚芽所含的粗蛋白約 25%，含豐富的維生素 E、亞麻油酸及油酸等重要脂質成分，有助於蝦類的成長且消化率高，但未經處理生的小麥胚芽具有生長抑制因子，會降低脂肪利用率並影響增重，但經高壓加熱或脫脂處理後則可除去。

小麥筋粉含蛋白質 75% 左右，胺基酸含量高但不平衡。小麥筋粉用於蝦飼料應以低溫處理不損其黏彈性之活性筋粉為宜，它具有良好黏著效果，但因價格高使用量受限制，一般多添加於幼蝦及斑節蝦飼料，可增加飼料的蛋白質含量和水中安定性，而大蝦飼料用量少或不用。

(三) 其它原料

1. 酵母粉

以碳水化合物（糖蜜、木材廢液、石油等）及氮源（硫酸銨、尿素、豆粉等）作為營養源，*Torula*、*Saccharomyces* 或 *Conidia* 等酵母菌種，培養後之產品經乾燥即得酵母粉。酵母粉之粗蛋白含量均高，脂肪低、纖維與灰分含量視酵母來源而異。酵母的胺基酸組成以離胺酸含量較高，甲硫胺酸較低，蛋白質消化率尚可，酵母粉含豐富的維生素，尤以 B 群之菸鹼酸、膽鹼、B₂、泛酸及葉酸等含量均很高，礦物質中，鈣含量較少，但磷、鉀之含量均多。酵母之應用因飼料的嗜口性而受限，在蝦類飼料中的添加量，通常在 2–5% 之間，酵母在飼料中的含量最好不超過 5%。

2. 油脂類

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

油脂包括油（常溫為液體）、脂（常溫為固體）、蠟（由脂肪酸與甘油以外之高級醇類所成之酯）以及複合脂類（由脂肪酸與醇類及其他基團所成之酯）等。油脂是飼料的重要成分，尤其是高熱能飼料不可或缺的原料，水產飼料則以魚油為主，亦有併用大豆油者。

魚油是從魚體或魚內臟提煉所得的油脂產品，含豐富的高度不飽和脂肪酸與脂溶性維生素，對蝦類成長效果比植物性油脂好，是蝦飼料的良好脂質來源，可以與植物性油脂混合使用。魚油的品質與原料魚的種類、漁場、捕獲季節、新鮮度以及加工過程有關，魚油是易變質的產品，需加入 BHT、BHA 或依索金等抗氧化劑以維持品質。魚油品質參考標準如下：游離脂肪酸含量 < 3%、不皂化物 < 2.5%、過氧化物價 < 5 meqv/kg、碘價 > 135 及 n-3 脂肪酸中 EPA 與 DHA 含量分別超過 15% 和 8%。

植物油脂是油籽實類種子提煉所得的油脂，其成分以三醯甘油為主，總脂肪酸含量在 90% 以上、不皂化物 2% 以下、不溶物 1% 以下。植物油不含蝦紅素，含有較多的 18:2n6 和少量的 18:3n3 兩種必需脂肪酸，對蝦類而言只含有 18:2n6 和 18:3n3 兩種必需脂肪酸。

(四) 飼料添加劑

飼料添加劑是飼料中微量添加的物質，少量使用這些添加物即可改善動物的成長效能與飼料效率約 10–25%。飼料添加劑的選用要遵循安全性、經濟性和使用方便的原則，使用前需考慮添加劑的質量、效價

和有效期，尚需注意限用、禁用、用量、用法以及配合禁忌等規定。另外，除了改善動物的成長效能、飼料效率與免疫能力之外，飼料添加劑的功能尚有維持飼料的營養價、作為營養補充、協助飼料成型或增進飼料的嗜口性與可消化性等。

市售的添加劑種類若依其用途和原料內容來分類，計有維生素、礦物質、臟器製劑、酵母製劑、植物製劑、消化酵素、油脂—卵磷脂、色素、抗氧化劑及粘結劑等，此外，有的更將這些原料再配合製成混合劑。這些不同種類的產品在市場上銷售的數量以維生素及礦物質類佔壓倒性的多數，尤其以綜合維生素劑和礦物質預混劑較多，其次是油脂（大多是含有維生素的油脂）、粘結劑、消化酵素等。其它以單品銷售的添加物較少，大多是以混合劑的型式存在於市面上，混合劑大多是以「維生素+營養成分+礦物質」為基本配方，然後再添加植物成分或臟器成分、抗氧化劑、消化酵素等，各項製品可由現場的實際使用成果或試驗場所的實驗數據等來評估添加劑的使用效益。

1. 誘引劑

蝦類大多依靠嗅覺索餌，因而飼料必須具有誘引的效果，海洋動物蛋白源即含有許多誘引物質。試驗室中為使純化或半純化飼料具有誘引性，會在飼料中添加一些誘引劑，而在實際應用上，添加誘引劑可增進蝦隻在較差的環境中、受到緊迫後以及飼料含有抗生素時的攝餌量。早期日本學者指出淺蜆是養殖斑節蝦良好的原料，後來發現除去蛋白質的萃取物雖無改善營養的效果，卻含



有促進斑節蝦攝餌的物質，進一步分析得知主要是牛磺酸和甘胺酸兩種胺基酸所致。

天然原料中常含有誘引物質，如魚粉富含次黃嘌呤核苷酸、無脊椎動物含四級胺類的甜菜鹼以及一些動物性、植物性或單細胞飼料原料也含有不等量的游離胺基酸；魚粉、蝦粉與鳥賊粉是蝦飼料中極具誘引性的原料，可改善飼料的嗜口性及增進白蝦的消化。人工合成的純物質誘引劑有 L-胺基酸、核苷酸及甜菜鹼等（表 4-10），草蝦飼料中添加含甜菜鹼的市售誘引劑雖無法促進蝦隻成長，但可加速蝦隻的攝食，減少飼料在水中崩解所致的營養流失，麩胺酸、甜菜鹼與牛磺酸為有效的誘引劑，在酪蛋白飼料中添加寡肽，如丙胺酸-甘胺酸-甘胺酸、丙胺酸-絲胺酸及甘胺酸-甘胺酸-甘胺酸，發現對斑節蝦具有良好的誘引效果，且有助於蝦隻成長。以植物性原料取代海洋性動物原料的蝦類飼料中，有效的使用誘引劑可促進蝦隻的攝食與改善換肉率，進而降低飼料成本。水產加工副產物如魚、蝦、軟體動物臟器大多具有良好的誘引效果，添加在飼料中除了作為誘引劑外，尚能提供部分的高度不飽和脂肪酸或蝦紅素。

2. 黏著劑

水產飼料，特別是蝦類飼料的調配必須強調水中安定性，因為蝦類是用前肢抱住飼料再慢慢啃食，飼料的營養成分很容易溶失在水中，因此須使飼料能保持適當形狀，並在水中維持一段時間不會崩解或溶失。蝦飼料的水中安定性主要受到飼料加工條件的影響，如原料的顆粒大小、加工處理時間與

表 4-10 人工誘引劑的建議使用量

人工誘引劑	推薦添加量
胺基酸	0.1%
人工香料	無反應
甜菜鹼	1.0%
核苷酸	90 mg/kg

資料來源：Chamberlain et al., 2001

溫度、模孔大小與厚度、蒸煮或乾燥溫度與時間等；另外，原料的選擇和黏著劑的添加均與飼料的水中安定性也有密切關係。

一般常作為飼料蛋白質或碳水化合物來源的原料，如麵粉、小麥筋粉、糖蜜、澱粉、酪蛋白和明膠等均有黏著的特性，許多人工合成或萃取而得的增黏劑在飼料中添加 1—2% 亦有助於水中安定性，而這些黏著劑大多是具有多醣類的複合物：(1)海藻萃取物：海藻酸（有鈣鹽存在時可形成穩定膠狀物）、褐藻膠、洋菜膠及鹿角菜膠等；(2)陸上植物萃取物：果膠、阿拉伯膠及瓜爾膠等；(3)動物萃取物：幾丁聚糖；(4)細菌萃取物：三仙膠；(5)人工合成：羧甲基纖維素及其它轉型纖維素、尿素甲醛縮合物、聚乙烯醇、聚丙烯酸、各種澱粉磷酸鹽、磺酸木質素及膠黏土等。

3. 抗氧化劑與防黴劑

飼料的脂質、維生素 A、D 及類胡蘿蔔素等，與空氣中的氧或光線接觸後容易氧化而變質，此為油脂的過氧化作用，水產飼料又含有高量的不飽和脂肪酸，特別容易產生過氧化作用，而且在高溫環境下更可加速反應；此外，光線、金屬（尤其是鐵和銅）或一些酵素也會催化過氧化反應，油脂的酸敗

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

使得飼料嗜口性變差、營養物利用降低並造成營養缺乏，而且一連串的連鎖反應產生毒性極高的醛類或酮類化合物，因此飼料中須添加抗氧化劑。

有幾種形式的抗氧化分子可有效延緩過氧化作用的連鎖反應：捕捉氧自由基—維生素 C；金屬螯合劑—檸檬酸、EDTA、胺基酸；供應質子—維生素 E、BHT（二丁基羥基甲苯）及 BHA（丁基羥基甲氧苯）。目前約有 15 種抗氧化劑被認可添加在飼料中，常使用的人工合成抗氧化劑有依索金（Ethoxyquin）、BHT 及 BHA 等三種，依我國飼料添加物規範規定 BHT 或 BHA 的使用量為 150 ppm 以下。在自然界存在著許多天然的抗氧化劑，沒食子酸、香辛料、類黃酮及芝麻酚等是日常食品中含有的抗氧化劑，而飼料中重要的抗氧化劑為維生素 C 和 E，脂溶性的維生素 E 把引起脂質過氧化連鎖反應的電子傳給維生素 C，因而阻斷連鎖反應的持續進行，而達到抗氧化效果。

飼料儲存期間一定會有微生物繁殖，尤以高溫、高濕和高水分時更易加速腐敗，為防止飼料變壞須添加防黴劑。飼料防黴劑以丙酸類為主，如丙酸鈣、丙酸鈉及丙酸等，可防止飼料儲存因微生物繁殖而腐敗，優點為不揮發、耐高溫且不受飼料成分的影響，用量應低於 0.3%。

4. 著色劑

體表的色澤是判定蝦類產品價值的重要標準，而影響養殖蝦隻體色的因素有種類、體型大小、水溫、放養密度、健康狀態及飼料組成等，其中在飼料中加入微量的著

色劑即可改善養殖蝦類的外觀色澤，使得養蝦用飼料著色劑的研究、開發與利用顯得日益重要。

類胡蘿蔔素是生物體最廣為分布的色素，是黃、紅色的脂溶性色素，包括胡蘿蔔素、檸檬黃素、蕃茄紅素和葉黃素等，天然的類胡蘿蔔素超過六百種，主要由細菌、藻類和高等植物所合成，動物本身無法合成類胡蘿蔔素，須由食物中獲得，再將不同形式的色素經過消化代謝轉換後貯存於體內，進而展現出色澤。以往集約式養殖草蝦常發現蝦體有不正常藍色，即所謂的「天空蝦」，其體內所含的類胡蘿蔔素約只有 20 mg/kg，與野外正常呈墨綠色蝦隻的 80—200 mg/kg 相較，顯然是養殖草蝦所需的類胡蘿蔔素不足所致。類胡蘿蔔素除了作為著色劑外，尚有其它生理功能，包括作為抗氧化劑與維生素 A 原、保護細胞免於光線傷害、刺激免疫系統、提昇對緊迫的耐受力、促進胚胎發育、成長與生殖腺成熟等。

甲殼類體內的類胡蘿蔔素有蝦紅素、β-胡蘿蔔素、裸藻酮及海膽酮等，而蝦紅素約佔體內所有類胡蘿蔔素的 86—98%，主要分布在甲殼、血淋巴液和組織器官中。蝦紅素是甲殼類類胡蘿蔔素新陳代謝的最終產物，經由生物合成及轉換路徑，許多類胡蘿蔔素（如 β-胡蘿蔔素、裸藻酮及玉米黃質等）均可變成蝦紅素。

天然的原料，如蝦、蟹粉、西班牙紅椒、金盞花、辣椒、紅色酵母菌、微藻（雨生紅球藻、鹽藻和螺旋藻）、小麥、玉米和苜蓿等，均含有許多類胡蘿蔔素，由於類胡蘿蔔



素對光、熱、氧、酵素、酸和鹼敏感，這些原料所能供應的類胡蘿蔔素容易因加工過程、飼料組成和處理方式而減少。在蝦飼料中添加著色劑必須考慮其生物可利用性、即時性、著色效果及價格，添加保護型且高消化性的蝦紅素以兩種方式達到最佳的著色效果，第一種方式是收成前 4-8 週在飼料中添加 50-100 mg/kg 的蝦紅素，如此收成時每公斤蝦體的蝦紅素含量約可達 30-40 mg；另一種方式是在平時為使蝦體保持正常色澤與成長效能，整個養殖期間的飼料中應添加蝦紅素 30-70 mg/kg。

5. 免疫刺激（賦活）劑

近年來養殖蝦類病變層出不窮，使水產養殖業遭受相當大的損失，由於使用抗生素等藥物有環境污染與藥物殘留等安全性問題，因此如何有效提高養殖蝦類本身的抗病力便顯得日益重要。蝦類的免疫機制以非特異性免疫反應為主，在開放式的血液循環系統中，面對外來的病原體必須有立即反應而非緩慢誘導的防禦體系以應付受傷或病原感染。血球細胞在此機制中扮演重要角色，包括吞噬作用、包膜作用、形成肉芽、細胞毒殺作用、凝血作用以及合成與釋放原酚氧化酶系統等。

免疫刺激劑添加在飼料中是近年來常被提及的話題。所謂免疫刺激劑是指能夠刺激動物的免疫機能，增強動物體抵抗細菌、病毒或黴菌感染的物質。對蝦類而言，免疫刺激劑主要是增進血球的吞噬活性，而與吞噬活性有關的活性氧族群的量也有所增加；此外，有些免疫刺激劑可活化原酚氧化

酶系統或促進凝血作用。大部分的免疫刺激劑是細菌、真菌菌絲體或酵母菌細胞結構單元的化合物，另外有幾種原先是另有用途的人工合成物質，後來被發現具有免疫刺激的效果。這些免疫刺激劑可分為幾大類：(1) 細菌細胞的結構單元：脂多醣、脂肽、莢膜醣蛋白及胞壁醣肽；(2) 細菌（熱凝膠）和真菌菌絲體（雲芝多醣、香菇多醣、裂褶菌多醣、小核菌葡聚糖等）而來的各種 β -1,3-葡聚醣；(3) 麵包酵母（MacroGard、Betafectin）細胞壁的 β -1,3/1,6-葡聚醣；(4) 由海藻等生物而來的複合碳水化合物結構（葡聚醣）；(5) 動物萃取物或魚肉蛋白酵素水解的胨肽；(6) 核苷酸；(7) 人工合成產品（Bestatin、Muramylpeptides、FK-156、FK-565、左美素）。

除上述七類與維生素 A、C、E 及 β -胡蘿蔔素等營養素外，尚有由蝦、蟹等的甲殼而來的聚幾丁多醣，甘草、小柴胡湯等中草藥，以及具抗菌效果的放線菌肽、乳鐵蛋白等。以適當的方法與投用量使用免疫刺激劑才能發揮充分的效果的，免疫刺激劑一般建議添加量如表 4-11，有時過量的投餵與不用免疫刺激劑的效果是一樣的，也有學者建議如果長期使用的話，以間隔性的投餵效果會比較顯著，由裂褶菌純化之 β -1,3-葡聚醣對各體型草蝦進行一系列研究，結果認為葡聚醣使用過量或刺激過久會降低對草蝦的免疫效果，實際應用時可以連續 20 天餵飼含葡聚醣 2-10 g/kg 之飼料，之後 10 天餵飼未添加飼料為一週期，使免疫促進效果最大，並降低葡聚醣之使用量。

白蝦 White Shrimp

周瑞良、楊順德、吳豐成

表 4-11 一些免疫刺激劑的建議使用量

免疫刺激劑	推薦添加量(%)
細菌萃取物	0.1-0.5
β -葡聚醣	0.1-1.0
甘露寡聚醣	0.1-0.4
海藻副產物	0.5-1.0
酵母菌	0.2-3.0

資料來源：Chamberlain et al., 2001

6. 益生菌

益生菌的定義一般較被廣為接受的是 Fuller (1987) 的說法，認為益生菌是一種活的微生物飼料添加劑，透過改善腸道內菌相平衡而對動物產生有利的影響；但水產動物的生活環境與陸上動物不同，因而 Moriarty (1998) 認為水產養殖的益生菌應將可添加於水產動物所處水體環境的活菌涵蓋在內，也就是生物防治法的概念。有關益生菌可能的作用機制包括：對有害菌的競爭排除、產生抗生物質、幫助消化、吸收與分解利用毒性物質及直接的免疫刺激效應；而應用在蝦類養殖上的優點則有：(1)促進成長與提高活存率：一些芽孢桿菌、乳酸桿菌和硝化菌可增進蝦類的成長與提高活存率；已知有些菌株所產生的消化酵素可能有助於蝦苗的消化，乳酸菌作用於澱粉和纖維素等碳水化合物，將之分解成較小的分子而有助於蝦隻消化道的吸收；另外，這些益生菌亦能產生維生素 B 群和維生素 K。(2)控制疾病：這是益生菌在水產養殖上最大的用途，在一些淡水魚類腸道分離出的常在菌具有抗菌作用，可保護寄主抵抗病菌感染；已知

乳酸菌可產生細菌素可有效抵抗病原菌。有報導指出養殖池水中的螢光弧菌可被特定的芽孢桿菌所控制；此外，飼料中添加芽孢桿菌屬的 *Bacillus* S11，可使草蝦在受到哈威弧菌感染後沒有蝦隻死亡，而對照組的活存率則只有 26%。(3)改善水質：除了在水中直接加入硝化菌等水質改良菌外，光合成菌（如 *Rhodomonas* sp.）可加在水中或飼料中，減少水中的氨、硫化氫及有機酸，而達到水質改善的效果。(4)減少抗生素的使用：抗生素的濫用反倒增進弧菌及病菌產生多重抗藥性而成為更具致病力的病原體，而且抗生素不僅有藥物殘留的問題，對水中環境的影響也很大，使用益生菌將可減少藥物的濫用。

7. 其它添加劑

酶製劑是人工合成或萃取的高效能生物活性物質，已普遍應用於畜產業，其中以是蛋白酶、澱粉酶和纖維素酶等消化酵素為主。以飼料養殖水產動物所排放的氮、磷和其它有機物污染水體環境日益受到重視，添加消化酵素以提高養殖物對飼料的消化吸收，即可減少有機廢物的排放；研究顯示，蝦類飼料中添加這類的酵素，可有效增進蝦隻的成長與提高換肉率，對水體的污染亦可減緩。

膽汁酸 (Bile acids) 有助於脂質與脂溶性物質，包括膽固醇、磷脂質、脂肪酸與脂溶性維生素之消化與吸收。由於膽汁酸是由膽固醇所合成，故其添加於飼料中可減低膽固醇之添加量，亦有助於維持肝胰臟正常功能。添加外源性膽汁酸的飼料價值在陸上動



物已被廣泛探討，添加市售的膽汁末製劑以強化水產飼料的相關研究並不多，特別是甲殼類飼料方面。草蝦飼料中添加膽汁酸，由觀察蝦隻總增重、活存率及脫殼情形顯示比對照組佳，且適當的使用劑量為 0.05% 或 0.1%，0.2% 的添加組之健康狀況較其它組差，搶食動作亦緩慢，似乎劑量過高會影響食慾。

核苷酸是核酸 DNA 和 RNA 的組成單位，也是酵素與 ATP、NAD 及 FAD 等輔位因子的重要成分。核苷酸在一般觀念並不被認為是必須營養素，因為許多動物都可以在體內製造核苷酸，不過，現在核苷酸似乎被認為是包括人類在內的哺乳動物、畜產動物及魚類的「半必須」營養素，當動物體處於生病或受傷的緊迫狀態、或是在嬰兒期與快速成長期，核苷酸變得是種關鍵性的營養素。酵母與魚溶漿被當作水產飼料原料已有很長一段時間，這些原料能夠被有效的應用是因含有所謂「未知成長因子(UGF)」，其實這可能就是核苷酸的效應。

寡糖可選擇性刺激動物腸道有益微生物的生長繁殖，而不為大部分的有害微生物所利用，由於具有化學穩定性和熱安定性，可添加在飼料中而有助於動物消化道菌相平衡、提高免疫機能。在白蝦飼料中添加寡糖可提高其成長速度和飼料利用率，較合適的添加量為 0.10—0.15%。

大蒜素 (Allicin) 具有改善免疫機、調節魚體內多種酶的分泌、有效促進營養物質的消化吸收以及改善肉質等效果，大蒜素可抑制硫胺素酶的作用，可明顯增強蝦類的抵

抗力，降低死亡率。

沸石 (Zeolite) 與麥飯石是天然存在的矽酸鹽礦物，除可提供魚蝦成長發育所需的微量元素外，還具有良好的吸附性和離子交換性。在魚蝦消化道內可選擇性吸附氨及硫化氫等有毒物質，在商用飼料中添加量為 2% 以上，也常用作微量礦物質的賦形劑。

隨著科技的發展，被開發出來加到飼料中做為添加物的物質也日益增多 (表 4-12)，林林總總各有其作用機制與用途，在此無法一一列舉。不論如何，為了提高養殖的產能、增加養殖物的抗病力及加速養殖物的成長等理由，添加物的使用是不可或缺的；然而，所謂過猶不及，不當的用量 (過

表 4-12 幾種對蝦類的飼料配方(g/kg)

原 料	草蝦	藍蝦	南美白蝦	中國對蝦
魚粉	360	200	100	200
蝦粉	70	100	100	100
烏賊加工下腳	30	-	-	50
魚精粉	10	-	20	-
酵母	50	50	-	50
大豆粕	100	150	250	150
小麥筋粉	50	50	-	-
麵粉	260	370	450	390
魚油	20	30	25	20
大豆卵磷脂	10	10	10	5
膽固醇	-	-	5	5
維生素預混劑	10	10	10	10
礦物質預混劑	20	20	20	10
黏結劑	10	10	10	10

資料來源：Guillaume et al., 1999

多或過少) 或使用方法有時不僅達不到效果, 甚至對養殖物造成負擔甚而引發病變。另外, 添加物的選用除了應考量到安全性、經濟性、力價、有效期及方便使用之外, 其與各營養素間及與其他添加物間的交互作用也應予留意。

人工飼料使用方便、容易保存、供貨穩

定之優點, 藉由適當營養需求資料之建立, 飼料原料的有效搭配, 設計一個營養均衡的完全飼料配方, 以及完整的飼料配製流程, 生產經濟實惠及適口性良好之各階段人工完全配合飼料 (圖 4-1), 讓水產生物健康、生長快速、降低生產成本以及減少環境污染, 一向是學界與業界共同努力的目標。



圖 4-1 各階段飼料

粉料: P5-10; 解碎小: P10-1 g; 解碎中: 1-2 g; 解碎大: 2-4 g; 蝦苗前期: 4-6 g; 蝦苗中期: 6-8 g; 蝦苗後期: 8-10 g; 小蝦料: 10-12 g; 中蝦料: 12-15 g; 大蝦料: 15 g 以上

第五章 重要白蝦疾病

郭錦朱¹、陳怡妉²、楊明樺¹

¹水產試驗所東港生技研究中心、²家畜衛生試驗所

隨著養殖環境複雜、氣候極端、種原弱化、致病原跨國化等不利因素，蝦類養殖的病害問題日趨嚴重及國際化，防疫是蝦類養殖成功的重要課題。蝦病的發生與蝦體、病原及環境三者環環相扣，可概分為非傳染性及傳染性二大類，前者可為營養不均衡、飼料品質差、水底質環境不良、養殖管理不當、有毒物質之物化傷害等引發，後者則為微生物病原感染引起的疾病。當養殖池之生態環境及養殖管理不良時，除予病原微生物孳生的機會，蝦體也因環境緊迫而降低免疫力及對病原之防禦力，容易爆發疫病。

白蝦的重要病原除世界動物衛生組織 (World Organisation for Animal Health, OIE) 表列的 6 種病毒〔即白點症病毒 (white spot syndrome virus, WSSV)、陶拉症病毒 (Taura syndrome virus, TSV)、傳染性肌肉壞死病毒 (infectious myonecrosis virus, IMNV)、黃頭病病毒 (yellow head virus, YHV)、傳染性皮下及造血組織壞死病毒 (infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus, IHNV)、對蝦桿狀病毒 (*Baculovirus penaei*, BP) 及 2 種細菌〔即引起壞死性肝胰腺炎細菌 (necrotizing hepatopancreatitis bacterium, NHPB) 及引發急性肝胰臟壞死綜合症 (acute hepatopancreatic necrosis

disease, AHPND) 弧菌〕外，還有亞太水產養殖中心網 (Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, NACA) 表列的 2 種病毒〔即偷死野田村病毒 (covert mortality nodavirus, CMNV)、十足目虹彩病毒 (decapod iridescent virus 1, DIV1)〕與 1 種原蟲〔即肝胰腺微孢子蟲 (*Enterocytozoon hepatopenaei*, EHP)〕。此外，因環境不良而誘發伺機弧菌引起的弧菌症也相當常見。總之，這些疾病有些可垂直感染，從種蝦傳染給蝦苗；有些則透過病原的宿主 (病原可在其體內擴增，通常為甲殼類) 與載體 (可攜帶病原的生物，包括水生昆蟲、浮游生物、種蝦生餌多毛類、貓狗水禽、人類等) 水平感染，在養殖池內外傳播擴散。CMNV 甚至可以在魚蝦之間跨物種感染。這些疾病會造成白蝦大量死亡、成長緩慢與畸形等，除弧菌症外，目前均無有效的治療方法，除了管理水質與提升蝦體免疫力以降低感染後的死亡風險外，最有效的方法是從預防感染來著手，即實施生物安全防疫的繁養殖管理模式。

為能有效規劃防疫策略，對於白蝦疾病之病原、傳播途徑及病徵必需了解，今分述如下：

一、病毒性疾病

(一) 白點症徵候群 (white spot syndrome, 簡稱白點症)

1. 病原：白點症病毒 (WSSV)，為 DNA 病毒 (Lo et al., 1996)。
2. 傳播途徑：經卵垂直感染子代或經同類互食、接觸其他帶原生物或水源污染等水平感染。
3. 症狀：病蝦食慾減退、游泳遲緩、浮頭或靠岸，感染初期病蝦全身顏色變暗或呈紅色，肝胰臟變大、顏色變淡並有糜爛現象，可在頭胸甲上看見白色圓形斑點 (圖 5-1)，發病末期蝦外殼呈現多發白色斑點，大小約 0.5–2.0 mm；被感染的細胞會產生嗜鹼性核內包涵體 (圖 5-2)。當臨床症狀出現後，在 2–7 日內其死亡率可達到 100%。此病具罹病急、感染快、死亡率高及易併發細菌性疾病等特點。

(二) 陶拉症 (Taura syndrome, 全名為陶拉症候群)

1. 病原：陶拉症病毒 (TSV)，為 RNA 病毒 (Lightner, 1996)。
2. 傳播途徑：可透過海鳥、海生昆蟲或帶病毒的冷凍蝦經由運輸而水平傳播感染。垂直感染被認為極有可能，但尚未被實驗證明。
3. 症狀：分為急性期、過渡期及慢性期感染三階段；急性期病蝦呈現倦怠、軟殼與腸內無內容物，體表出現大量紅色素，使病蝦呈黯淡紅色，尤其在尾扇、

泳足與附肢，又稱「紅尾病」，若遇脫殼則容易致死，導致 40–90% 的死亡率。渡過急性期的病蝦會慢慢轉入過渡期，此時仍有少數病蝦會陸續死亡或出現全身性不規則的黑色斑點，而轉入慢性期的病蝦則會終生帶原，並可繼續感染其他健康的蝦。

(三) 傳染性皮下及造血組織壞死病 (infectious hypodermal and hematopoietic necrosis)

1. 病原：傳染性皮下及造血組織壞死病毒 (IHHNV)，為 DNA 病毒 (Lightner, 1996)。
2. 傳播途徑：經卵垂直感染子代或經同類互食或水源污染等水平感染。
3. 症狀：慢性感染為主，可感染白蝦之卵、幼蟲期蝦苗、後期幼蟲期蝦苗、幼蝦、成蝦等任一階段；卵之病毒量若多，會使卵無法孵化。病蝦之表皮粗糙、體型明顯變形，尤其常出現額角變形彎向一側、第六體節及尾扇變形、變小，故又稱為矮小變形症 (runt deformity syndrome, RDS)。養成池蝦之大小參差不齊，產生許多超小體型及畸形蝦，大小變異度可達 30–50%，常造成經濟上的損失。

(四) 黃頭病 (yellow head disease)

1. 病原：黃頭病病毒 (YHV)，為 RNA 病毒 (董，2005)。
2. 傳播途徑：經卵垂直感染子代或經同類互食或水源污染等水平感染。
3. 症狀：通常後期幼蟲期第 15 天後之蝦

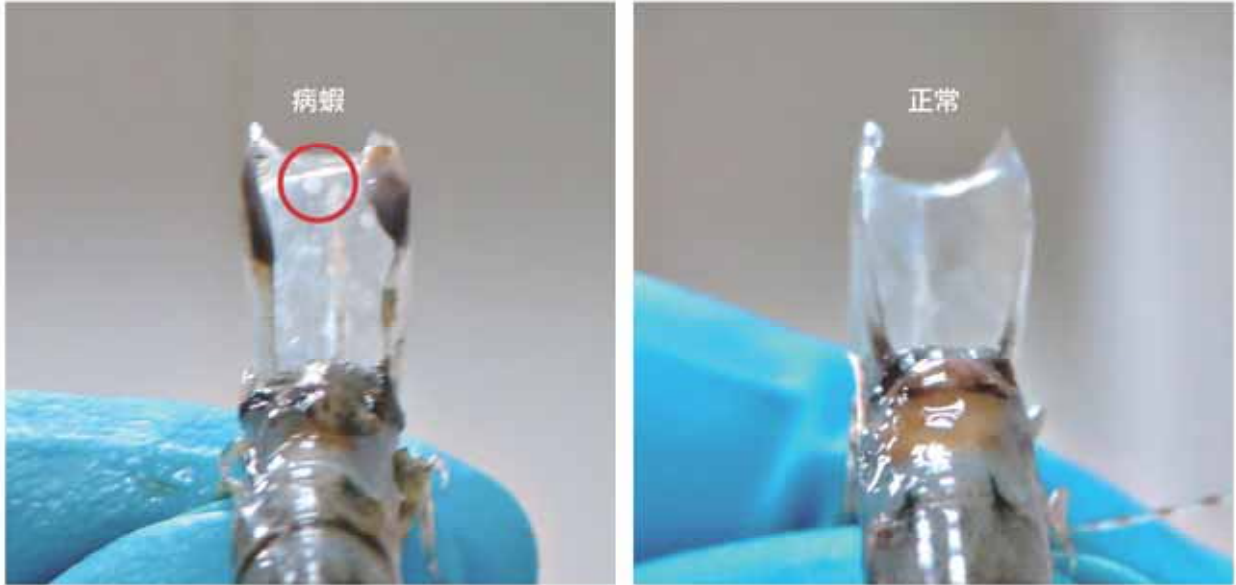


圖 5-1 白點症肉眼病變：頭胸甲可見白色圓形斑點

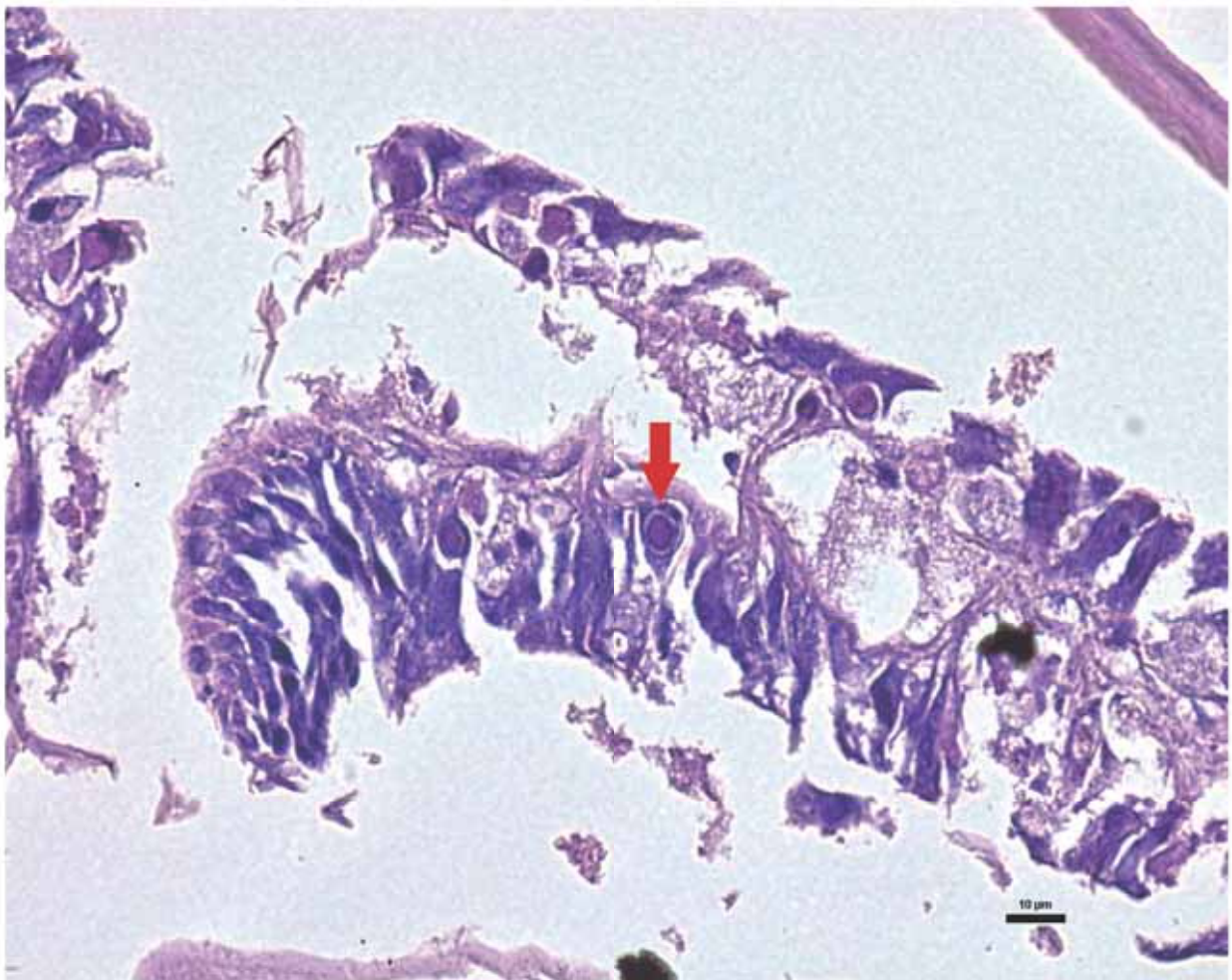


圖 5-2 白點症組織病變：上皮細胞可見嗜鹼性核內包涵體

白蝦 White Shrimp

郭錦朱、陳怡苙、楊明樺

苗開始會被感染，死亡期出現在幼蝦早期及末期。瀕死蝦會停止攝食，並聚集在池邊的水面，身體則出現漂白過的顏色，且因其肝胰腺病變而造成頭胸甲呈黃色，通常於 3-4 天內蝦子會全部死亡。

(五) 傳染性肌肉壞死病 (infectious myonecrosis)

1. 病原：傳染性肌肉壞死病毒 (IMNV)，為 RNA 病毒 (Thong, 2013)。
2. 傳播途徑：經同類互食或水源污染等水平感染。垂直感染被認為極有可能，但尚未被實驗證明。
3. 症狀：病蝦在腹節及尾扇部位之肌肉呈現大區域白色壞死，類淋巴器官比正常蝦肥大 3-4 倍，呈嗜睡、失去平衡、在水面浮游、降低攝食、腹節肌肉白濁並轉為煮熟般紅色，接著死亡率逐漸增加 (20-80%)，且高死亡率常持續數日。

(六) 偷死症 (covert mortality disease)

1. 病原：偷死野田村病毒 (CMNV)，為 RNA 病毒 (Pooljun et al., 2016)。
2. 傳播途徑：經卵垂直感染子代或同類互食、接觸其他帶原生物或水源污染等。
3. 症狀：病弱蝦主要待在池底，每日可見死亡，水溫快速變化時會有大量死亡，特別在水溫高於 28°C；病蝦可見肝胰腺萎縮發白、空腸、軟殼、生長緩慢，多數蝦腹部肌肉發白壞死，養殖 60-80 天的蝦容易發病，累計死亡率可高達 80%。

(七) 對蝦桿狀病毒症 (tetrahedral baculovirosis)

1. 病原：*Baculovirus penaei* (BP)，為 RNA 病毒 (Lightner and Redman, 1998)。
2. 傳播途徑：水平感染；主要為經口食入遭含病毒糞便污染的食物、水或感染的組織。
3. 症狀：只有嚴重感染的蝦苗會出現白色的中腸，幼蝦及成蝦並無任何具診斷價值的臨床症狀。若組織病理學檢查可在肝胰腺上皮、中腸上皮及腸腔內發現三角形包涵體。感染蝦的肝胰腺及中腸細胞會呈現肥大的胞核及一個或多個三角形嗜伊紅核內包涵體，伴隨染色質著邊現象。病原的致病性，在養殖蝦苗可高達 100%。一般而言，蝦苗死亡率最高，隨年齡遞減。若持續感染，則會造成蝦生長遲緩，收成降低。

(八) 十足目虹彩病毒症 (decapod iridescent virus 1 infection)

1. 病原：十足目虹彩病毒 (DIV1)，為 DNA 病毒 (Qiu et al., 2017)。
2. 傳播途徑：目前尚待更多研究，經同類互食、接觸其他帶原生物或水源污染等水平感染均可能造成感染。
3. 症狀：病蝦聚集在池底，每日可見死亡，累計死亡率可達 80%。罹病白蝦呈現軟殼、肝胰腺變黃白色、胃及腸道無內容物。



二、細菌性疾病

(一) 急性肝胰臟壞死綜合症或早期死亡綜合症 (acute hepatopancreatic necrosis disease; early mortality syndrome)

1. 病原：帶著 Pir A/Pir B 毒素基因質體的弧菌，以副溶血弧菌 (*Vibrio parahaemolyticus*) 最為常見，哈維氏弧菌 (*V. harveyi*)、坎氏弧菌 (*V. campbellii*)、歐維氏弧菌 (*V. owensii*) 等也有報告 (De Schryver et al., 2014; FAO, 2013; Han and Tang, 2017; Tran, 2013)。
2. 感染途徑：經帶原生物水平感染。
3. 症狀：於蝦苗放養後 7–30 天內，發生病害，所以稱為早期死亡綜合症，換言之，放養之蝦苗發病甚早，為本病的明顯徵兆。病蝦嗜睡、停止攝餌、行動遲緩及胃腸空化；肝胰臟萎縮、白化、伴有黑斑或黑色條紋；殼軟、顏色暗沉且帶有斑點；成長緩慢，呈螺旋式泳姿，體色偏白；感染此病原的蝦苗放養 20–30 天後死亡率達 70–100%。此病疫情發展十分迅速，從發現少量罹病蝦到全池蝦發病死亡，最短病程的病例僅 2–3 天。

(二) 壞死性肝胰腺炎 (necrotising hepatopanreatitis)

1. 病原：*Hepatobacter penaei* 為胞內寄生菌 (OIE, 2021)。

2. 感染途徑：經同類互食或水源污染等水平感染。
3. 症狀：病蝦主要有虛弱、減少攝食、中腸無內容物、生長遲緩、軟殼及肝胰腺萎縮的症狀；體表因表層共生性微生物感染而結垢或潰瘍；鰓及腹足附肢邊緣會變黑；但均非特徵性症狀。該病好發於 9–10 月，死亡率從感染爆發開始的 30 天內可從 20% 變為 95%。

(三) 敗血性肝胰腺壞死病或弧菌病 (septic hepatopancreatic necrosis; vibriosis; systemic vibriosis)

1. 病原：哈維氏弧菌 (*Vibrio harveyi*)、副溶血弧菌 (*V. Parahaemolyticus*)、溶藻弧菌 (*V. alginolyticus*)、鰻弧菌 (*V. anguillarum*)、創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、發光弧菌 (*V. splendidus*) 等弧菌屬 (Morales-Covarrubias et al., 2018)。
2. 感染途徑：水底質管理不當及低溶氧環境下，易誘發弧菌大量繁生成優勢菌而造成危害。
3. 症狀：病蝦初期活動力減弱，食慾下降而蝦體消瘦，後期則有肝胰臟腫大呈淡白或淡黃色、附肢及尾扇呈鮮紅色、爛鰓、空腸空胃及軟殼等病徵。

三、寄生性原蟲疾病

(一) 肝胰腺微孢子蟲感染症 (hepatopancreatic microsporidiosis)

1. 病原：對蝦肝胰腺微孢子蟲 (EHP)，為可形成孢子的胞內寄生微生物 (Newman, 2015; Singh and Singh, 2018)。

2. 感染途徑：目前尚待更多研究，經同類互食、接觸其他帶原生物或水源污染等水平感染均可能造成感染。

3. 症狀：無明顯外觀症狀，通常在同批蝦隻大小不一 (圖 5-3)、病蝦生長遲緩，但無明顯肉眼病變的情況下會懷疑感染 EHP。



圖 5-3 感染 EHP 之同批蝦隻大小不一，部分蝦可見肝胰腺變白

第六章 白蝦生物安全防疫繁養殖模式

楊明樺

水產試驗所東港生技研究中心

OIE 對生物安全的定義為：「為了降低動物疾病或致病因子在族群間或族群內的引入、定植及擴散的風險而設立的一套管理制度與措施」。實施生物安全無法完全排除所有的風險因子，但能最大化降低感染機會，是確保養殖產業永續經營的一套具體可行的方法。嚴謹的生物安全等級可以避免疾病發生，養殖過程自然無需用藥，白蝦能夠順利成長與收成。生物安全可以是國際標準，例如厄瓜多禁止進口國外白蝦以避免引進新興疾病；印度的水產養殖中心設立檢疫機構來把關所有進口種蝦的病原情況，以免境內白蝦受到特定病原的威脅；而我國為了防堵 DIV1 透過活蝦傳入境內，已於 2020 年 5 月 22 日公告「十足目虹彩病毒之指定輸入應施檢疫物及檢疫措施」，針對輸入之美國螯蝦、澳洲淡水龍蝦、日本沼蝦、泰國蝦及白蝦採逐批抽驗方式，並自 5 月 29 日起正式實施。一旦疾病因不當進口或引種進入國內，常會透過各種管道進入養殖池或藏匿於環境中，消除不易，此時養殖場需要因地制宜訂定適用的生物安全規範，並且徹底執行，才能完全將病原阻隔於養殖池之外。

SPF 指的是無特定病原，白蝦的特定病原除了 OIE 表列的全球性重大疾病外，尚包含一些區域性爆發的新興疾病，如 EHP、

CMNV 與 DIV1 等，這些疾病的共通性為：(1)可準確診斷監測；(2)對產業有嚴重威脅；(3)可由防疫設施或措施有效隔離。每家育種公司或苗商的 SPF 列表可能因不同地區或時空變化而有所差異，引種或購買種苗時可要求對方提出 SPF 的檢疫證明。在臺灣因 EHP 並不在 OIE 公告列表，因此進口商的檢疫證明無須檢附該項目，如此則形成很大的防疫漏洞，因為事實上從家畜衛生試驗所（以下簡稱畜衛所）近幾年的檢疫統計資料看來，EHP 的檢出率往往是最高的，有接近兩成的送檢樣品中呈陽性反應；而 EHP 對整個產業的危害目前看起來似乎也是最大的，因為感染 EHP 後容易併發弧菌二次感染，造成孵化場種蝦不耐緊迫並持續少量死亡，生育力差，對孵化場的損害比 WSSV 更嚴重。受感染的蝦苗與大蝦容易出現白便、蝦體瘦弱、成長緩慢與體形嚴重參差情形。因此建議臺灣應修正進口甲殼類活體檢疫相關辦法，檢疫項目除了 OIE 表列疾病與 DIV1 外，EHP 也應明列並受到重視。

SPF 的涵義容易被誤解或與 SPR (specific pathogen free-resistant, 抵抗特定病原) 及 SPT (specific pathogen tolerance, 耐受特定病原) 等名詞產生混淆。首先，SPF 只是當下的一種狀態，並非遺傳性狀，SPF

種蝦生產的 SPF 種苗一旦離開生物安全設施與措施僅可稱作高度健康狀態，若放養後暴露於病原存在的環境很容易遭受感染(圖 6-1)。其次是 SPF 白蝦不具有抵抗疾病的能力，但可以在 SPF 的基礎下選育兼具有 SPF/SPR 或 SPF/SPT 特性的品系，如夏威夷海洋研究所選育之 SPF/TSV-SPR，以及厄瓜多選育之 SPF/WSSV-SPT 品系。引進 SPF 種蝦或放養 SPF 蝦苗並不能保證繁養殖的成功，重點在於須營造出符合生物安全的 SPF 養殖環境。

目前臺灣 SPF 種蝦或蝦苗生產成效不佳的原因，主要在於孵化育苗場以及各個養殖生產區已充斥各種病原；再者養殖業者欠缺防疫觀念，或因改善養殖場的防疫設施需投資成本而怯步，或僅局部改善防疫設施，因出現防疫缺口而導致活存率始終偏低，進而對 SPF 蝦苗信心不足。也有部分業者則誤解為 SPF 蝦苗為抗病或耐病蝦苗，在養殖管理上又沒有防疫作為，因此常以失敗收場。上述諸多原因均導致 SPF 蝦苗在臺灣不易推行。

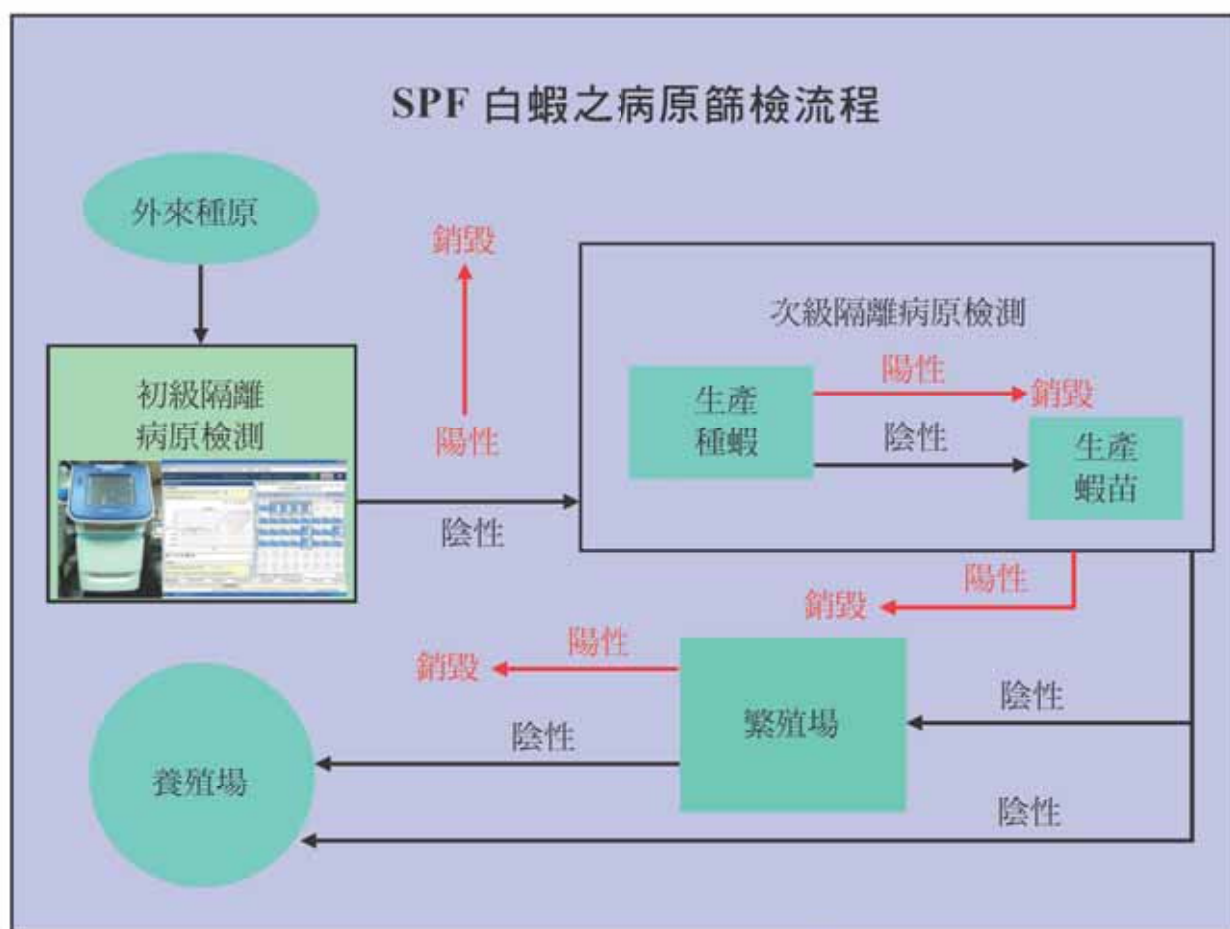


圖 6-1 SPF 白蝦只是當下的一種狀態，需要嚴謹的生物安全防疫措施，以及在各個生產環節實施檢疫，以確保不受各種重要病原的威脅



本書第五章介紹了常見的白蝦疾病，這些疾病會造成白蝦大量死亡、成長緩慢與畸形等，目前均無有效的治療方法，除了管理水質與提升蝦體免疫力以降低感染後的死亡風險外，最有效且最成本低廉的方法是從預防感染來著手，即實施生物安全防疫的繁養殖管理模式，以下說明繁殖與養殖操作管理須重視的環節，蝦場管理者可依此檢視自家條件，訂定一套規範與操作流程提供現場人員依循，並經常檢視是否存在防疫缺口，適時加以修正。

一、生物安全防疫繁殖模式

臺灣白蝦繁殖育苗場以小農家庭制為主場，在考量投入成本與技術層次下，多只負責生產過程中的一個階段，少有一貫化作業，雖可有效率批次量產該階段幼苗，但對於上游苗源（如無節幼蟲或紅筋苗）品質無法掌控，對下游提供種苗也疏於做好健康與品質把關，尤其近年來蝦類疫情嚴峻，種苗生產供應鏈的任一環節若疏於生物安全把關，影響的不只是下游養殖業者，回過頭來又影響孵化場種蝦來源品質，形成惡性循環，因此現階段唯有建立種苗生產一貫化作業，或上下游合作廠商自律互助形成生物安全策略聯盟，彼此共通信念以生產 SPF 蝦苗為目標，並且需要嚴格執行各項防疫措施，雖然會增加一些操作麻煩與營運成本，但與遭受感染後生產線得停擺並進行一連串清消作業，以及客源流失與信任感下降，平時即落實生物安全防護措施還是較值得

的投資。白蝦繁殖場包括孵化場（生產無節幼蟲）、紅筋苗場（生產後期幼蟲（3 日齡蝦苗，PL3））和黑殼場（生產後期幼蟲，10 日齡蝦苗，PL10），以下說明其生產過程需注意的生物安全規範及措施：

（一）繁殖場位址

繁殖場須具備充足、清潔、水質穩定及鹽度變動小的海水；水源須避開沼澤、泥濘海岸、大雨期間會使海水混濁或鹽度陡降的河流出海口，並且須不受農業、工業或家庭廢水污染。繁殖場必須地勢無淹水疑慮，內部為高位池，池水能自然排乾，以確保清潔消毒後能有至少 1 週的乾燥期，以達到澈底消毒池子的目的。場區須具備圍籬，能防範閒雜人等及動物進入，並設置獨立進出管制口等。

（二）基礎設施

蝦苗孵化場、紅筋苗場與黑殼場應具備以下單元的基礎設施，並各自有隔離獨立空間，以方便清潔管理，並避免交互感染。

1. 孵化場

具備隔離檢疫、環境適應（馴化）、催熟、產卵和孵化、水源處理、餌料準備、無節幼蟲包裝、分析實驗室、辦公室、庫房等區域。

2. 紅筋苗場

具備育苗區、水源處理、餌料準備、微藻培養、豐年蝦孵化、紅筋苗包裝、分析實驗室、辦公室、庫房等區域。

3. 黑殼場

具備育苗區、水源處理、餌料準備、豐年蝦孵化、黑殼苗包裝、分析實驗室、辦公

室及庫房等區域。

以上不同種苗生產階段場域設計須包含不同生產設施的物理隔離或分離、符合生物安全的動線規劃，不同場區應設置單一出入口，並限制僅由該場區的操作人員進出。在入口處應放置鞋具（拖鞋或雨鞋）更換（圖 6-2），含有消毒液（ > 50 ppm 活性成分的次氯酸鈉或次氯酸鈣）的衛生墊或足浴器具，以及 70% 酒精與殺菌洗手乳清潔手部。設施周邊的圍牆或隔離柵欄，具備足夠高度或適當孔徑大小，以阻止動物與未經許可人員進入，有助於降低疾病藉由各種途徑引入的風險。



圖 6-2 進入繁殖場需更換鞋具以避免將病原引進

(三) 水質和水處理

不同種苗生產階段引進的水源應當經過過濾與處理，以防止水質條件不符需求，或帶有病原及其載體。

1. 進水

海邊抽取沙層過濾或表層海水（ > 30 psu）至沉澱池，使懸浮固體經過 1–3 天靜置沉澱（亦可添加 0.5–2 ppm 過錳酸鉀）後，抽取上清水至室內桶槽，以 10–20 ppm

活性成分的次氯酸鈉消毒 12–24 小時，或以濾芯、濾袋等過濾設備依不同需求等級進行精密過濾（10、5、1、0.5 μm ），再以 UV 燈或臭氧進行消毒後抽至水塔備用（圖 6-3）。使用時再以活性碳過濾，或添加乙二胺四乙酸（EDTA）以去除水中有毒物質與螯合重金屬，調節所需溫度與鹽度，檢測水質與細菌量是否符合標準，繁殖場不同階段的水源過濾標準與水溫要求如表 6-1，理想水質條件如表 6-2。



圖 6-3 孵化與育苗用水經過 10、5、1 μm 共 3 道濾心過濾後再以高功率紫外燈殺菌

2. 排水

繁殖場排出的水，特別是懷疑（如隔離檢疫區的水）或已確定感染的水，在排放前應暫時保留，並以 > 20 ppm 活性成分次氯酸鈉或其他消毒劑進行處理，以防止可能的病原傳播。



表 6-1 繁殖場不同階段的水源過濾標準與水溫要求

水的用途	過濾規格(μm)	溫度(°C)
種蝦催熟	50	28-29
受精卵孵化	5	28-32
紅筋苗培育	0.5-1	30-32
藻類培養	0.5	24-28

表 6-2 繁殖場理想水質參數範圍

參數	理想範圍
鹽度	29-34 psu
pH	7.8-8.2
水溫	28-32°C
溶氧	> 4 ppm
重金屬/農藥	最低限量
鐵離子	< 1 ppm
氨氮(NH ₃)	< 0.1 ppm
亞硝酸鹽(NO ₂)	< 0.1 ppm
硝酸鹽(NO ₃)	< 10 ppm
硫化氫(H ₂ S)	< 0.003 ppm

(四) 繁殖場生物安全管理

1. 孵化場

(1) 種蝦檢疫

種蝦必須是 SPF，而且最好具備高生殖、高成長與抗病力強等優良性狀。優質種蝦來源除了水產試驗所（以下簡稱水試所）以外，也可從國外育種公司如 SIS（新加坡）、Kona Bay（美國）、OI（美國）、日夜快（泰國）等進口，須避免使用一般養殖池培育未經檢疫之大蝦作為種蝦。種蝦場須設置檢疫或隔離區，新的一批種蝦引進時先在此區進行檢疫，確定安全才移入生產區，尤其國內孵化場在種蝦生育 3 個月後會汰換部

分雌蝦，新購買的雌蝦須先進行隔離檢疫才能移入種蝦池。檢疫疾病項目除 OIE 表列海水蝦類疾病，還包括亞洲區域重要疾病如 EHP、CMNV 與 DIV1。檢疫期間禁止生產線人員接觸。所有器具都須分區使用，若種蝦確定帶原則全數銷毀，器具與桶槽澈底清潔消毒。若種蝦檢疫後確定是 SPF，則移至種蝦池促進發育成熟，須注意這僅代表種蝦當下的健康狀態良好，後續生育過程仍須嚴格遵守生物安全規範，才能確保種蝦不受感染。種蝦生育期間亦須定期做健康篩檢，可自行取種蝦或無節幼蟲樣品送至政府防疫機關檢疫，以掌握種蝦的健康情形。

(2) 生餌

目前種蝦催熟餌料仍依賴生餌，如牡蠣、魷魚、小卷及多毛類沙蠶，這些生餌可能帶有蝦類重要病原如 AHPND 與 EHP。早期許多文獻指出沙蠶帶有蝦類白點病毒，2020 年 4 月 20 日亞太水產養殖中心網路 (Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific) 亦提出呼籲，指沙蠶帶有 DIV1 而有傳播病原的風險，因此建議種蝦繁殖孵化場應尋求替代餌料。許多國家（美國、英國、荷蘭及泰國等）或蝦類育種公司 (Charoen Pokphand food) 在生物安全環境下培育 SPF 沙蠶，或將購買的沙蠶至少冰凍 1 日後再給種蝦攝食（圖 6-4），雖然沙蠶冰凍再解凍後後可能是因營養物質流失會降低種蝦產能，但站在防疫的觀點來考量仍是值得的做法。除了沙蠶可能有帶原風險外，甲殼類豆蟹 (*Pinnotheres pisum*)（圖 6-5）常共生在牡蠣殼裡，一般取牡蠣時會



圖 6-4 種蝦孵化場使用的各種冷凍生餌，包括容易帶有 AHPND 與 EHP 的沙蠶，藉由冰凍可大幅降低帶原感染風險



圖 6-5 豆蟹常共生在牡蠣殼裡，容易夾帶進入孵化場

將其剷除，但常不慎夾帶進入孵化場，雖然目前沒有報告指出豆蟹為蝦類病原的宿主，但因為與白蝦同為甲殼類，仍有疾病互通的可能，因此應避免使用牡蠣作為種蝦生餌，或使用前應嚴格清洗把關。其他生餌如小卷或魷魚等頭足類因可能攝食甲殼類，最好除去內臟後再絞碎投餵。雖然目前人工種

蝦催熟飼料仍無法完全替代生餌，但已可部分取代而不影響產能 (Chimsung, 2014)，如此可降低生餌的使用量，也減輕可能帶原的風險。市售人工催熟飼料也可額外添加維生素 C、E，免疫增強劑、類胡蘿蔔素和多元不飽和脂肪酸等，來補充生鮮餌料在季節上和營養上的不足。人工飼料可以和生鮮餌料交替使用，並以較低投餵量，每日投餵 2-3 次，每次投蝦總體重的 1%，並確保無飼料殘餌。

(3) 無節幼蟲的清洗與消毒

世界動物衛生組織 (OIE) 2009 年發行的水生動物診斷試驗手冊第 1.1.3 章建議無節幼蟲收集後，以消毒劑去除附著在幼苗體表病原的消毒流程如下：

- 先以乾淨海水沖洗 1-2 分鐘。
- 之後在含有 400 ppm 福馬林的海水中浸泡 30-60 秒鐘。
- 接著在含有優碘 (0.1 ppm 碘) 的海水中浸泡 1 分鐘。
- 最後再以乾淨海水沖洗 3-5 分鐘。

(4) 無節幼蟲健康判別 (孵化率、畸形率、活力)

無節幼蟲經過清洗、消毒和計數，一般孵化率應高過 70%，如果孵化率較低，應判斷是否將整批苗棄養，並調查孵化率偏低的原因。一般畸形率應小於 5% 為宜。無節幼蟲的活力以趨光性程度評估，如果有 95% 的無節幼蟲迅速向光源集中，則表示該批幼苗的品質是優良的。如果向光源移動的無節幼蟲比例低於 70%，則該批幼苗的品質是低劣的，可考慮予以棄養。



(5) 場區消毒清潔

孵化場包含種蝦池（雌雄分池）與產卵孵化池，每日雌蝦成熟（雌蝦池）與交配（雄蝦池）挑選時都會將水洩低，操作人員可利用此時將池壁池底澈底刷洗，避免殘餌、糞便、有機物及蝦殼等殘留池內，刷洗後再將水位加高，如此可維持水質與種蝦鰓部及體表清潔。產卵孵化池應有兩組池子輪流使用，定期於每日下午洩水收集無節幼蟲後將水排乾，用清潔劑清除所有污垢和殘渣，並用乾淨水進行沖洗後晾乾；以及於每3-4個月清潔後乾池1週，以阻斷病原傳播。收集無節幼蟲的陰井若無法有兩組輪流使用，也應該於每日作業完畢時澈底刷洗，以避免孳生細菌。孵化池與陰井除使用清潔劑清洗外，也可用次氯酸鈉（20-30 ppm的活性成分）消毒，在重新加水之前以乾淨淡水沖洗。

2. 紅筋苗場

(1) 檢疫

包含無節幼蟲與紅筋苗，放苗前先至孵化場採樣送驗，或請孵化場提出檢疫證明，唯有SPF的無節幼蟲才入池培育。培育至後期幼蟲準備出售前，一樣要採樣送相關單位檢驗，唯有SPF紅筋苗才能流通市面。

(2) 人員管制

全場限制人員進出，設置單一出入口並放置手部與足浴設施，進出前後澈底清潔。

(3) 水質管理

應對進水適當清潔過濾與消毒，使用微過濾器濾除1 μm以上雜質，濾芯與濾袋需準備兩套並經常更換清洗，以10 ppm活性

成分的次氯酸鈉消毒。過濾後的水再以UV、臭氧或次氯酸鈉去除微生物病原。

(4) 餌料清潔

蝦苗培育過程須經過不同餌料序列，包括開口餌料使用微藻，中間雖有多種人工飼料可供選擇，然而到了後期幼蟲階段一般會投餵豐年蝦無節幼蟲來提升營養。

A. 微藻

(a) 培育過程維持高衛生標準，包括對水源和空氣進行消毒和過濾（ $< 0.5 \mu\text{m}$ ）；(b) 以適當的衛生標準和微生物程序來維持藻類的純種培養，避免培育過程產生以藻類為食的原生動物，以及其他品種藻類及細菌的污染；(c) 若使用骨藻，則自港口採回後先以有機磷劑殺滅甲殼類及其幼生，並接種一次以後才使用；(d) 每次收穫後對培養槽進行清洗和消毒，用10 ppm活性成分的次氯酸鈉消毒後，將消毒水排放後陰乾備用。

B. 豐年蝦

(a) 保久卵在購買前要求廠商提出不帶有蝦類特定病原的檢疫證明；(b) 保久卵去殼：豐年蝦容易成為細菌、真菌和原生動物疾病的傳播來源，進行豐年蝦去殼可避免上述病原的污染。每1,000 g的豐年蝦卵放入4 L的海水中，再加入40 g的氫氧化鈉（NaOH）與4 L的次氯酸鈉（8-10%的活性成分）。一旦豐年蝦卵開始轉變為橙色，加入100 g的硫代硫酸鈉（海波）以中和餘氯，防止過度去殼。然後，再用潔淨的淡水將去殼的豐年蝦卵進行清洗，去殼的豐年蝦卵可以保存在過飽和的鹽水中，等到使用時再移到正常鹽度的海水中孵化。在去殼過程

白蝦 White Shrimp

楊明樺

中，應用碎冰保持水溫在 20°C 以下，以防止對豐年蝦卵的傷害；(c)適當的孵化條件：豐年蝦卵在穩定的光照和充足的曝氣下，以每公升海水 1–2 g 卵的密度，經 18–24 小時可完全孵化；(d)豐年蝦收穫後清洗消毒：孵化的豐年蝦收穫後，以 20 ppm 活性成分的次氯酸鈉消毒 3 分鐘，然後以淡水沖洗；(e)每次收穫後對孵化桶進行清洗和消毒收穫之後，豐年蝦孵化桶以清潔劑和清水沖洗，然後以次氯酸鈉 (20 ppm 的活性成分) 進行消毒，再以清水充分沖洗，並以 10% 的鹽酸溶液進行二次消毒；(f)坊間業者除了自行孵化以外，也會進口冷凍豐年蝦磚，根據畜衛所近幾年的檢疫資料，進口的沙蠶活餌及冷凍豐年蝦曾被驗出帶有 EHP 與 CMNV，因此這些種蝦或蝦苗生餌最好先經過檢疫確認安全無虞再使用。培育過程維持高衛生標準，包括對水源和空氣進行消毒和過濾 ($< 0.5 \mu\text{m}$)。

(5) 蝦苗統進統出

Kumar 等 (2017) 指出，蝦苗 Zoca II 症候群的原因可能與無節幼蟲入池期太長有關，已經培育 4–5 天的幼苗 (眼幼蟲期至糠蝦期) 水體已孳生大量細菌，可能會污染剛入池的新苗，因此建議苗場放養無節幼蟲時間相差不超過 4 天，這樣也有利於後續統一出清進行全場清潔消毒。

(6) 場區消毒清潔

設施須定期維護與消毒。平時對設施如微藻培育桶 (池) 與豐年蝦孵化桶，以及相關用具如生物網、骨藻收集袋、水桶 (杯)、料袋進行經常性清洗和消毒。從開始入無節幼蟲到紅筋苗全數出貨完畢約須 3 週，接著全場淨空，對苗場設備如育苗池、過濾器、氣水管路、軟管、走道、牆壁與天花板等儘可能清洗，然後以 20 ppm 活性成分的次氯酸鈉進行消毒。當水泥池塗有環氧樹脂或鋪設膠膜時較易清洗和消毒 (圖 6-6)。



圖 6-6 每個月紅筋苗出清淨空時，對全場設備與器具徹底清潔消毒後晾乾備用，以阻斷疾病傳播



3. 黑殼場

黑殼場生物安全措施同紅筋苗場，包括放苗前檢疫、人員進出管制、手與足部清潔、器具獨立使用、清池後消毒乾燥等。相較於紅筋苗場在執行防疫時需特別注意下列幾點：

- (1) 多數黑殼場位於戶外，需架設防鳥網隔離白鷺鷥、夜鷺等大型水鳥。
- (2) 黑殼場的養殖週期僅 1 星期，難以與單一紅筋苗場配合入苗，容易有苗源混雜以及各池入苗時間不一，無法統一清潔消毒養殖池，造成疾病在場內水平擴散等防疫上的困難點。即使如此，養殖經營者除慎選配合的紅筋苗場，把關苗源

品質外，仍須針對個別養殖池在清池後澈底消毒與乾燥後再放養下一批苗。

- (3) 多數黑殼場仍延續早期草蝦盛期時底部鋪沙的習慣，為的是提供蝦苗棲息與躲藏（圖 6-7），然而白蝦對水層的利用度較高，可高密度蓄養，再者以生物安全角度來看，底沙容易堆積污泥，躲藏病原，而且不易澈底消毒，鋪沙反而增加有機質蓄積與消毒防疫上的難點，進行白蝦中間育成並無鋪沙的必要，而且池底最好為水泥或鋪設地膜。
- (4) PL3 紅筋苗已可完全使用人工飼料，若要補充豐年蝦亦須注意檢疫與清潔措施。



圖 6-7 黑殼場白蝦蓄養池鋪沙有易堆積有機物、消毒不澈底與躲藏病原的風險，不易落實生物安全

(五) 蝦苗健康狀況的總體評價 (聯合國糧食及農業組織, 2003)

1. 一級觀察 (以肉眼觀察)

(1) 游泳行為

蝦苗的游泳行為變化很大,眼幼蟲期幼苗會不停地迅速向前游動,並濾食浮游植物。糠蝦期幼苗則以尾節間歇性的彈動向後游動,並攝食浮游植物和動物。後期幼蟲(PL1)又恢復快速、持續地向前游動,攝食的食物由浮游生物逐漸轉為底棲性食物。

(2) 趨光性

眼幼蟲期幼苗應保持強烈的趨光性,將幼苗放置在緊靠光源的半透明容器內,然後觀察其移動狀況。

(3) 發育同步性

同一個池子內不同階段的幼苗(指眼幼蟲期至後期幼蟲,下同)同步發育的程度亦可作為蝦苗健康的評估指標,而同步性隨著時間而下降是正常的。

(4) 腸道內含物

如果幼苗的腸道充滿食物,從肝胰臟開始,整個腸道呈現一條黑線,這表示食物充足,且幼苗的攝食正常。

(5) 糞便

眼幼蟲期幼苗幾乎以浮游藻類為食,若攝食狀況良好,肛門後一直拖著長條糞便。

(6) 發光情形

在絕對黑暗的情形下,幼苗培育池的發光程度與哈維氏弧菌 (*Vibrio harveyi*) 的數量呈正相關。

2. 二級觀察 (以顯微鏡觀察)

以顯微鏡檢查幼苗肝胰臟的狀況和腸

道的內含物、體表的附著生物、肢體的壞疽和畸形。

(1) 體表的附著生物

附著生物包括細菌、真菌以及原生動物,它們通常附著在幼苗頭部和肢體的外殼上,特別是在幼苗鰓部周圍。如果輕微感染,脫殼後可以完全去掉附著生物,但在嚴重感染的情形下,附著生物會持續存在或重新出現。

(2) 壞疽和畸形

幼苗肢體的壞疽是殘食或細菌感染所引起的。畸形出現在幼苗早期(眼幼蟲期)階段,反應了幼苗品質不良;出現在後期階段(後期幼蟲),則反應細菌感染或營養不良。

(3) 肝胰臟的狀況和腸道的內含物

肝胰臟和腸道內是否充滿微小消化泡或“油脂”泡,腸道是否強烈蠕動,這些都可以作為幼苗攝食和消化狀況的指標。

3. 三級觀察 (以 PCR 檢測)

以分子生物技術如 PCR 方法檢測病毒等病原。

二、生物安全防疫養殖模式

(一) 養殖場位址

臺灣的養殖場大半集中於西部沿海地區,緊鄰的池塘容易因水車帶動之水花的互相噴濺或水霧飄散,增加防疫的難度。東部地區養殖池較獨立,若配合有乾淨的砂層過濾海水,較容易落實生物安全養蝦。近年來許多戶外型養殖池配合政府政策已陸續改



建為太陽光電室內型養殖場或溫室型養殖場，防疫等級可大為提升。

(二) 養殖池設計

最好是水泥池或鋪設高密度聚乙烯 (HDPE) 膜池，容易清除底泥以避免病原殘留。池底最好在高潮線以上，清池時可以自然排乾池水，澈底乾燥及清潔。池底向中央傾斜，設中央排污孔，以利平時排放容易躲藏病原的蝦殼、底泥或殘餌。池壁垂直高於地面 30—50 cm，可充當防蟹圍籬，亦可避免其他帶原生物入侵 (圖 6-8)。



圖 6-8 蝦池鋪設 HDPE 膜、設中央排污、池壁高於地面等做法有利於落實生物安全

(三) 蝦苗

目前 SPF 蝦苗取得管道多元，除水試所外，還有多家苗商協助引進國外 SPF 種苗，來源包括泰國 SIS、CP，以及越南越澳等，購買前應要求出示檢疫證明，檢疫項目除 OIE 表列疾病外，109 年政府新增 DIV1，此外，最好還包含目前在亞洲國家盛行的 EHP。

(四) 水源

養殖場如果缺乏乾淨的砂層過濾海水 (海水井)，而是抽取海岸表層水甚至是溝渠

水，需額外設置蓄水池，進水時先以 0.1—1 mm 之 PE 浮游生物網或其它砂濾設備過濾雜魚蝦蟹幼生與甲殼類浮游生物，再以過錳酸鉀 5 ppm 或次氯酸鈣 (65%) 10 ppm 浸泡 24 小時以上，以去除任何潛在的病原菌，最後充分曝氣後再抽至養殖池使用。理想的養殖場應有一個以上的池子以設置循環水系統，或發展成零換水與少量換水的養殖模式，可降低從外界取水時引入病原的風險。

(五) 飼料

蝦類飼料的研發是助長養殖蝦類產量在過去 30 年間不斷攀升的主要因素之一，因為蝦飼料提供蝦類成長所需的營養元素，使養蝦投餵更衛生、便利以及科學化管理。目前飼料法規並未禁止可能帶有蝦類病原的蝦殼粉原料，雖然常規的飼料生產過程會讓病毒如 WSSV 不活化，但面對較耐熱的細菌與寄生蟲類病原如 VP_{AHPND} 與 EHP 則可能存在漏洞，在考慮可能存在疾病風險之下，應選擇信譽良好飼料廠製作之配方飼料，且原料中不可添加蝦殼粉。

(六) 圍籬

由於螃蟹、寄居蟹及海蟑螂為白蝦病原常見的宿主或載體，容易在溝渠與池子間棲息流竄，造成水平感染，因此池子四周圍以 PE 萬能網、黑色 PE 編織布 (雜草抑制蓆) 或塑膠布搭建圍籬加以阻隔，同時可防止其他動物與禽畜的入侵，降低病原傳播的機率。

(七) 防鳥網

已證實白蝦陶拉病毒經白鷺鷥等大型水鳥消化道 48 小時後排出仍具有感染能

白蝦 White Shrimp

楊明樺

力，而且白鷺鷥總是出現在蝦體虛弱即將發病的池子，身體沾黏病原後再傳播到另一個池子，受到驚嚇時還會將吞食的病蝦吐出，因此白鷺鷥、夜鷺等大型水鳥為蝦類病原傳播的主要媒介之一。養殖池四周圍及上方架設網徑 9–15 cm 的防鳥網，可完全隔離及大幅降低大型水鳥在池岸啄食白蝦，以及在池子上方盤旋的機率（圖 6-9）。

(八) 水質管理

維持水質適當水溫、鹽度、pH、溶氧及鹼度，避免產生有毒氨氮、亞硝酸鹽氮及硫化氫。可使用益生菌協助維持水質及改善

底質，或導入智慧水質監測系統協助管理水質。白蝦在良好水質下自體免疫力提升，較能抵禦病原菌的侵襲。

(九) 器具

每個養殖池的觀察網（以紗窗網縫製）或捕撈器具都須單獨使用，以避免病原透過器具在池與池之間交叉感染。目前國內白蝦收穫與銷售模式以活蝦為主，盤商駕駛的活蝦運輸車經常在養蝦場之間穿梭，捕撈工人所使用的網具則是撈過一池又一池，如此很容易傳播蝦類病原，養殖經營者應該自備網具供捕撈工人使用，降低養殖池感染風險。



圖 6-9 在防疫隔離的 SPF 網室或屋棚內養殖 SPF 白蝦，不但可完全避免蝦病，且池蝦成長快、產量高



(十) 人員管制

養殖場需設置門禁管制，且最好都有專人負責，不論是訪客或者是管理人員進出養殖場時都需要更換鞋子及清潔雙手。訪客在場內需謹守「只看不摸」原則，管理人員平日亦儘可能使用器具操作而不直接觸摸池水。

(十一) 檢疫

平時應留意蝦體健康狀況及成長速度，如觀察胃、肝胰臟及中腸的色澤、清晰度與飽滿度。健康蝦子每天需有 0.2 g (密度 200 尾/m²) 以上的成長量，遇有成長緩慢或異常大量死亡情形，最好採樣送各縣市防疫單位或家畜衛生試驗所檢驗，可釐清死亡原因及養殖場是否有防疫漏洞。

三、生物絮凝在白蝦生物安全防疫上的應用

生物絮凝指的是水中形成的懸浮聚合物，包含生物（細菌、真菌、微藻、原生動物、其他浮游生物及其死亡殘骸）與非生物（有機碎屑、飼料殘餌、糞便等）的組成分。有關生物絮凝技術在白蝦養殖上的應用詳如第三章。形成生物絮凝的條件包含零換水或少量換水，養殖池為水泥池或內襯塑膠膜，以及使用低蛋白質含量的配方飼料，或添加有機碳調整碳氮比 (C/N) 的作法，這些條件與 1990 年前後在美國 Waddell 海水養殖中心所發展的零換水生物安全性養蝦有異曲同工之處。所謂零換水生物安全性養蝦強調的是選擇健康蝦苗，採高密度養殖方

式，使用低蛋白質飼料，養殖期間不換水，池水循環使用以降低引入病原的風險，及維持水質穩定 (Burford, 2003)。因此，實施生物絮凝的養蝦技術同時也可以達到生物安全防疫的效果，以下說明其應用。

(一) 降低用水量

不論是生物絮凝技術或是零換水生物安全技術都可以最大限度形成封閉式的養殖系統，減少從外界引進水源的需求，自然就降低將病原引進養殖池的風險，尤其臺灣西部沿海地區養殖池大都引用潮溝水，此為表層海水與養殖池排放水的綜合體，其中充斥著各種蝦類病原、有機物及其他雜魚雜蝦，很容易把病原或其載體生物引進養殖池，使養殖白蝦感染疾病，或遭受其他生物競爭生存空間與餌料，如果可以利用生物絮凝技術進行零換水或少量換水養殖，則養殖場僅需利用一部分池子面積改建為蓄水池與沉澱池，將引進的水源充分過濾消毒再使用，養殖期間僅須利用沉澱池移除過多有機質，池水即可循環再利用，如此可大幅度降低對外界水源的依賴，同時也大幅度降低對外界排放汙水與可能攜帶的病原，有助於養殖場區生物安全等級的提升。

(二) 與底土隔離

應用生物絮凝技術的池子建議是水泥池或內部鋪設塑膠膜 (HDPE 或 PVC 材質)，由於該些材質平滑不透水、耐酸鹼、抗 UV 以及堅韌耐用的特性，相對於傳統土池，有機顆粒較容易藉由曝氣維持懸浮狀態，而當濃度太高沉降時，又可以更有效率利用機械動力集中排除（通常利用中央排

白蝦 White Shrimp

楊明樺

污)。實施生物絮凝的養殖池需要有更密集與更強勁的曝氣來維持有機顆粒懸浮，使用該些材質可以避免底土揚起或挖坑的情形，避免因泥沙粒子增加水質濁度。另外，由於該些材質與底土隔離，可以避免酸性硫酸鹽土壤造成的水質 pH 偏低，維持水質穩定，也間接幫助蝦子成長與提高免疫力。清池時可以徹底移除底部有機質，讓後續的池塘消毒作業更快速有效，確保池中沒有病原藏匿，提高生物安全等級。

(三) 維持水質穩定

在白蝦養殖初期硝化系統尚未建立穩定時，生物絮凝系統藉由添加有機碳提高碳氮比，可以很有效率降解水中有毒氨氮，避免白蝦發生氨中毒情形。雖然生物絮凝系統需要高密度養殖，又添加有機碳使微生物大量孳生，會快速消耗水體溶氧，不過生物絮凝系統為了使大量絮團顆粒保持懸浮狀態，需要增設水車或曝氣裝置，能確保水體溶氧充足無虞。生物絮凝系統強調的是利用菌相轉換氨氮的系統，相較於利用浮游植物吸收氨氮的藻相系統較不易受外界環境因素影響（如陽光），而使水質參數如 pH、溶氧等在白天和夜晚有數值偏差過大的情形。另外，藻類也容易因老化、缺乏營養鹽或環境不利因素而發生倒藻，對比之下，以菌相為主的系統則穩定許多。綜合以上因素，以異營性細菌為主的生物絮凝系統不但有助於降解有毒氨氮，對於水質穩定也有良好效果，能提供白蝦有利的生存環境。

(四) 具有抗菌效果

弧菌 (*Vibrio*) 通常被視為是白蝦養殖

水體中的致病菌，Panigrahi 等 (2018) 比較不同碳氮比的生物絮凝系統對抑制弧菌的效果，結果隨著碳氮比增加，水中異營性細菌數量跟著增加，組成菌相也更多元，而弧菌屬佔異營性細菌的數量比例則隨著碳氮比提升而下降。生物絮凝中多種微生物（如 *Bacillus* sp., *Alcaligenes* sp., *Pseudomonas* sp. 等）均含有聚合物 PHB，在養殖生物腸內可釋出抗菌物質丁酸 (Schryver et al., 2008)。此外，生物絮凝可降低 *V. harveyi* 的群感效應 (quorum sensing)，達到抗菌效果 (Crab et al., 2010)。同時生物絮凝中的微生物會與病原菌競爭附著基質、生存空間以及營養成分，從而降低病原菌的數量 (Emerenciano et al., 2012)。

(五) 提高蝦體免疫力

相較於清水式養殖，以生物絮凝養殖的藍蝦在遭遇緊迫（氧化物）逆境時能表現較高的抗氧化能力以及抗菌肽基因的表達 (Cardona et al., 2015)。Julie Eskahari 等 (2014) 亦指出生物絮凝系統藉由添加有機碳可以表現出較高的酚氧化酵素活性（蝦子免疫指標）。

蝦子的免疫系統特性為作用快速、非特異性和無法長久記憶（不穩定），因此當病原菌入侵蝦體時無法立即產生免疫機制。然而以生物絮凝方式養殖的蝦子免疫力會較高，是因為生物絮凝含有豐富的微生物相（2,000 種以上），其細胞壁主要是由脂多醣、肽聚醣或 β -1,3 葡聚醣所構成，這些成分與益生菌作用相似，具有誘發蝦體提升非特異性免疫活性的功能 (Crab et al.,



2012)。Kim 等 (2014) 監測白蝦 20 日齡後期幼蟲以生物絮凝蓄養 2 週後的原酚氧化酵素 (proPO) 相關的 6 個基因 (proPO1、proPO2、PPAE1、SP1、mas 和 Ran) 的 mRNA 表現量，結果均顯著高於清水養殖組；Panigrahi 等 (2018) 也證實生物絮凝系統中養殖的白蝦在四種免疫相關基因 RAN、SP、PPAE 和 crustin 均有較高的表現。以上資料顯示生物絮凝確實能誘發白蝦的先天免疫反應，使這樣的保護系統能更恆久維持，即使在有病原存在的情況下亦能壓制其在低濃度狀態而不至於爆發疾病，有助於提升白蝦活存率與成長。

(六) 減少疾病產生

疾病在過去 30 年間不斷困擾蝦類養殖產業的發展，要避免產生疾病，除了阻斷病原體進入養殖環境以外，還須建構良好的生存環境，例如良好穩定的水質，以及有效提升蝦類的健康狀態及免疫力，實施生物絮凝的養殖模式已經證實能達到上述多重功效，能有效防止疾病產生。實施生物絮凝的養殖池較不容易感染 IMNV、WSSV 和 AHPND (Yong Thong Poh, 2014)。Wasiclesky 等 (2013) 表示，巴西南部 Laguna, SC 原先是 WSSV 的重災區，利用生物絮凝養殖並加強生物安全後，已經多次順利收成並且未再檢驗到該疾病。Julie Eskahari 等 (2014) 表示生物絮凝系統有助於提升白蝦遭受 IMNV 攻擊之後的活存率，在印尼實施生物絮凝養殖有助於蝦池管理並有效控制疾病。

四、建構防疫型示範場與白蝦品項團隊輔導成果

為解決國內白蝦養殖業者因病原感染造成收成量嚴重偏低的問題，農委會促成水試所與畜衛所於 2018 年 10 月至 2019 年 12 月共同執行「建構防疫型白蝦養殖與繁殖示範場」計畫，除東港生技研究中心外，另選定民間 5 家養殖場及 1 家繁殖場，分別建構白蝦養殖與繁殖示範模場。另外選定 2 家民間一般白蝦養殖場作為對照組，用以彰顯防疫型白蝦養殖示範場之優良成效。所有示範模場條件均需符合生物安全防疫規範，由水試所提供 SPF 白蝦種苗及輔導建立防疫相關設施和措施，並由畜衛所監測 9 種病原以阻斷其傳播途徑。所有參與計畫之繁養殖示範場與一般場至少須辦理 1 次養殖成果現場觀摩會，並開放民眾報名參加，會中由水試所與畜衛所主辦專家宣導防疫觀念與具體作法、各場監測病原情況，與改善防疫漏洞後養殖成效提升情形。由各養殖場經營管理者分享養殖場環境、條件、操作手法與防疫心得，並在防疫前提下開放民眾參觀。希望藉由養殖現場觀摩會的舉辦，讓養殖業者能深刻體認生物安全防疫的重要性與可行性，加強業者對防疫型養蝦模式具體做法的認知與信心，進而願意落實執行而且能夠獲利，逐步改善臺灣白蝦養殖產業結構，逐年提升國內白蝦養殖產量，以供應國人需求。

計畫期間畜衛所檢測水試所及 8 家繁養殖場 9 種重要蝦類病原 (WSSV、IHHNV、TSV、YHV1、IMNV、NHP、

白蝦 White Shrimp

楊明樺

AHPND、EHP、CMNV)，以確認各場之蝦體及環境媒介（如生餌、水及土壤等）是否有病原之存在，並作為生物防疫輔導改善的依據。進行採樣、訪視、輔導共 243 場次，完成白蝦檢體 724 件次及環境檢體 948 件次之檢測，陽性率以 EHP 12.9% (215/1672) 最高，AHPND 1.8% (30/1672) 次之。水試所提供種蝦約 9,000 對給示範繁殖場，該場據以量產無節幼蟲約 207 億尾，並與配合之育苗場量產紅筋蝦苗 (PL3-5) 約 18 億尾，經 9 種病原之檢驗，均呈陰性，且成長不輸進口者，平價供應廣大業者養殖。水試所另提供 SPF 蝦苗約 2,400 萬尾給示範養殖場及其他養殖場。養殖示範場與對照場均已 $\geq 2 \text{ kg/m}^2$ 的收成，高於計畫目標 1.2 kg/m^2 的成績。計畫期間辦理現場觀摩會 9 場次，共 870 人次出席，會中有充分的技術交流並獲業者極佳的回響（圖 6-10）。

繼繁養殖示範場計畫後，農委會又責成水試所、漁業署與畜衛所共同組成白蝦品項產業輔導團隊，由漁業署補助國立臺灣海洋大學等 5 所大學水產養殖系，共同研提「白蝦養殖產業管理研究計畫」，水試所與畜衛所共同研提「白蝦繁養殖產業技術輔導」計畫，希望藉由團隊專家下鄉服務白蝦生產業者，發現問題並提供客製化輔導與解決方案，將科研成果應用於現場，同時建立示範場域，期望能引領白蝦產業轉型與升級；此外，藉由團隊成員互動聯繫與現場訪視，以培育更多白蝦專業人才，以及使未來科研範疇能更契合白蝦產業需求。

從水試所與畜衛所共同盤點現今白蝦

繁殖產業與養殖產業的主要問題後歸納結果如下：

（一）繁殖產業的主要問題

1. 種蝦場經營管理人員無防疫觀念。
2. 欠缺優質平價之未帶特定病原種蝦。
3. 普遍使用帶原種蝦後將病原傳染給蝦苗。
4. 種苗場分工細緻但欠缺防疫整合，尚無一貫化種苗場為蝦苗品質把關。
5. 孵化場不重視種蝦生餌的帶原問題，尤其普遍使用的催熟生餌沙蠶易帶有蝦類病原等。

（二）養殖產業的主要問題

1. 經營管理者欠缺防疫觀念。
2. 養殖場欠缺乾淨無病原水源。
3. 養殖場普遍未檢疫，病原易水平擴大感染養殖區。
4. 養殖場普遍為土池及混養，易形成防疫漏洞。
5. 養殖場缺乏防疫設施（地膜、防鳥網、防蟹圍籬）。
6. 面臨極端氣候，對維持良好水質無法有效掌控等。

（三）重點工作

有鑑於此，從 2020 年開始，水試所與畜衛所在白蝦品項團隊的輔導重點仍是推動防疫型繁養殖模式，重點工作包括：

1. 水試所推動白蝦從孵化場到 10 日齡後期幼蟲 (PL10) 育苗業者之間生產防疫鏈的建立及單一業者一貫化種苗場防疫模式的導入，目前一年可量產約 5 億尾以上 SPF 蝦苗供下游業者放養。



圖 6-10 2019 年 7 月 19 日於台東麗島海洋深層水公司舉辦場次，李興明經理向黃金城副主委及與會業者介紹養殖場防疫設施及養殖成效

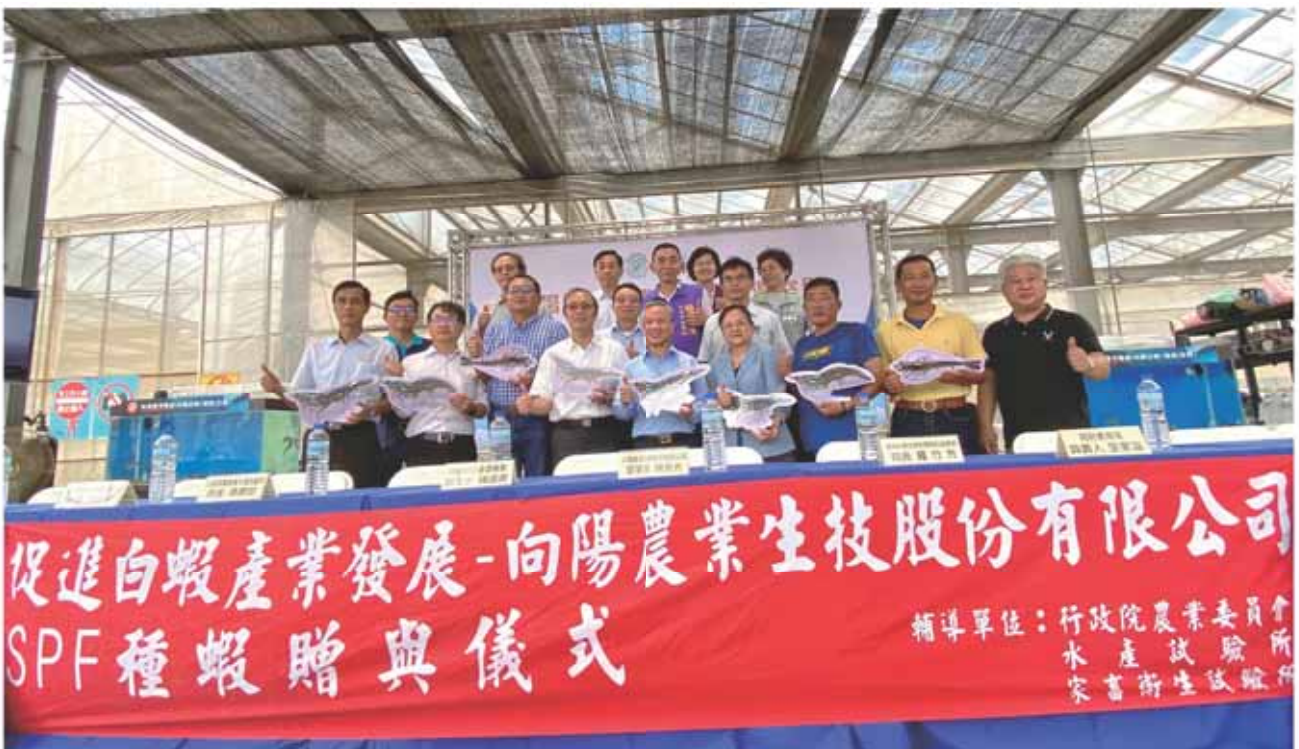


圖 6-11 白蝦品項團隊計畫促成 1 場 SPF 白蝦大蝦贈與，促進繁養殖產業正向循環(余淑楓攝)

白蝦 White Shrimp

楊明樺

另外，由於孵化場反應欠缺 SPF 大蝦作為種蝦，適逢水試所輔導的一家光電業者養成了一批白蝦大蝦，經檢驗為 SPF 狀態，因此在水試所牽線與農委會見證下舉辦了 1 場種蝦贈與儀式（圖 6-11），受贈方 2 家孵化場也均為水試所輔導對象，均表示珍惜這樣難得的機緣，後續也都發揮該批種蝦效益，量產 SPF 蝦苗來回饋養殖業者。

2. 鑑於國內種苗品質良莠不齊且帶原率極高，蝦苗往往未經檢視（疫）就直接入池，失敗率亦極高。爰此，水試所推廣中間育成（nursery）作法，即在養成池週邊或池內建構中間育成設施（池、桶槽或箱網），買來的蝦苗不論是紅筋苗（PL4）或黑殼苗（PL10），先在生物安全防疫等級較高的中間育成設施內蓄養 2—4 週，成長至 0.5—1 g，體長約 3—4.5 cm 時再搬移到大池養殖，可降低戶外疾病風險及損失，落實生物安全防疫，雖然初期需要額外成本投入，但如果可以提升後期養殖活存率，仍是值得的投資。
3. 除了有 SPF 的蝦苗，更需要有 SPF 的養殖環境，才能夠彰顯其優點。水試所一方面輔導孵化與育苗場生產 SPF 蝦苗，另一方面持續輔導業者建構防疫型養殖模式，兩者需相輔相成同時互蒙其利，並且持續建立防疫型繁養殖示範場，帶動整個產業的優良循環與蓬勃發展。
4. 畜衛所協助輔導白蝦繁養殖場的種

苗、大蝦及環境檢疫及防疫指導，釐清養殖場防疫缺口與建議後續改善作為。期望藉由水試所、畜衛所與業者之間的齊心努力，能有效降低病原對蝦類的危害，提升臺灣養蝦產業的蝦苗與環境品質，最終能逐年提升白蝦的產量與產值。

五、結語

早期草蝦養殖盛期還沒有造成蝦類高死亡率的傳染病害發生，自然不須做防疫，如今各種新興蝦病不斷爆發，而業者依舊不重視生物安全防疫的結果，使得白蝦繁養殖生產區充斥各種病原，導致近兩年養殖產量均呈現下降情形，此刻若要振興國內白蝦養殖產業，必須借鏡東南亞國家如越南、印度、泰國等對於白蝦生物安全的重視與嚴謹做法。政府需要做好邊境把關，進口種原須確實檢疫後才可進入業界生產。學研單位需調查各種重要蝦病在國內的盛行率，讓養殖業者有所警覺，同時教導業者認識蝦病及其危害性，並輔導正確有效的生物安全作為，如此才能有效提高白蝦育成率，確保蝦類養殖產業永續發展。

第七章 結論與建議

余淑楓

水產試驗所東港生技研究中心

一、結論

依據漁業署 2020 年統計年報資料顯示，現行臺灣地區白蝦養殖生產樣態主要係以魚類為主、白蝦為輔的魚蝦混養方式，而全臺專養面積約 378 公頃，僅占總養殖面積 16.6%。在魚蝦混養模式下，白蝦種苗品質通常不受重視，且在養殖過程中疾病防治與養殖管理，與專養模式相較，除了造成飼養管理上之不便外，混養的白蝦育成率差，普遍不到一成。臺灣沿海地區白蝦養殖池密集，使得許多養殖業者進而轉往內陸發展淡水養殖，此養殖模式一旦超抽地下水，導致地層下陷，於颱風季節或豪雨報到時易引發水患或海水倒灌，甚至因地下水位低於海平面，使海水入侵地下水層，造成地下水層鹽化。再者，雖然白蝦對環境耐受力較高，能在較低鹽度下存活與成長，但在其生長過程中亦須引入海水至內陸養殖，促進其脫殼成長。內陸地區除海水取得不易外，在養殖池排水過程中容易造成土壤鹽化現象，因此在內陸缺乏海水的地區較不適宜進行白蝦淡水養殖。

近年來許多蝦類養殖國家紛紛採用生物安全防疫管理模式，提升白蝦養殖產能及育成率，如越南施行 3C（蝦苗品質 clean

post larvae、池塘管理 clean water、生物安全 clean pond) 流程，同時實施間捕，並搭配智能化水質監測與機能性或功能性飼料來抵禦疾病，使活存率達 90%；菲律賓養蝦的成功要素則為乾淨蝦苗、生物安全防疫及監測水質；泰國使用益生菌、水質與生物安全防疫來提升生產效率；沙烏地阿拉伯則只核准使用厄瓜多 SPF/SPR-WSSV 白蝦品系，平均活存率可達 70%。目前臺灣白蝦養殖由於產業欠缺防疫觀念、蝦苗與環境普遍帶有病原，導致各種蝦類疾病於養殖區交互感染，造成白蝦養成率不佳。或有業者想建構防疫型養殖場，然因需高額投資而卻步，或僅局部改善防疫設施，因而出現防疫缺口（圖 7-1）。



圖 7-1 未架設防鳥網的戶外養殖池，易有白鷺鷥盤旋或駐足於池邊，增加病原傳播之風險

白蝦 White Shrimp

余淑楓

因此，如何在養殖環境充斥眾多病原之下，維持蝦體的健康，為未來養殖業者需共同努力的目標，從種蝦、種苗、水質、環境、飼料及生物安全防疫管理，每個環節都要謹慎操作，維持穩定良好的養殖環境，使得白蝦養殖產業能夠永續經營（圖 7-2）。



圖 7-2 維持穩定良好的養殖環境，將有助於蝦類的成長，以利養蝦產業能永續經營

二、白蝦養殖管理之建議

- (一) 養蝦宜先養水：養殖池消毒後開始做水，在漂白水效能尚未完全消失時添加酸酵物，並添加益生菌使效果更佳。放養前期水色不必太深，以看到池底即可，中後期則以維持良好與穩定的水質為原則。
- (二) 養水宜先養土：蝦苗放養前應確實做好整池消毒的工作，清池前應將池底積水徹底排乾，泥土底池清淤後，讓底土接觸空氣與照射陽光；沙底、水泥或 HDPE 膜池則用高壓水沖洗排除淤泥。在曬池方面，泥土池底土需曬至龜裂，HDPE 膜池則需曝曬 3-5 天才可重新放養。消毒部分，注滿池水後，添加 10 ppm 漂白水或漂白粉進行消毒，待有效氯成分降解後再排放池水。
- (三) 白蝦眼幼蟲期為蝦苗繁殖過程中活存率差異最大時期，觀察其脫糞的糞便長度、色澤及狀態，如有糞便變短或顏色變透明，應迅速提高投餌量或進行換水等處理。
- (四) 白蝦後期蝦苗從 PL3-PL4 開始降聚池底棲息，如超過此期過久尚未有“倚壁”行為時，應注意是否有放養密度過高或水體優養化之情形，避免蝦體成長速度變慢。
- (五) 選購信譽良好的繁殖場所產或有認證的蝦苗，種苗應具備日齡充足 (PL12 以上)、整齊度高、附肢及觸鬚完整、身體透明潔淨且無附著物、肝胰臟及腸道清晰分明與充滿食物、游動時充滿活力等條件，以利提升白蝦的育成率。
- (六) 集約式養殖可放養 20-30 萬尾/分地；若採混養模式且白蝦非主要養殖物種，建議放養 2-5 萬尾/分地；若新手經營或水源缺乏及鹽度小於 5 psu 地區，建議放養密度不高於 10 萬尾/分地較佳。
- (七) 養殖期間白蝦池水溫度保持在 28-32°C，一天水溫變化不要超過 4°C，避免造成緊迫並引發疾病；鹽度在種蝦成熟交配產卵及孵化後期幼苗時，需維持在 30 psu 左右下操作與培育，白蝦繁殖及成長較佳；溶氧量維持在 5 ppm 以上，白蝦攝食率較佳；水體 pH 值維持



在 7.5–8.5 間，以免對蝦體造成緊迫。

- (八) 白蝦池透明度維持在 30 cm 左右，當透明度太低時，可在傍晚後換水稀釋，如透明度太高時，可在上午投餵前排水 40–50 cm，依原進水水量補水，連續操作 3–4 次將水色營造起來。
- (九) 白蝦池總鹼度偏低時，添加碳酸鈣或碳酸氫鈉，能減緩 pH 值受光合作用與呼吸作用影響所造成的波動。碳酸鈣需在養殖池二氧化碳濃度較高時添加才較易溶於水；硬度不足時可添加碳酸鈣或硫酸鈣（石膏），添加 2 ppm 硫酸鈣約可提高總硬度 1 ppm。
- (十) 養殖期間以控制投餌量、維持藻類濃度、換水與移除有機物等方式，建議將總氨氮安全濃度維持在 2 ppm 以下、 NH_3 在 0.1 ppm 以下；硫化氫則維持在 0.033 ppm 以下。
- (十一) 氧化還原電位 ORP 值可用來監測底值是否惡化，池水良好狀態下 ORP 值約 150–250 mv，底質堆積過多有機物時降至 -250 mv，增加溶氧、增加透明度、降低懸浮固體濃度、去除底泥或使用光合細菌，可改善並提升 ORP 值，以維持白蝦的最佳成長狀態。
- (十二) 白蝦池放養初期生物量少且投餌低，一般不必換水。若池子會滲漏視情況補水。養殖中後期投餌量增加，須逐漸增加換水量，在投餵前先排除池底淤泥及池中舊水，排放量佔總水量 5–10%，控制進水流量在下次投餵前補滿水位，每日操作 1–2 次。

三、生物安全防疫之建議

白蝦繁養殖場建立生物安全防疫管理模式，並徹底執行，以降低蝦體感染疾病後的死亡風險，建議如下：

- (一) 選用無特定病原 (SPF) 的健康種蝦及蝦苗。
- (二) 選擇信譽良好的飼料廠製作配方飼料，且原料中無添加蝦殼粉。
- (三) 種蝦及蝦苗的生餌或餌料須先經過檢疫確認安全無虞再使用。
- (四) 戶外型養殖池可配合政府政策，建構或改建為太陽光電室內養殖場或溫室型養殖場，以提升防疫等級 (圖 7-3)。



圖 7-3 光電白蝦養殖設施可提升生物安全防疫等級

- (五) 使用水泥池或鋪設高密度聚乙烯 (HDPE) 膜池作為繁養殖池，並於池底設中央排污孔，池壁垂直高於地面 30–50 cm，避免病原殘留及其他帶原生物入侵。

- (六) 水源使用乾淨的砂層過濾海水，如抽取海岸表層水或溝渠水，需另設置蓄水池，進水時以 PE 浮游生物網或其它砂濾設備過濾雜魚蝦蟹類幼生及動物性浮游生物，再以次氯酸鈣 (65%，10 ppm) 浸泡 24 小時以上，最後充分曝氣再抽至養殖池使用，以去除任何潛在病原菌。
- (七) 養殖池四周以 PE 萬能網、黑色 PE 編織布或塑膠布搭建堤岸圍籬，以阻隔其他動物與禽畜入侵。
- (八) 戶外養殖池四周及上方架設網徑 9—15 cm 防鳥網，可完全隔離及大幅降低大型水鳥（候鳥）在池岸啄食白蝦或池子上方盤旋機率。
- (九) 繁養殖場每個池子的觀察網或捕撈器具須單獨使用，以避免交叉感染；養殖經營者自備網具供捕撈工人使用，降低養殖池感染風險。
- (十) 繁養殖場需設定門禁管制，各個繁養殖場最好專人管理，訪客及管理人員進出前後繁養殖場需更換鞋子及清潔雙手，盡可能使用器具操作而不直接接觸池水；訪客在場內謹守只看不摸原則。
- (十一) 維持適當水質管理，並添加益生菌協助良好水質及改善底質，或導入智慧養殖監測系統，以協助管理人員確實掌握養殖池水體狀況及其變化情形。
- (十二) 平時留意蝦體健康狀況及成長速度，遇有成長緩慢或異常大量死亡情形，採樣送各縣市防疫單位或農委會畜衛所檢驗，以釐清死亡原因及養殖場是否有防疫漏洞。
- (十三) 繁養殖場區的設施和設備須定期維護與消毒，而蝦池於每次清潔消毒後乾池 1 週，以阻斷病原傳播 (圖 7-4)。



圖 7-4 蝦池於收穫後，須先進行清潔消毒工作，再以曬池的方式，利用陽光照射進行自然殺菌



參考文獻

1. 丁雲源 (2005) 白蝦養殖發展史。白蝦養殖產業發展與技術創新, 水產試驗所特刊第 6 號, 3-4。
2. 王吉橋、徐鋨 (2002) 對蝦對營養物質的需要量。大連水產學院學報, 3: 196-208。
3. 吳立新、董雙林、田相利 (2001) 中國對蝦繼飢餓後的補償生長研究。生態學報, 21(3): 452-457。
4. 莊健隆 (1993) 水產動物營養及飼料。350-384。
5. 唐建洲、劉臻、汪星磊、齊紹武、柏連陽、張建昌、張義、劉勇虎、劉正軒 (2016) 淡化對南美白對蝦存活率、滲透壓和 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影響。淡水漁業, 46(3): 82-86。
6. 董明澄 (2005) 白蝦疾病診斷與防治。白蝦養殖產業發展與技術創新, 水產試驗所特刊第 6 號, 101-115。
7. 楊其彬、姜松、黃建華、李曉蘭、邱麗華、周發林、江世貴、李沐 (2013) 斑節對蝦的飢餓試驗和補償生長。南方水產科學, 9(5): 25-31。
8. 楊順德 (1994) 幼草蝦對純化飼料中結晶型胺基酸之利用及甲硫胺酸需求。國立臺灣海洋大學水產養殖研究所碩士學位論文, 114 pp。
9. 劉發義 (1997) 白蝦營養和人工配合飼料研究概況。中國水產學會水產動物營養與飼料研究會論文集, 20-27。
10. 蕭錫延 (2000) 水產養殖疾病防治與飼料調配研習會教材。1-74。
11. 聯合國糧食及農業組織 (2003) 拉丁美洲南美白對蝦孵化場的健康管理和生物安全性維護。21-29。
12. Akiyama, D. M. and K. H. Tan (1991) In: Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. 80-98.
13. Akiyama, D. M. (1992) Future considerations for shrimp nutrition and the aquaculture feed industry. In: Swimming Through Trouble Water-Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, World Aquaculture Society, Baton Rouge, 198-205.
14. Avnimelech, Y. (2003) Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds. World Aquaculture, 34(4): 19-21.
15. Avnimelech, Y. (2009) Biofloc technology. A practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, 182 pp.
16. Burford, M. A., P. J. Thompson, R. P. McIntosh, R. H. Bauman and D. C. Pearson (2003) Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. Aquaculture, 219(1-4): 393-411.
17. Cardona, E., B. Lorgeoux, C. Geffroy, P. Richard, D. Saulnier, Y. Gueguen and L. Chim (2015) Relative contribution of natural productivity and compound feed to tissue growth in blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) reared in biofloc: assessment by C and N stable isotope ratios and effect on key digestive enzymes. Aquaculture, 448: 288-297.
18. Chamberlain, G. W. and B. Hunter (2001) Feed additives. Global Aquaculture Advocate, 4(4): 61-65.
19. Chimsung, N. (2014) Maturation diets for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) broodstock: a review. Songklanakarin Journal of Science & Technology, 36(3): 265-273.
20. Ching, C. A. (2011) Intestine color check complements feed management in white shrimp. Global aquaculture advocate. September/October, 63-64.
21. Colt, J. and J. E. Huguenin (2002) Design and operating guide for aquaculture seawater systems. Elsevier, 26.
22. Crab, R., A. Lambert, T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete (2010) The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. Journal of applied microbiology, 109(5): 1643-1649.
23. Crab, R., T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete (2012) Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. Aquaculture, 356: 351-356.
24. Davis, D. A. and A. L. Lawrence (1997) Minerals. In: Crustacean Nutrition. World Aquaculture Society, Baton Rouge, 150-163.
25. De Schryver, P., T. Defoirdt and P. Sorgeloos (2014) Early mortality syndrome Outbreaks: A microbial management issue in shrimp farming? PLoS Pathog, 10(4): e1003919. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003919>



- 1371/journal.ppat.1003919.
26. Ekasari, J., M. H. Azhar, E. H. Surawidjaja, S. Nuryati, P. De Schryver and P. Bossier (2014) Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. *Fish & Shellfish Immunology*, 41(2): 332-339.
 27. Elovaara, A. K. (2001) *Shrimp Farming Manual: Practical Technology For Intensive Commercial Shrimp Production*. Carribian Press Ltd. USA., 200 pp.
 28. Emerenciano, M., E. L. Ballester, R. O. Cavalli and W. Wasielesky (2012) Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43(3): 447-457.
 29. Fox, C., J. H. Brown and M. Briggs (1994) The nutrition of prawns and shrimp in aquaculture. In: *Recent Advances in Aquaculture*, 131-206.
 30. FAO (2013) Report of the FAO/MARD Technical Workshop on Early Mortality Syndrome (EMS) or Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome (AHPND) of Cultured Shrimp (under TCP/VIE/3304). Hanoi, Viet Nam, 25-27 June 2013, FAO Fisheries and Aquaculture Report, 1053: 54.
 31. FAO (2018) *Fishery and Aquaculture Statistics: Aquaculture Production*, http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2018_USBeard/navigation/index_content_aquaculture_e.htm#B.
 32. Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot and R. Metailler (1999) *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. 408 pp.
 33. Han, J. E. and K. F. J. Tang (2017) Non-invasive diagnostic tool developed for shrimp disease EMS. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/non-invasive-diagnostic-tool-developed-shrimp-disease-ems/>.
 34. Hargreaves, J. A. (2006) Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 34: 344-363.
 35. Harkell, L. (2020) China becomes world's biggest shrimp importer by volume, The undercurrentnews. <https://chinaseafoodexpo.com/china-becomes-worlds-biggest-shrimp-importer-by-volume/>
 36. Kim, S. K., Z. Pang, H. C. Seo, Y. R. Cho, T. Samocha and I. K. Jang (2014) Effect of bioflocs on growth and immune activity of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture Research*, 45(2): 362-371.
 37. Kuhn, D. D., A. L. Lawrence, G. D. Boardman, S. Patnaik, L. Marsh and G. J. Flick Jr (2010) Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303(1-4): 28-33.
 38. Kumar, T. S., R. Vidya, S. Kumar, S. V. Alavandi and K. K. Vijayan (2017) Zoea-2 syndrome of *Penaeus vannamei* in shrimp hatcheries. *Aquaculture*, 479: 759-767.
 39. Lim, C. and W. Dominy (1990) Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87:53-63.
 40. Lightner, D. V. (1996) The penaeid shrimp viruses IHNV and TSV: epizootiology, production impacts and role of international trade in their distribution in the Americas. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 15: 579-601.
 41. Lightner, D. V. and R. M. Redman (1998) Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture*, 164: 201-220.
 42. Lo, C. F., J. Leu, C. H. Ho, C. H. Chen, S. E. Peng, Y. T. Chen, C. M. Chou, P. Y. Yeh, C. J. Huang, H. Y. Chou, C. H. Wang and G. H. Kou (1996) Detection of baculovirus associated with white spot syndrome (WSBV) in penaeid shrimps using polymerase chain reaction. *Diseases of Aquatic Organisms*, 25: 133-141.
 43. Megahed, M. E. (2010) The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5(2): 119-142.
 44. Mente E., P. Coutteau, D. Houlihan, I. Davidson and P. Sorgeloos (2002) Protein turnover, amino acid profile and amino acid flux in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*: effects of dietary protein source. *The Journal of Experimental Biology*, 205: 3107-3122.



45. Morales-Covarrubias, M. S., J. Cuéllar-Anjel, A. Varela-Mejias and C. Elizondo-Ovares (2018) Shrimp bacterial infections in Latin America: a review. *Asian Fisheries Science*, 31S: 76-87.
46. NRC (National Research Council) (1993) Nutrient requirement of fish, Washington DC, National Academy Press, 114 pp.
47. Newman, S. G. (2015) Microsporidian impacts shrimp production-industry efforts address control, not eradication. *Global Aquaculture Advocate*, 16-17 (March/April). <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/microsporidian-impacts-shrimp-production/>.
48. OIE (2021) Infection with *Hepatobacter penaei* (necrotising hepatopancreatitis). In *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2021*. Office International des epizooties-World Organisation for Animal Health, Paris, France, 127-137. https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahm/current/2.2.03_NHP.pdf.
49. Panigrahi, A., C. Saranya, M. Sundaram, S. V. Kannan, R. R. Das, R. S. Kumar,... and S. K. Otta (2018) Carbon: Nitrogen (C: N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish & Shellfish Immunology*, 81: 329-337.
50. Peñaflores, V. D. (1989) An evaluation of indigenous protein sources as potential component in the diet formulation for tiger prawn, *Penaeus monodon*, using essential amino acid index (EAAI). *Aquaculture*, 83: 319-330.
51. Pooljun, C., S. Direkbusarakom, P. Chotipuntu, I. Hirono and S. Wuthisuthimethavee (2016) Development of a TaqMan real-time RT-PCR assay for detection of covert mortality nodavirus (CMNV) in penaeid shrimp. *Aquaculture*, 464: 445-450.
52. Primavera, J. H. (1983) Broodstock of sugpo, (*Penaeus monodon Fabricius*) (3rd ed.). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Dept., Southeast Asian Fisheries Development Center.
53. Qiu, L., M. M. Chen, X. Y. Wan, C. Li, Q. L. Zhang, R. Y. Wang, D. Y. Cheng, X. Dong, B. Yang, X. H. Wang, J. H. Xiang and J. Huang (2017) Characterization of a new member of Iridoviridae, shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV), found in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Scientific Reports*, 19: 11834. DOI:10.1038/s41598-017-10738-8.
54. Samocha, T. M. (2009) Use of no water exchange and Zeigler 35% CP HI diet for the production of marketable Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a super-intensive raceway system. A Summary Report prepared for Zeigler Bros.
55. De Schryver, P., R. Crab, T. Defoirdt, N. Boon and W. Verstraete (2008) The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4): 125-137.
56. Singh, M. and P. Singh (2018) Enterocytozoon hepatopenaei: A microsporidian in the midst of serious threat to shrimp aquaculture. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6: 936-939.
57. Taw, N., J. Fuat, N. Tarigan and K. Sidabutar (2008) Partial harvest/biofloc system promising for Pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, September/October, 84-86.
58. Taw, N. (2010) Biofloc technology expanding at white shrimp farms. *Global Aquaculture Advocate*. May/June, 20-22.
59. Thong, P. Y. (2013) Prevention and control of IMNV in vannamei shrimp in Indonesia. *Aqua. Culture Asia Pacific Magazine*, September/October 2013: 8-12.
60. Thong, P. Y. (2014) Biofloc technology in shrimp farming: success and failure. *Aquaculture Asia Pacific*, 10: 13-16.
61. Tran, L., L. M. Nunan, R. M. Redman, L. L. Mohny, C. Pantoja, K. M. Fitzsimmons and D. V. Lightner (2013) Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Disease Aquatic Organisms*, 105(1): 45-55.
62. Wilson, R. P. (2003) Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: *Amino acids in animal nutrition*, 2nd ed., 427-447.
63. Wasielesky Jr, W., C. Froes, G. Fôes, D. Krummenauer, G. Lara and L. Poersch (2013) Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. *Journal of Shellfish Research*, 32: 799-806.

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

白蝦繁殖及生物安全防疫管理 = The aquaculture and bio-safety management practices for white shrimp / 余淑楓, 周芷儀, 周瑞良, 陳怡玟, 楊明樺, 劉冠甫, 郭錦朱著; 吳豐成主編. -- 基隆市: 行政院農業委員會水產試驗所, 民110.12 面; 公分. - (水產試驗所特刊; 第30號) ISBN 978-986-5455-90-3 (平裝)

1. 蝦 2. 水產養殖 3. 疾病防治

438.662

110019173



白蝦繁殖及生物安全防疫管理

The Aquaculture and Bio-safety Management Practices for White Shrimp

發行人：陳君如

編輯委員：張錦宜、曾振德、許晉榮、葉信明、曾福生、蔡慧君

主編：吳豐成

著者：余淑楓、周芷儀、周瑞良、陳怡玟、楊明樺、劉冠甫、郭錦朱 (依姓氏筆劃排序)

校稿：吳豐成、陳陽德、許自研

責任編輯：陳陽德

編輯：李周陵

出版者：行政院農業委員會水產試驗所

地址：基隆市中正區 202008 和一路 199 號

電話：(02)24622101

傳真：(02)24629388

網址：<https://www.tfrin.gov.tw>

設計印刷：群鋒企業有限公司

電話：(02)22262055

定價：新臺幣 200 元

出版日期：一一〇年十二月

展售處：

1. 五南文化廣場臺中總店 臺中市中山路 6 號 (04)22260330

2. 國家書店 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207

<https://www.gcvbooks.com.tw>

GPN 1011001884

ISBN 978-986-5455-90-3

本書內容保留所有權，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。





White Shrimp

ISBN 9789865455903

00200



9 789865 455903