

底土管理對文蛤養殖之重要性

水產試驗所海水繁養殖研究中心

周昱翰、葉信利

一、前言

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。目前養殖文蛤的放養密度在 150 萬~200 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，故必須另外投入大量飼料。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。隨養殖時間，由於有機物的累積，底土會逐漸發展成還原態，產生缺氧及對文蛤有害的有毒物質。由於文蛤棲息在底土中，池底的狀況好壞，文蛤所受影響最為直接，因此文蛤養殖池的底土管理就顯得特別的重要。目前養殖文蛤在養殖期間常遇到文蛤零星死亡、北風南死南風北死及農曆 3、6、9 月大量死亡的問題。而這些問題其實皆可經由底土管理來防治。

二、有機物對文蛤池底土的影響：

適量的有機物投入，可增加養殖池的肥沃度，有利於文蛤的成長。但是過量的有機物超過了池塘本身的自淨能力時，有機物會堆積於池底，對於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，文蛤因長期生活在低溶氧狀況，而降低攝食率，造成文蛤成長受阻。

(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 及圖 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。



圖 1. 文蛤的殼面受有機酸侵蝕



圖 2. 正常的文蛤

三、底土狀態之評估

底土狀態的評估方法有氧化還原電位、可溶性氮-磷、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測量，立刻瞭解底土狀態，馬上進行養殖管理操作。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。

（一）氧化還原電位的測量

1. 測定的儀器組合：pH/ORP meter 本體(具有測量 ORP 項目的任何品牌 pH/ORP 計皆可，例如 WTW、SUNTEX、Clean、EUTECH、METTLER TOLED 等等，如欲購買可在網路鍵入 pH/ORP meter 關鍵字可搜尋到相關資訊)加上測量 ORP 用的白金電極（圖 3）（保養方法:使用後請將 ORP 氧化還原電極放入裝有飽和 KCl 溶液的保存瓶中，浸泡電極液保持濕潤狀態，保持電極活性，可加快量測速度，減緩電極老化速度。使用前用 ORP 標準液確認電極精度，確認 ORP 電極是否老化。），測量時以 ORP 標準液作為測量的基準(如標準液 ORP 為 220mV，而儀器測量值為 250mV 顯示儀器測量的值高估 30mV，因此在池塘所測的值需減 30mV，才是真正的池塘 ORP 值)。
2. 測定的方法將白金電極直接插入養殖池底土 2~3cm，30~60 秒等數值穩定後即可（圖 4.）。因為池底土表並非平坦，有機物易累積在較深的凹面，養殖戶可以將池塘分成 6~9 個區域每個區域測量 3~5 點求得測量平均值，以充分瞭解文蛤池各部分的底土狀態，然後依底土狀態進行養殖管理操作。

（二）ORP 數值的意義：

當池中溶氧耗盡，許多厭氧反應發生在池底形成還原性產物和潛在有毒物質。氧化還原電位 200 到 300mV 之間， NO_3^- 會還原成 NO_2^- 及 Mn^{+4} 還原為 Mn^{+2} ，氧化還原電位 100 到 200mV 之間， NO_2^- 還原為 NH_4^+ ，氧化還原電位在 50mV 時 Fe^{+3} 還原為 Fe^{+2} ，氧化還原電位在 -150 到 -250mV 之間 SO_4^{-2} 還原為 S^{-2} (H_2S)，氧化還原電位在 -250mV 時 CO_2 還原為 CH_4 (表 1)。由上述可發現氧化還原電位在 -150mV 以下會產生還原性的有毒物質。



圖 3. PH/ORP meter 本體及測量 ORP 用的白金電極



圖 4. 氧化還原電位直接在養殖池測量

表 1. 氧化還原電位數值與氧化還原狀態及氧化還原反應的關係

| 氧化還原狀態 | 氧化還原電位 (mV) | 氧化還原反應 |
|--------|-------------|--|
| 氧化態 | 400 ~ 700 | $O_2 \rightarrow CO_2$ |
| 低還原態 | 100 ~ 400 | $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ |
| | | $NO_2^- \rightarrow NH_4^+$ (100~200mV) |
| 還原態 | 100 ~ -100 | $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$ |
| 高還原態 | -100 ~ -300 | $SO_4^{-2} \rightarrow S^{-2}$ (-150~ -250mV) |
| | | $CO_2 \rightarrow CH_4$ (< -250mV) |

四、氧化還原電位如何應用在文蛤養殖的底土管理

氧化還原電位 (ORP) 高低對與文蛤活存有何影響？如何應用 ORP 值進行文蛤池的底土管理？由於氧化還原電位在 -150mV 以下會產生還原性的有毒物質，底土管理依底土 ORP 值可劃分成三個階段

- 1. 正常養殖期：底土 ORP 值在 -150mV 以上
- 2. 底土改善期：底土 ORP 值在 $-150\text{mV} \sim -250\text{mV}$
- 3. 危險期：底土 ORP 值在 -250mV 以下

(一) 正常養殖期(底土 ORP 值在 -150mV 以上)的管理

避免過多的殘餌, 以免有機物累積於池底而使 ORP 下降, 因此所投餵的飼料必須注意:

1. 適當的粒徑:

適合文蛤攝食的食物顆粒粒徑： $5\mu\text{m} < \text{顆粒粒徑} < 25\mu\text{m}$, 過大或過小的飼料顆粒無法為文蛤所攝食, 而累積於池底。

2 適量的投餌:

飼料的投餵量, 應視養殖物的狀況而增減, 避免殘餌過多, 使得底層因缺氧而形成還原態, 在此環境下, 厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸, 對養殖生物都有害處, 尤其是與底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類, 所受影響最為直接。

(二) 底土改善期(底土 ORP 值在 $-150\text{mV} \sim -250\text{mV}$)的管理

改善底土 ORP 值到 -150mV 以上, 避免產生對文蛤有影響的還原性有毒物質 (H_2S 及 CH_4)。

- (1)增加池水溶氧量:增加水車數量或運轉時間, 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。
- (2)在 103 年的試驗發現文蛤養殖池每週定期使用二氧化氯或光合菌, 可以增加底土的氧化還原電位, 並減少底土的易氧化物質及底土需氧量, 使文蛤在優良的底土環境下成長, 不但可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率(表 2)。

表 2. 文蛤飼養 18 週後各處理組文蛤之飼育成果與底土狀態

| Treatments | 對照組 | 光合菌組 | 二氧化氯組 |
|---|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 最初重量(g) | 1.05±0.25 | 1.05±0.25 | 1.05±0.25 |
| 最後重量(g) | 8.03±0.62 ^c | 8.72±0.38 ^b | 10.09±0.87 ^a |
| 底土有機物含量(%) | 2.78±0.3 | 2.73±0.58 | 2.75±0.16 |
| 底土易氧化有機物 (mg O ₂ /g soil) | 11.34±3.1 ^a | 8.82±2.5 ^b | 7.68±2.1 ^b |
| 底土需氧量(mg O ₂ /g soil) | 8.47±0.82 ^a | 4.43±0.52 ^b | 3.88±0.72 ^b |
| 氧化還原電位 ORP(mV) | 26.0±7.8 ^c | 53.0±6.2 ^b | 102.5±11.2 ^a |
| 飼料效率(%) | 267.4±28 ^c | 294.4±36 ^b | 345.3±15 ^a |

(三) 危險期(底土 ORP 值在-250mV 以下)的管理
應立即施行急救措施, 避免文蛤大量死亡。

1. 104 年的試驗發現底土曝露在空氣使得底土環境獲得立即的改善效果(表 3)。
表 3. 比較 3 種方法對底土 ORP 改善的效果(104 年計畫)

| Treatments | 打氣增氧 (連續打氣) | 二氧化氯 (16PPM) | 底土曝露(8hrs) |
|---------------|----------------|-----------------|------------|
| 最初 ORP(mV) | -325±36 | -336±25 | -352±38 |
| 24 小時 ORP(mV) | -215±62 | -348±42 | -153±26 |
| 48 小時 ORP(mV) | -156±22 | -338±52 | -36±8 |
| 10 天 ORP(mV) | +55±12 | -327±37 | +83±21 |

2. 氧化還原電位在文蛤養殖池實際應用範例：

(1) 3 公頃文蛤池逢機測量 9 個底土的 ORP 值，平均值為-245.3mV，測量後 2 天該池發生文蛤大量死亡事件，死亡率估計有 30%。

(2) 而文蛤大量死亡後 3 天再度前往測量，底土氧化還原電位 (ORP) 平均值為 -292.5mV (n=9)，池底持續惡化死亡率估計已超過 50%。

(3) 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（圖 5），1 週後再測量發現南半池的底土氧化還原電位（ORP）平均值為 -138.9mV （ $n=6$ ），北半池的底土氧化還原電位（ORP）平均值為 -283.0mV （ $n=6$ ）。



圖 5. 文蛤池池水排乾再注入新水進行搶救

(4) 由這個例子可以發現底土的 ORP 值在 -250mV 左右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，進一步使底土惡化而擴大死亡率，但是適當的處置可以有效提高底土的 ORP 值。

(5) 因此應用 ORP 值進行文蛤池的底土管理，需保持底土 ORP 值在 -150mV 以上可以避免產生對文蛤生長有影響的還原性有毒物質。

(6) 當發現底土 ORP 值在 -250mV 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以提高底土 ORP 值及改善底質，避免文蛤發生大量死亡狀況。