

深層海水在水產養殖之 應用及發展潛力

撰文/林金榮、蔡惠萍

前言

海洋中之海水大致分成表層、躍溫層及深層三個層次，深層海水指的是躍溫層以下（約海平面 200 公尺以下）的海水，陽光照射不到，具低溫、清淨、富有營養鹽及礦物質等特性，可應用於飲料水、食品、水產、農業、資源、環境維護以及健康美容醫療等多種產業上。近年來，在日本與美國有關深層海水的開發利用進步很快，產值逐年增加。2002 年，日本深層海水商品年產值已達 6,000 億日幣，美國也有 4,000 萬美金的產值。

台灣東部海域，海底地形陡峭，離岸不遠水深即達 600 公尺以上，具有發展「深層海水產業」的潛力。在 1989-1998 年代，台灣電力公司以及工業技術研究院能源與資源研究所曾從事海洋溫差發電的評估研究。近年來，有鑑於日本與美國在深層海水的多目標利用已相當成功，並獲得極大產值，2000 年農業委員會水產試驗所開始籌建國家水產生物種原庫台東支庫時，已規劃將利用深層海水之低溫、清淨、富營養鹽以及微量元素均衡等特性，進行重要水產生物之保種與育種，以及生產優質水產種苗，俾利帶動高科技水產養殖以及海洋生技產業發展。2005 年 4 月行政院核定經濟部水利署研擬之「深層海水資源利用及產業發展政策綱領」。經濟建設委員會隨即成立跨部會小組協調整合有關單位積極推動各項重要工作，在最近未來幾年，深層海水產業將是政府極力發展

的重點新興產業。

深層海水具有清淨、富營養鹽及礦物質、低溫安定等特性，非常適合發展水產養殖。水產試驗所因而規劃利用深層海水培育優質水產生物種原、開發高經濟價值水產養殖產品。台灣深層海水投資業者皆將水產養殖產業列入發展重點，如台肥公司的「台灣鯛海水馴化養殖」，光隆育樂公司及幸福水泥成立的東潤水資源生技公司的「九孔苗繁養殖」。本文將以日本及美國利用深層海水在水產養殖上的研究及發展經驗，結合台灣養殖環境及產業需求提出構想，以供未來發展之參考。

一、深層海水在水產養殖上的應用

（一）日本

1. 海藻類培養

如昆布、褐藻、裙帶菜、海葡萄等。用富含營養鹽的深層海水進行流水式培養試驗，證實在水槽中可以穩定培養大型海藻，又利用深層海水的低溫，則連冷水性大型海藻也可以在溫暖地帶培養。用深層海水培養的褐藻，不管是全長、莖長、最大側葉長或體重，均比用海洋表層水培養者分別大 1.5 倍、4.7 倍、1.8 倍及 2.0 倍（最大者高達 2.2 倍、9.6 倍、2.3 倍及 4.0 倍）。利用深層海水培養裙帶菜 (*Undaria pinnatifida*)，也有較良好的生長效用。又利用深層海水培養的裙帶菜進行鮑魚 (*Haliotis gigantean*) 飼育試驗，結果發現深層

海水裙帶菜組的成長最快，天然褐藻組最慢；前者的成長速度比後者快 4.5 倍。久米島海洋深層水開發株式會社利用深層海水養殖海葡萄 (*Caulerpa lentillifera*) 已達商業化，充分利用深層海水之特性，節省施肥、水溫調節與微生物混入控制等費用，及其相關設備之管理費和人事費。

2. 微細藻類培養

如矽藻類、綠藻類、紅藻類、扁藻類、擬球藻類等。在靜置培養及連續培養下，均分別證實深層海水是很有效的天然培養水。一般以沿岸表層水做靜置培養，必須先經過過濾、殺菌、補強營養鹽等手續，如果處理不當，往往造成雜菌或原生動物等微小生物污染，尤其是在室外大量培養時，規模越大困難越大。若改以深層海水做靜置培養，則不論是在室內或室外均可順利進行大量培養。擬球藻及紅藻可採用室外大量靜置培養，運用深層海水的特性可調節晝夜溫差、減少微生物污染，達到穩定生產。綠藻可採用連續培養，但要適度使用紅色光低照度照射，以提高藻體的 β -胡蘿蔔素含量。如果採取半連續培養、半高密度培養的組合法，則可增加藻體產量約十倍。在附著性餌料矽藻的連續培養實驗，發現用深層海水可使藻細胞增大 4.00~5.04 μm ，而添加 Fe-EDTA 後則更高達 5.04~6.35 μm ，顯示藻細胞有大型化的傾向。

3. 魚介類養殖

使用深層海水進行日本櫛鯧、櫻鱒、金眼鯛、大西洋鮭、銀鮭、比目魚、龍蝦、紅蟹、富山蝦、鮑魚、峨螺及牡蠣等種類的養殖試驗，雖均獲得較好成績，但並不顯著。例如，近畿大學水產研究所富山實驗場做比目魚 (*Paralichthys olivaceus*) 養殖試驗，分表層水、混合水 (表層水：深層水 = 1 : 1) 及深層水 3 組，水溫皆調控於 20~23°C，飼料為市售之乾性粒狀飼料，經 130 日飼育結果，存活率均高於 98%，日平均攝餌率及餌料效率沒有顯著差異，表層水組及深層海水組

的增重率雖高於混合水組，但並沒有顯著差異。肉質官能品評結果，深層海水組顯著較佳。但利用深層海水清淨及低溫特性，對於種魚及冷水性物種的培育則有顯著效果，如富山縣的冷水性櫻鱒、紅蟹、富山蝦等的飼育，於夏季高水溫期容易染病的問題，利用深層海水得以安全順利解決；比目魚、虎河豚及斑節蝦優質種魚的養成，利用深層海水皆獲得良好的成績。

(二) 美國

美國夏威夷州之 NELHA (Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority) 科技園區，設有汲取深度 610 公尺深層海水設備，園區開放租給利用深層海水發展高科技水產養殖、海洋生技、機能性飲料等相關產業的廠商。2005 年 NELHA 科技園區已有 21 家商業化規模廠商進駐，其中水產養殖相關廠商有 13 家之多，其主要營業項目如下：

1. 大島鮑魚公司(www.bigislandabalone.com)

該公司以享有專利的 PolyGrow 養殖系統，在 10 公畝養殖池生產日本北部原產鮑魚及紅鮑魚。

2. 黑珍珠公司(www.blackpearisinc.com)

該公司已發展出黑殼及銀殼珍珠蠔貝的育苗技術，並供應南太平洋養珠場幼貝，此外也繁殖多種高經濟價值食用魚種。

3. CYANOTECH公司(www.cyanotech.com)

該公司生產高經濟價值的微細藻類，供製造營養品及藥品，例如 Astaxanthin、NatuRose、BioAstin、Spirulina Pacific、phycobiliprotein 等。CYANOTECH 公司是 NELHA 園區的資深廠商，已承租 15 年。

4. 高健海水養殖公司(www.hihealthshrimp.com)

該公司已成功生產認證通過的無病毒 *Penaeus vannamei*、*Penaeus stylirostris* 及 *Penaeus monodon* 的種蝦及蝦苗，供應全世界海蝦養殖場。

5. 印尼-太平洋海洋農場公司(www.ipsf.com)

該公司正在研發可永續維護珊瑚礁生態系的創新技術。

6. KONA 灣海洋資源公司(www.konabaymarine.com)

該公司利用高科技養殖系統生產優質蝦苗及貝苗。

7. KONA COLD LOBSTERS, LTD

該公司由大西洋漁業公司進口天然活蝦和蟹，利用深層海水蓄養，之後再分銷到整個夏威夷州，以及特定的亞洲或太平洋國家。

8. MERA PHARMACEUTICALS, INC.(www.aquasearch.com)

該公司生產微細藻並已發展出新品種微細藻。目前有商標產品 AstaFactor，是一種具強抗氧化特性的人體營養劑，及商標產品 AquaXanm，一種蝦及鮭魚攝食用的天然色素。

9. MOANA TECHNOLOGIES, INC

該公司發展高優質蝦苗以及蝦類養殖的營養和健康管理支援技術。

10. OCEAN RIDER, INC (www.oceanrider.com)

該公司正在發展海馬之商業化量產技術，預估未來有相當大的市場需求。

11. ROYAL HAWAIIAN SEA FARMS, INC

該公司銷售 ogo 商品 (可食用的海中蔬菜)，也生產鹹水的 tilapia 及 milkfish。此外也研究可食用的海參、opihī (夏威夷 limpet) 及暖水鮑魚。

12. TAYLOR SHELLFISH-KONA (www.taylorshellfish.com)

該公司總部位在華盛頓州，是美國貝 (clam) 及蠔 (oyster) 類最大生產廠商之一，並且在 NELHA 擁有一處育苗場，年產高達 4 億粒馬尼拉幼貝以及一千萬粒太平洋幼蠔，再送回華盛頓州該公司自有潮間帶養殖場養成，或銷售給其他養殖場養成。

13. UWAJIMA FISHERIES, INC.

該公司生產一種高品質冷水性比目魚，因而受到夏威夷的沙西米 (sashimi) 和壽司業界高度賞識，另公司也以半集約及複合式的養殖方式，生

產海水魚類及 ogo。

二、深層海水應用於水產養殖產業之構想

水產試驗所已規劃於台東縣知本設立國家水產生物種原庫—台東支庫，做為深層海水應用於水產相關產業之研究基地，計畫利用深層海水創新重要水產生物之保育與育種、培養優質水產種苗、生產高經濟價值水產養殖產品、製造高機能性水產生技產品、以及改進沿岸海域之天然生產力等方面的技術，以利帶動國內高科技水產相關產業以及海洋生物科技產業的蓬勃發展。深層海水應用於水產養殖產業之主要構想如下：

1. 高經濟價值魚介類之育種及優質種苗研發

台灣於 1970 年代初期興起草蝦養殖，1987 年的生產量曾高達 78,548 公噸，外銷出口值高達 4 億美元，但 1988 年開始發生大量死亡病變，蝦病快速蔓延，尤其以病毒造成的衝擊最大，產量因而直線下滑。目前尚未建立有效的防治體系。

其次，九孔養殖在台灣亦有 30 餘年歷史，在 1979 年種苗量產技術確立後，年產量持續穩定成長，接著立體式九孔成貝養成技術開發成功，產量大增，2001 年的年產量高達 2,497 公噸，產值約 20 億元。然而自 2002 年起，台灣各地的九孔繁殖場發生九孔苗附苗後，快者 1 個星期左右，慢者約在 1 個月內，幼苗變白脫落死亡，致全台灣九孔附苗率不及以往的 0.1~1%，造成九孔繁殖業者重大損失，而整體九孔養殖產業也因無法獲得充分九孔苗放養而大幅衰退。產官學研界組成的研究團隊經過這幾年的研究，歸納出九孔苗附板脫落死亡的原因如下：(1) 受精卵品質不佳；(2) 水質不良；(3) 浪板上附著藻量減少或種類改變；(4) 溶藻弧菌大量增生感染死亡；(5) 病毒性疾病感染；(6) 近親交配致基因弱化等因素。但目前尚未能突破上述困境。

再者，台灣的石斑魚繁養殖技術領先全球，每年可生產數千萬尾魚苗，供應國內業者養殖所

需外，亦外銷東南亞國家，養殖的成魚也外銷香港、中國大陸等地，2003 年的成魚產值高達 23 億元左右。但近年來因神經性病毒、虹彩病毒等病原感染，魚苗活存率低，影響產業的健全發展甚鉅。

海水蝦、九孔、石斑魚是台灣最重要的水產養殖種類，目前都遭遇病害的嚴重打擊。而長久以來，針對疾病大多以化學藥物處理，但不但無法根除病原，反而污染養殖環境，並容易造成養殖產品藥物殘留以及病原的抗藥性。因此，建構無病原污染的養殖環境，以及養殖無病原感染的種苗，被水產養殖科技界認為是防制水產養殖病害的最佳策略。利用深層海水無病毒及無病原菌感染之清淨水質，培育無特定病原菌 (SPF) 之優良品系種蝦、種貝、種魚，進而生產 SPF 優質種苗，提供養殖業者養殖，對健全台灣水產養殖發展將有很大的助益。

2. 優質大型藻類及微細藻類研發

深層海水富含營養鹽及微量元素，用來培養藻類可促進成長，增大細胞大小，不僅可增加收成量，且提高營養成份。又深層海水清淨，無病毒及無病原菌感染，因此利用深層海水培養出的藻類不僅品質優良而且無病原污染。大型海藻，如供人食用可生食，具有開發成為健康養生食材很大潛力；如用於養殖九孔或海膽，則可避免養殖物遭受病原感染。優質微細藻類可用於水產生物的餌料，如培育九孔、海膽、蝦苗等，提升幼苗活存率及品質。此外，利用深層海水培養出的海藻類及微細藻類，均可製成高級營養品，又可萃取其重要特殊成份如多醣體、 β -胡蘿蔔素等，可

製成抗氧化劑、抗癌藥物或化妝品原料。

3. 高機能性水產養殖產品研發

台灣每年進口不少可生食的單體牡蠣與海膽，價格相當昂貴。利用深層海水培養的微細藻類與大型藻類做為餌料，並以深層海水循環使用，建立單體牡蠣、海膽與九孔的工廠化養殖；又以深層海水培養的微細藻類做為餌料，並利用深層海水，進行文蛤與西施舌上市前的淨化、肥育蓄養；建立以深層海水生產之高品質高機能性水產養殖產品品牌，為頗值得推動之工作。

結論

深層海水的資源量可謂無限，其多元化利用更蘊藏無限的商機，日本與美國在深層海水的開發利用已有 30 年經驗，相關產品年產值已達數千億日幣。台灣東部海域具有開發深層海水的優越條件，我政府已將深層海水產業列為重點新興產業。深層海水具有清淨、低溫安定及富營養鹽等特性，非常適合發展水產養殖，日本與美國已有相當的發展經驗與成績。我國養殖漁業的技術及發展，已是全球中先進的國家，未來再利用深層海水培育無特定病原菌 (SPF) 之優良品系種原及種苗、生產高機能性水產養殖產品、生產優質大型藻類及微細藻類等，將可帶動國內高科技水產相關產業的進一步發展。

AgBIO

林金榮 行政院農業委員會水產試驗所 水產養殖組
研究員兼組長

蔡惠萍 行政院農業委員會水產試驗所 水產養殖組
副研究員