

煨燒牡蠣殼粉在水產養殖上的應用

張景盛¹、呂仲倫¹、吳育昇¹、陳秀男^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

台灣在水產養殖產業上雖然有優異的成果，但是在養殖與加工過程中不可避免的會對於環境資源產生嚴重的耗損，同時生產過程中的廢棄物也會造成環境污染的困擾。長期以來，我國的水產養殖產業一直忽視這樣的環境成本，但是在如何永續經營以及節能減碳的潮流中，如何降低產業生產過程中不必要的資源浪費，以及針對生產過程中每個環節產生的廢棄物進行回收利用便成為未來產業發展重要的思考方向，這樣的概念不但可以有效降低生產成本，更可以為整體產業的發展帶來新的契機。過去對於水產養殖產業的廢棄物，主要的考量在於如何清除以減低對於環境的危害，但是隨著當前觀念的改變，這些過去棄之如敝屣的廢棄物，如果能夠透過適當的處理，不但可以降低水產養殖產業生產的成本，更可以轉變成為高價值的副產物以提供其他產業應用，不但達到永續經營的目的，也創造更多的商品價值。

根據農委會民國 101 年漁業副產物再利用之現況調查及推廣研究計畫的結果發現，在我國許多漁業廢棄物處理的產業當中，以牡蠣殼處理的相關產業最為興盛。主要的原因在於國人對於牡蠣的需求量極大，加上市場上銷售產品又以剝殼的牡蠣為大宗，所以加工過程當中產生的牡蠣殼數量非常可觀。根據保守估計，全台灣每年約生產 3 萬 5 千噸的牡蠣，換而言之每一年最起碼就有超過 16 萬

公噸的牡蠣殼成為漁業廢棄物。傳統上這些廢棄的牡蠣殼雖然可以當成飼料中的添加物，或是作為農業上改良土壤，或是做為肥料等用途。但是整體而言再利用的數量並不高，加上相關處理與運送費用高昂，所以這些堆積如山的牡蠣殼不但成為加工業者的困擾，這些堆積在養殖區域內的牡蠣殼更衍生了許多許嚴重的環境衛生問題。

根據目前的研究顯示：牡蠣殼的成分主要由鈣及其他金屬如鈉、鎂、鉀…等所組成，其中鈣含量更高達牡蠣殼乾重之 37.4%。這些鈣主要以碳酸鈣的形式存在，功能在於提供牡蠣高強度的外殼以保護柔弱的身體。在顯微鏡下可以發現，牡蠣殼為多孔隙的材質結構，許多文獻中也證明這樣的結構其具有耐熱、耐壓、不易變形且比重大於水的性質。由於這些特性使得牡蠣殼具有廣泛應用空間，甚至在醫藥應用上也具有重要的角色。在中醫的領域中認為牡蠣殼粉具有良好的鎮靜安神、止咳化淤等功能。在西醫上，由牡蠣殼粉中萃取出鈣亦可作為制酸劑。近年來更有許多研究發現牡蠣殼粉可以用於農業堆肥、濾材、水質改良劑等領域，而且經過煅燒之後，其物理性的結構更接近於活性碳的標準，且對於防菌與防黴的效果非常優異。

近年來許多水產養殖業者也開始使用煅燒過的牡蠣殼粉來進行穩定水質的工作，由於經過 800°C 高溫煅燒過的牡蠣殼其內的碳酸鈣會因為高溫變為氧化鈣。這與水產養殖業者常用的石灰主要成分相似，可以作為水質穩定的輔助工作，同時由於煅燒過的牡蠣殼粉表面具有大量的孔徑，更可以作為有益微生物的菌床，協助穩定養殖水體中的菌相。因為這樣的因素，煅燒牡蠣殼粉已經成為水產養殖業者重要的水質穩定工具。

二、牡蠣殼粉對水質的影響

(1) 牡蠣殼粉可以提高水體緩衝能力

牡蠣殼粉穩定水質的原理跟石灰相似，但是實際使用上卻有著截然不同的想法。一般來說石灰是一種可以快速改變水體酸鹼值的產物，但是牡蠣殼粉卻不同，由於牡蠣殼粉結構緻密，所以其中的氧化鈣溶解的速度非常緩慢，即使投入大量的牡蠣殼粉，也沒有辦法快速改變水質。但是因為牡蠣殼粉有這種緩慢釋放的特性，所以是一種可以長期使用提高水體緩衝能力的產品。一般來說使用牡蠣殼粉之後水體內的 pH 值雖然沒有明顯的改變，但是長期觀察下來發現，整體養殖期間養殖水體的酸鹼度會比沒有使用牡蠣殼粉的來的穩定。在透過台西沿海文蛤養殖場內的研究數據可以發現：在每分地使用牡蠣殼粉 250 公斤的條件下，3 週以後使用牡蠣殼粉的實驗組與對照組產生顯著差異（圖一）。使用牡蠣殼粉的實驗組在前 3 週與沒有使用牡蠣殼粉的對照組在 pH 的差異上並沒有顯著不同，但是在為期 7 週的實驗裡可以發現，使用牡蠣殼粉的實驗組水體內的 pH 值明顯比對照組穩定。

(2) 牡蠣殼粉可以穩定底土的氧化還原電位

除了水質是影響水產養殖成果的重要關鍵，養殖池底土的氧化還原電位也是非常重要的環境指標。由於台灣的水產養殖環境多半屬於半硬池或土池養殖，底泥或是底土的穩定與否直接影響到養殖生物與水質。由於長期飼養的結果，許多養殖池底土的狀況都非常惡劣。雖然這樣的困擾可以透過整池、曬池、使用石灰…等方法改善，但是事實上效果並無法持久。為了瞭解牡蠣殼粉對於底土穩定的功效，選定鰻魚養殖場作為評估的對象，在兩塊三分地的土池進行研究，結果發現：在每分地使用 250 公斤煅燒牡蠣殼粉的實驗組經過兩個月之後，底土下方 20 公分深處的氧化還原電位由實驗前的 -82 mV 提升到 29 mV（圖二）。這樣的結果顯示使用煅燒牡蠣殼粉長期而言的確有穩定底土的功效。

(3) 牡蠣殼粉與有益微生物的配合

由於煅燒牡蠣殼粉具有多孔徑的特性，加上其溶解速度緩慢，非常適合水產養殖過程中作為有益微生物著床。目前養殖現場使用有益微生物的模式主要是以每隔固定時間添加為主，這樣的模式雖然有簡單方便的好處，但是有益微生物並無法長期存活在養殖環境中。如果可以延長使用有益微生物的頻率，又能夠保持有益微生物對水質穩定的功效，將可有效降低使用成本。目前在文蛤養殖現場的研究結果發現，在每分地使用 3 公升 10^9 CFU/ml 光合菌的條件下，水體中的光合菌在第 10 天便無法檢測，但是如果配合牡蠣殼粉，則要到第 16 天之後才無法測出（圖三）。這樣的結果顯示使用牡蠣殼粉的確可以作為有益微生物的菌床，而且有效降低業者使用有益微生物的頻度與成本。

三、煅燒牡蠣殼粉使用模式

即使煅燒牡蠣殼粉具有非常好穩定水質的效果，但是並不代表就沒有任何使用上的限制和缺點。根據目前的研究成果而言，使用牡蠣殼粉所需要正確的觀念與模式主要有下面幾項：

(1) 牡蠣殼粉無法取代石灰

使用牡蠣殼粉與石灰特性的不同，雖然有相似的組成成份，但是使用時機卻截然不同。一般而言使用石灰效果快速，但是無法持久，而牡蠣殼粉則正好相反，需要長時間才可以看到效果，但是使用 1 次在半年內均有顯著穩定水質的功效。所以並不是說使用牡蠣殼粉之後就不需要石灰進行水質處理，使用牡蠣殼粉是一種安全、穩定、緩慢漸進的水質管理模式。目前研究結果發現一分地的養殖面積每半年使用 1 次煅燒牡蠣殼粉是效果最佳的使用條件。

煅燒牡蠣殼粉具有大量的孔徑，雖然可以加速牡蠣殼中碳酸鈣溶解的速度，在學理上評估的確可以有效穩定水質，但是在現場的分析卻發現，不論酸鹼度的穩定與底泥氧化還原的穩定，使用牡蠣

殼粉均需要超過3週的使用後才可以看得出成效（圖一，圖二），比起目前業者習慣使用石灰進行水質處理明顯緩慢太多，所以牡蠣殼粉並不能作為石灰的替代品。

(2) 不是所有的水產養殖產業都適合使用煨燒牡蠣殼粉

由於目前國內煨燒牡蠣殼業者普遍沒有進行牡蠣殼的“去鹽”處理，使得牡蠣殼粉並不適合對鹽度非常敏感的淡水養殖生物。一般來說海水養殖生物與對鹽度耐受性較高的養殖環境比較適合牡蠣殼粉使用。此外由於牡蠣殼粉並不能快速溶於水，會在池底堆積緩慢分解，所以容易在養殖池中水流緩慢處堆積。但是顆粒較粗的牡蠣殼粉可能會影響到人工操作，所以在使用上需要特別注意顆粒的適當性。

(3) 牡蠣殼粉應該在整池之後使用

根據現場調查分析發現，使用牡蠣殼粉的最佳時機是在完成池塘整理之後，放水之前的時間。這個時間不但方便操作，也可以使水質更穩定，減少入魚階段養殖生物的緊迫。此外針對許多漏水嚴重的砂質環境養殖場而言，提早使用大量的牡蠣殼粉更可以減少養殖池漏水的現象，降低養殖成本。

(4) 牡蠣殼粉使用的成本評估

使用牡蠣殼粉目前在水產養殖上的評估，相較於石灰，雖然價錢高而且用量多，但是以6個月的狀況來看，沒有使用牡蠣殼粉的文蛤養殖業者如果每2週使用1次石灰，每分地估計花費僅2,000餘元；有使用牡蠣殼粉的狀況下，光是牡蠣殼粉的費用就將近3,000元；如果就整體養殖階段來看，使用牡蠣殼粉的養殖環境不論在水質與藻相的穩定都遠比使用石灰來的優異，加上養成率有顯著的提高，所以即使成本上稍微提高，就整體利潤而言卻是相對划算。

四、牡蠣殼粉未來在不同產業的應用

除了穩定養殖池內水質之外，事實上牡蠣殼粉在不同產業上均有良好的應用性。以目前而言煨燒牡蠣殼粉的主要應用範圍是在農業上，特別是針對蔬果栽培當中將牡蠣殼粉作為微量元素補充與土壤改良產品，其成效非常優異，加上牡蠣殼粉可以平衡土壤酸鹼值，所以廣受農民喜愛。目前國內業者所生產的相關產品除了國內農民廣泛使用以外，甚至外銷馬來西亞等國家。

經過研磨的牡蠣殼粉更是家禽飼料內的重要添加物，可以有效補充蛋雞足夠的鈣質，提高雞蛋的品質。此外由於牡蠣殼中含有珍珠層蛋白質與大量的碳酸鈣，雖然萃取成本較高，但是目前已廣受美容化妝品業者重視。此外牡蠣殼更可以作為高效能的過濾材料，提高飲用水品質。

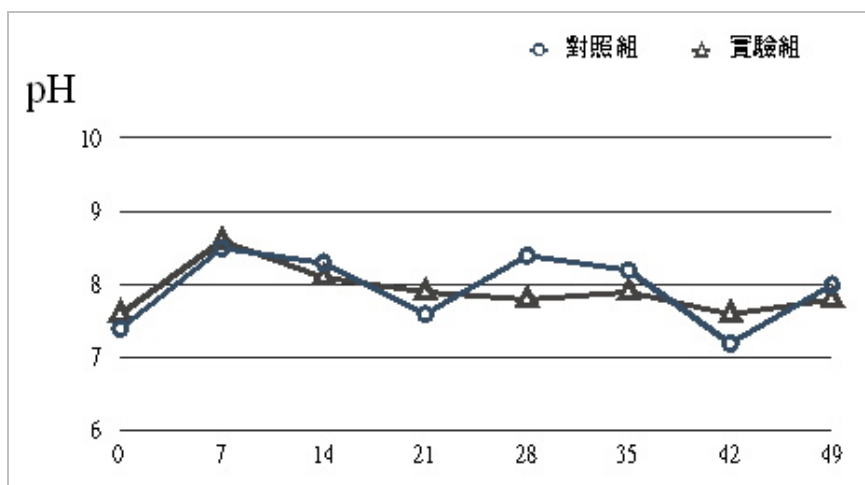
將過去視之為垃圾的牡蠣殼轉變成可以應用於多種產業的重要原料，這樣的過程不但有效降低廢棄牡蠣殼對環境的污染，更可以使參與研發生產的相關產業賺取利潤，同時減低牡蠣殼加工業者的困擾。這樣的產業模式是一種循環共生的綠色產業鏈，也是我國未來水產養殖產業或者其他相關產業重要的指標之一。

本研究為行政院農業委員會漁業署【101 農科-11.3.2-漁-F1(1)】計畫補助執行。

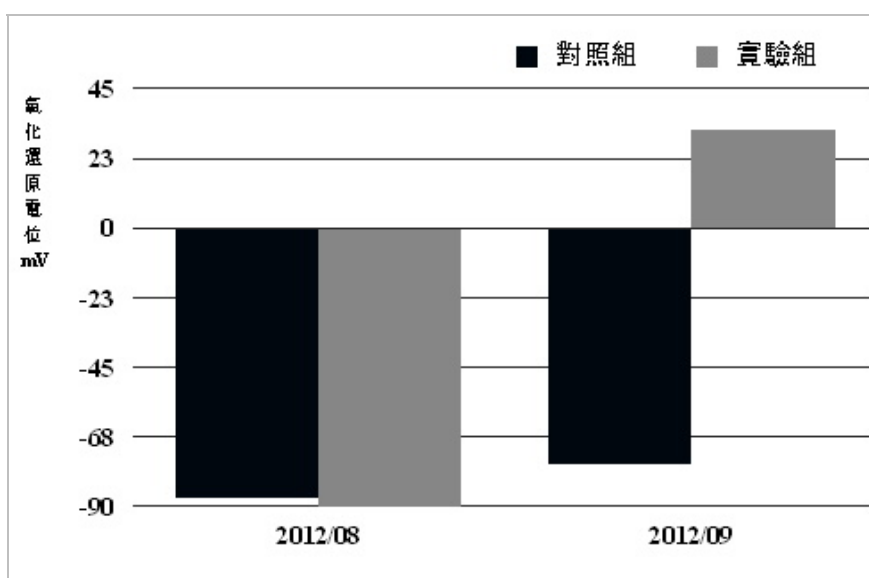
參考文獻

- 行政院農委會漁業署，漁業年報。
- 行政院農委會，農委會年報。
- 行政院環境保護署，農漁業廢棄物源頭減量及回收再利用宣傳手冊。
- 殼本萬利—開啟牡蠣殼中的寶藏，黃培安、吳純衡；水產試驗所。
- 郭正翔，2009，牡蠣殼礫間處理初期操作對都市污水之淨化，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
- Benetti, D.D., O' Hanlon, B., Rivera, J.A., Welch, A.W., Maxey, C., Orhun, M.R. (2010). Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture* 302:195-201.
- Choi, U.K., Lee, O.H., Kim, Y.C., 2011. Effect of calcinated oyster shell powder on growth, yield, spawn run, and primordial formation of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *Molecules*. Mar 10;16(3):2313-22.
- Hayashi, S. and Ooshiro, Z. (1986). Primary culture of the cell hepathocytes in the serum-free medium. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(9):1641-1651.
- Kwon, H. B., Lee, C. W., Jun, B. S., Yun, J. D., Weon, S. Y. and Ben K., 2004. Recycling waste oyster shells for eutrophication control. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1): 75-82.
- Marie, B., Zanella-Cléon, I., Guichard, N., Becchi, M., Marin, F. 2011. Novel proteins from the calcifying shell matrix of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Mar Biotechnol* (NY). 2011 Dec;13(6):1159-68. Epub 2011 May 3.
- Tong, Z.H., Gu, W.Z., Zhu, G., Zhao, Y.W. 1988 The anti-aging effect of pearl oyster shell powder (POSP) *Journal of Traditional Chincial Medicine*. Dec;8(4):247-50.
- Wheaton, F., 2007. Review of oyster shell properties - part II. Thermal properties. *Aquacultural Engineering*, 37: 14-23.

附錄(圖)

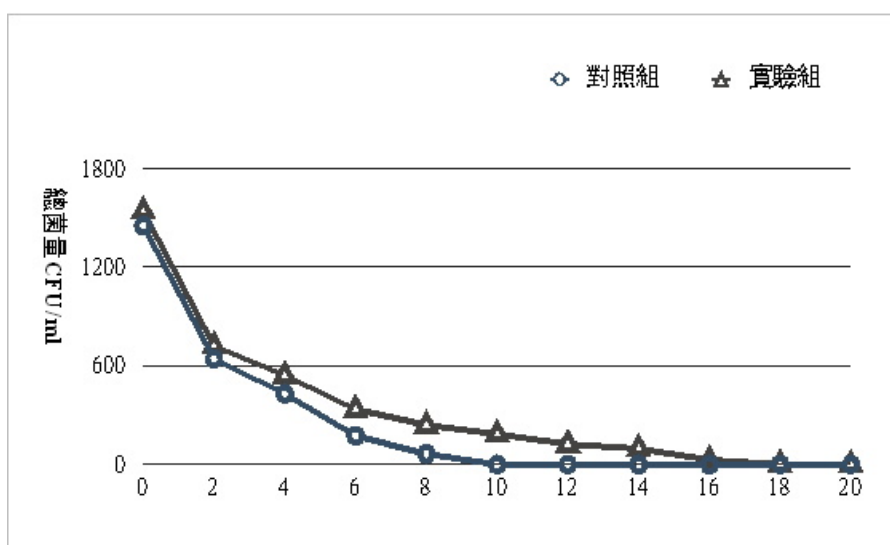


圖一. 文蛤養殖場在使用牡蠣殼粉後 7 週池水酸鹼度的觀察，結果顯示使用牡蠣殼粉 3 週之後實驗組的水質相較於對照組而言較為穩定。



圖二：鰻魚養殖池在使用牡蠣殼粉兩個月後底土氧化還原電為的比較，結果顯示，使用牡蠣殼粉的實驗組在兩個月後氧化還原電為明顯提高。

煨燒牡蠣殼粉在水產養殖上的應用



圖三：文蛤養殖場中使用牡蠣殼粉對於光合菌的影響，在使用牡蠣殼粉的養殖池添加有益微生物後可以發現在使用光合菌後第 16 天，水體中才無法篩檢出光合菌。而在沒有使用牡蠣殼粉的對照組中發現第 10 天之後就無法篩檢出光合菌。這個結果證明使用牡蠣殼粉可以延長光合菌在文蛤養殖池中的存活時間。