



文蛤養殖池的底土管理

周昱翰、葉信利

水產試驗所海水繁養殖研究中心

文蛤 (*Meretrix lusoria*) 屬二枚貝斧足綱，一般的習性會潛入砂中，並利用進排水管來進水和排水，由鰓部過濾其中的懸浮有機物質，再送入口中，為濾食性動物。文蛤養殖大都憑經驗目測水色來投餵飼料，因此容易超量投餵而不自知。過去的研究顯示，魚蝦的平均營養保留率，對碳是 13%、對氮是 29%、對磷是 16%，水產養殖動物可以蓄積所投餵飼料 5—40% 的營養成分，因此，投餵的飼料大部分都會沉澱並累積在池底 (Avnimelech and Ritvo, 2003)。所以底土會隨養殖時間，因為有機物的累積，發展成還原態 (Reeburgh, 1983; Moriarty and Pullin, 1987; Boyd, 1995)。此種環境會危害養殖生物，尤其是與底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類，牠們受棲息底土的影響最為直接 (Patrick and Delaune, 1977)。因此池底的狀況對文蛤特別的重要。

文蛤池有機物的來源與分解

養殖文蛤的放養密度在 150—180 萬粒/公頃，在高密度的養殖下，池中自然生產的藻類及有機碎屑並不足以供給養殖文蛤所需，故必須另外以人為方式來補充，常需投入大量的魚粉、豆粉、下雜魚漿等飼料或者

將這些物質在另一池中先發酵後再抽入養殖池中，以培養文蛤成長所需的天然餌料生物。雖然養殖池本身有「自淨能力」，可將有機物分解後當作文蛤成長的營養源，但是長期大量的投餌所產生的殘餌及排泄物沉澱堆積於池底後，在超出池塘之自淨能力而無法淨化時，必然引起水質與底質的惡化，進而影響文蛤的成長或生存。

養殖池底部堆積之有機物會先行好氣性分解，若沒有氧氣補充時則行嫌氣性分解。有機物的分解與水溫有直接的關係，例如 240 g/m² 的有機物含量，在 15℃ 時需要 25 天的時間才能分解 90%，但在 35℃ 時僅需要 5—6 天。有機物的分解，不外乎同化及異化作用，其中以碳、氮及硫素的轉化影響水質最大。這些成分在底泥中的轉化過程，會分解產生有機酸、二氧化碳、氫及甲烷、氨、氮、有機氮化合物及有機硫、硫化氫等，影響水質及水體中的微生物相 (Avnimelech and Lacher, 1979; Ram et al., 1981)。

有機物對文蛤池底土的影響

適量的投入有機物，可增加養殖池的肥沃度，有利於文蛤的成長，但是如果超過了池塘本身的自淨能力時，有機物會堆積於池

特別報導

底，因微生物的分解造成底土溶氧量減少而使氧化還原電位下降。陳 (1989) 也認為，測量氧化還原電位是評估底土狀況的有用工具，並依據氧化還原電位將底土分類為氧化態 (400—700 mV)、低還原態 (100—400 mV)、還原態 (100—-100 mV) 及高還原態 (-100—-300 mV)。當有機物增加對底土則有下列的影響：

一、消耗溶氧

在有氧的情況下，有機物會先行好氣性分解，由好氣性微生物將有機物完全氧化分解為無機營養鹽。但當過量的有機物存在時，最後將降低池底的溶氧，雖然文蛤對低溶氧的抵抗力甚強，但文蛤因長期生活在低溶氧狀況，而降低攝食率，造成成長受阻。

二、產生有毒物質

無氧狀況下，有機物分解的產物為有機酸、甲烷、氨及硫化氫等有毒物質。有機酸的產生將使底質酸化，嚴重時會侵蝕文蛤的殼面 (圖 1、2)，影響外觀而降低文蛤的商品價值。另外氨和硫化氫的產生，更不利於文蛤的成長與活存。

預防有機物累積在底質的方法

一、適當的投餌

雖然從文蛤的攝食實驗發現，文蛤對於食物種類包括魚粉、黃豆粉、市售文蛤飼料、擬球藻、扁藻、味精發酵酵母及麵包酵母都可以接受，但由文蛤的胃內含物顆粒粒徑分析發現，適合文蛤攝食的食物顆粒粒徑在 5—25 μm 之間，而 5 μm 以下的食物不易為文蛤所濾取。因此除了飼料的投餵量應視養殖



圖 1 還原層底土成長的文蛤



圖 2 正常底土成長的文蛤

生物的狀況而增減之外，飼料的顆粒粒徑也應考慮在內，避免因食物太大或太小無法被文蛤直接攝食而沉積在底土，造成養殖期間因殘餌過多，而導致底層因缺氧而形成還原態。

二、增加養殖池溶氧

池塘的氧氣來源包括光合作用產生的氧

氣、空氣中溶入的氧氣及人工打氣。利用增氧設備（如水車）可使水與空氣充分接觸，溶入氧氣，提供微生物分解有機物所需的氧氣，並使水中氨、二氧化碳等有害氣體逸出水面。同時魚蝦貝類的成長也與水中溶氧量成正比，水中溶氧量高時（5—9 ppm），養殖生物的攝食率強且成長良好，而溶氧量降至 3 ppm 時，養殖生物的攝食率減少，降至 2 ppm 時，則停止攝食。此外，利用增氧設備除了增加溶氧量之外並可藉由池水上下對流使水溫與水質均勻，增加文蛤的攝食率，防止養殖生物因缺氧而死亡。

底土狀態之評估及應用

底土狀態的評估方法有氧化還原電位、可溶性氮-氮、硫濃度及有機物含量等。但只有氧化還原電位法能直接在養殖池用白金電極測量，立刻瞭解底土狀態，進行養殖管理操作。氧化還原電位（ORP）是底質有機物質負載程度的指標，因為氧化還原電位的變化，能反應底土中有機物含量，當有機物增加時，會因微生物的分解造成底土溶氧量減少而使氧化還原電位下降。當有機物減少時耗氧量下降，氧化還原電位會逐漸上升，因此可作為有機物質污染的指標（Pearson and Stanley, 1979）。

池中溶氧耗盡時，許多厭氧反應發生在池底，形成還原性產物和潛在的有毒物質。氧化還原電位 200—300 mV 之間， NO_3^- 會還原成 NO_2^- 、 Mn^{+4} 還原為 Mn^{+2} ；100—200 mV 之間， NO_2^- 還原為 NH_4^+ ；50 mV 時， Fe^{+3} 還原為 Fe^{+2} ；-150—-200 mV 之間， SO_4^{+2} 還原

為 S^{-2} (H_2S)；-250 mV 時， CO_2 還原為 CH_4 。由以上敘述可以發現，當氧化還原電位在 -150 mV 以下時，就會產生還原性的有毒物質。

但 ORP 高低對於文蛤活存有何影響？如何應用 ORP 值進行文蛤池的底土管理？以現場測量文蛤池 ORP 為例，曾在 3 公頃文蛤池逢機測量 9 個底土的 ORP 值，平均值為 -245.3 mV，測量後 2 天，該池發生文蛤大量死亡事件，死亡率約為 30%。在文蛤大量死亡後 3 天，再度前往測量，底土氧化還原電位平均值為 -292.5 mV ($n = 9$)，池底持續惡化，死亡率估計已超過 50%。緊急將文蛤池池水排乾，再注入新水進行搶救，因養殖池的南面地勢較高，池水排乾後底土直接曝露在空氣中，但池的北面地勢較低，無法排乾池水。1 週後再測量發現，南半池的底土氧化還原電位平均值為 -138.9 mV ($n = 6$)，北半池的底土氧化還原電位平均值為 -283.0 mV ($n = 6$)。

由這個例子可以發現，底土的 ORP 值在 -250 mV 以下時，會發生文蛤死亡現象，若不進行搶救措施，將因文蛤死亡腐爛，進一步使底土更加惡化而擴大死亡率。但是，如果有適當的處置，可以有效提高底土的 ORP 值。因此應用 ORP 值進行文蛤池的底土管理時，需保持底土 ORP 值在 -150 mV 以上，方可避免產生對文蛤生長有影響的還原性有毒物質。當發現底土 ORP 值在 -250 mV 以下時，應立即施行急救措施，如上述將池水排乾，讓底土曝露在空氣中或潑灑紫色光合菌，提高底土 ORP 值及改善底質，以避免文蛤大量死亡。