

維生系統介紹

報告人：何源興

水產試驗所東部海洋生物研究中心

水族生態系統

- 自然系中保持著生態平衡，一切都依據物競天擇原則，那些沒有生存依托的生命體不是停滯發展就是被別的種群所取代。
- 水生生物被迫離開海洋進人工環境中，在捕運過程受到驚嚇和傷害；人工燈光照明；生態失去了平衡甚至有可能不適宜同養的生物被硬放在同一養殖池裏。
- 美麗的珊瑚礁生態缸，是仰賴許多海水生物的高度適應能力及先進水族科技支援，其次是需要一個經驗豐富水族高手的管理。
- 多數情況下，養殖池生態體系是相對小且封閉的，同時生物密度較高，因此必須應用與之相稱的過濾裝置或過濾系統組合來處理水體，以除去其中的有害物質和一些有毒性的中間體。
- 選擇維生系統的首要依據是水族生物的種群密度以及所需的水質要求。

維生系統 (Life support system)

- 是指水的處理系統，以維持水生生物生存所需的設備，包括過濾槽、熱交換設備、殺菌系統及其連結的管路設備。
- 通常可分為三種系統型式：開放式、封閉式及半封閉式。
- 開放式系統：養殖槽用水只循環一次。
- 封閉式系統：用水處理後重回養殖槽，只添加少量的補充水（每周約10%）。
- 半封閉式系統：類似封閉式系統，但其水處理較簡單，所加的水量較大。

水的利用形態可概分為三種方式

流水式—利用自然或人為流動狀態的水，單純地讓飼養的魚得到所需要的氧氣，對於養殖魚所產生的排泄物，並不刻意地將之排至養魚設施外，頂多是任由水流帶走。流水式養魚的養殖密度通常相當高，其放養極限就視進水量與讓魚類正常生長的溶氧量而定。此時雖談不上水的處理，但當水中供呼吸的氧氣不足時，需要使用機械設備供應氧氣。

水的利用形態可概分為三種方式

止水式—在水之流動及交換相當不良的水域，進行養魚的同時也對其排泄物做處理。止水式養魚的**養殖密度則相對較低**，其放養量除了決定於可維持魚類正常生長的**溶氧量**範圍之外，尚需考慮**排泄物引起的水質污染及水的淨化能力**。若無法維持所需的溶氧量，則要實施注水或使用機械設備供應溶氧，不過並不特別進行水處理。

水的利用形態可概分為三種方式

循環方式—在某些條件下是必須考慮循環水，譬如因地理位置取水不易、基於確保用水量、溫度差異、水質不穩定或節約能源等因素。循環之方式介於流水式與止水式之間，即利用流動狀態的水進行養魚，然後將水中的排泄物在專用的淨化設備中加以處理，並用這種處理過的水來養魚。

水的淨化、處理方法與原理

- 沉澱物過濾法(sediment filtration)

沉澱物過濾法的目的是將水中懸浮顆粒物質或膠體物質清除乾淨。這些顆粒物質如果沒有清除，會對透析用水其它精密的過濾膜造成破壞或甚至水路的阻塞。這是最古老且最簡單的淨水法，所以這個步驟常在水的初步處理，或有必要時，在管路中也會多加入幾個濾器 (filter) 以清除體積較大的雜質。只要顆粒大小大於這些孔洞之大小，就會被阻擋下來。對於溶解於水中的離子，就無法阻攔下來。如果濾器太久沒有更換或清洗，堆積在濾器上的顆粒物質會愈來愈多，則水流量及水壓會逐漸減少。因此利用入水壓與出水壓差來判斷濾器被阻塞的程度。因此濾器要定時逆沖以排除堆積其上的雜質，同時也要在固定時間內更換濾器。原則上進水與出水的壓力落差升高達到原先的五倍時，就需要換掉濾器。

水的淨化、處理方法與原理

- 活性炭(activated carbon filtration)

活性炭是由木頭，殘木屑，水果核，椰子殼，煤炭或石油底渣等物質在高溫下乾餾炭化而成，製成後還需以熱空氣或水蒸氣加以活化。它的主要作用是清除氯與氯氨以及其它分子量在60到300道爾頓的溶解性有機物質。活性炭的表面呈顆粒狀，內部是多孔的，孔內有許多約10nm~1A大小的毛細管，1g的活性炭內部表面積高達700-1400m²，而這些毛細管內表面及顆粒表面就是吸附作用之所在。影響活性炭清除有機物能力的因素有活性炭本身的面積，孔洞大小以及被清除有機物的分子量及其極性(Polarity)，它主要靠物理的吸附能力來排除雜物，當吸附能力達飽合之後，吸附過多的雜質就會掉落下來污染下游的水質，所以必須定時利用逆沖的方式來清除吸附其上的雜質。這種活性炭濾器如果吸附能力明顯下降，必須更新。測定進水及出水的TOC濃度差(或細菌數量差)是考量更換活性炭的依據之一。有時水中含有殘氯，活性炭能夠有效的吸附殘氯。

水的淨化、處理方法與原理

- 生物性淨化

- 以微生物尤其是以細菌為主體的有機物質之分解作用來進行淨化，包括嗜氧細菌的氧化分解及厭氧性細菌的發酵分解，其中以前者較重要。由細菌的呼吸作用來還原硝酸而除去氮。另外，氧化是包括由細菌所進行的有機物質之氧化分解，以及將氨氧化為硝酸，將硫化物氧化成硫酸，將 Fe^{+2} 氧化成 Fe^{+3} 等。
- 在氮的去除方面主要是以微生物處理。有機氮化合物經由生物體分解後，最後以氨的形式排出來，殘餌被微生物分解之最後產物也是氨。因為氨的濃度高對魚體造成毒性，故水最好不要有氨的蓄積。無機態氮包括氨及硝酸態，由自營性細菌進行氨態氮的氧化。另一方面異營性細菌進行有機物的氧化，以氨受體利用含在亞硝酸及硝酸中的氧，使其還原成氮分子或一氧化氮，這些氮由水中脫離而成為氣體，故水中含氮化合物就會減少。

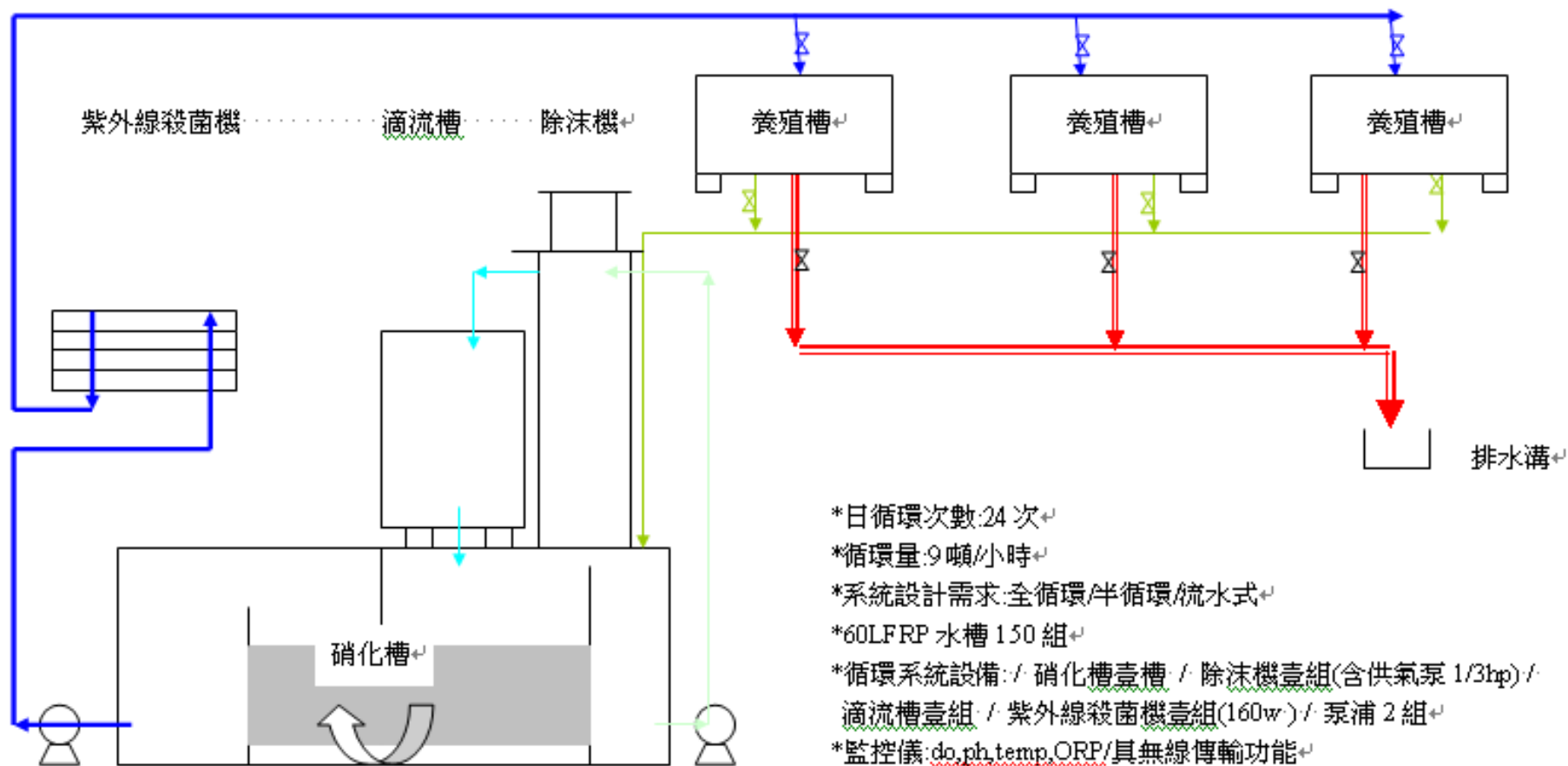
水的淨化、處理方法與原理

- 供應氧氣

- 當水中的溶氧量下降而水中的氧氣分壓降低時，大氣中的的氧氣會溶入水中，保持著與大氣中氧氣分壓平衡的現象。而氧氣之擴散溶入與其所接觸的水表面積成正比，所以可以採用吹入微小氣泡或機械性攪拌水面的方法供應氧氣。

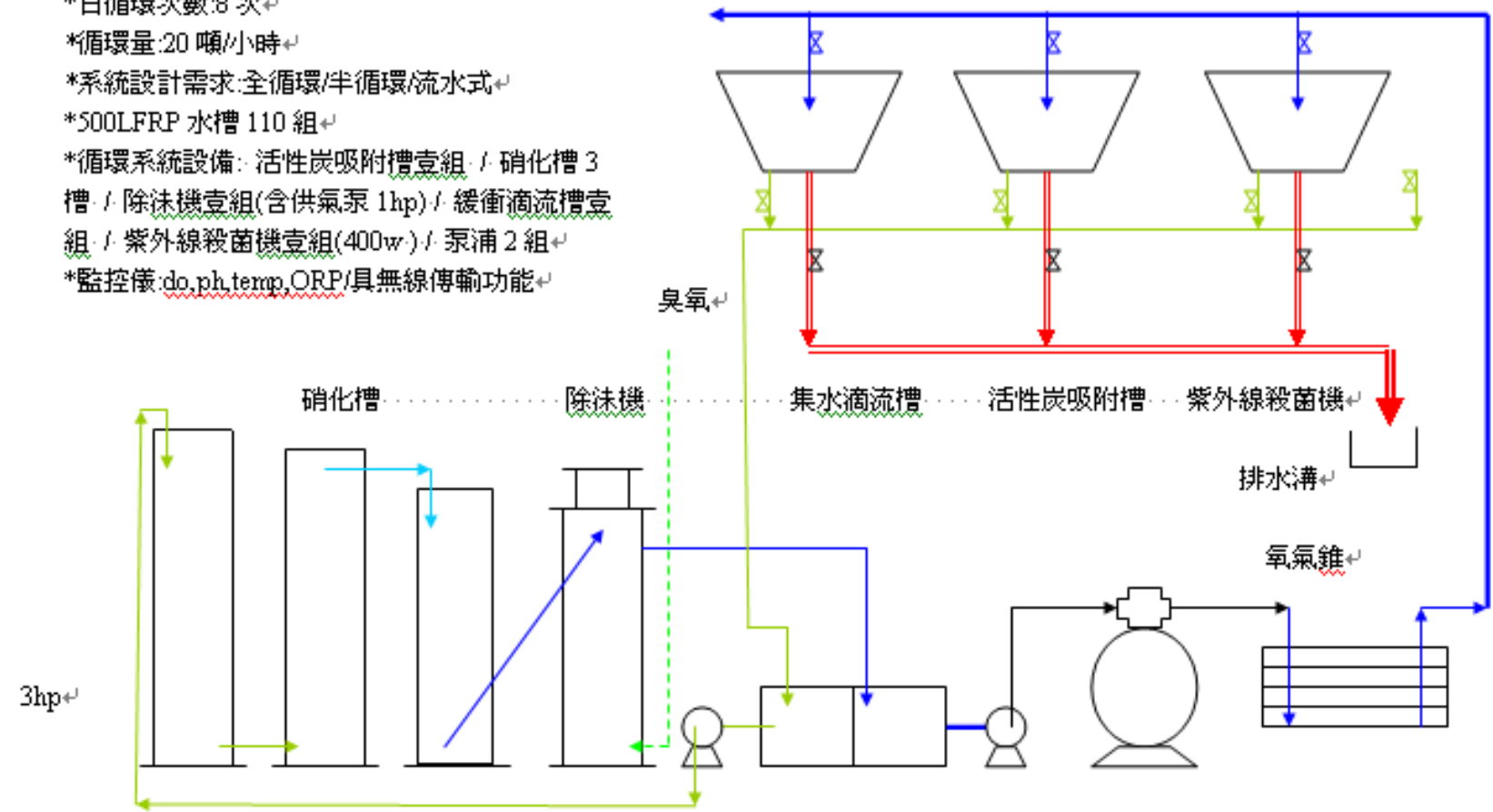
維生系統設備介紹

種魚區維生系統流程圖



育苗區維生系統流程圖

- *日循環次數:8次
- *循環量:20噸/小時
- *系統設計需求:全循環/半循環/流水式
- *500LFRP 水槽 110組
- *循環系統設備:活性炭吸附槽壹組 / 硝化槽3槽 / 除沫機壹組(含供氣泵 1hp) / 緩衝滴流槽壹組 / 紫外線殺菌機壹組(400w) / 泵浦 2組
- *監控儀:do,ph,temp,ORP/具無線傳輸功能



循環泵浦



為維生系統之動力來源，尤其在水族館維生系統之FRP材質泵浦是二十四小時不停運轉，故替換泵浦的設計是非常重要的。設備材質為FRP。

過濾器：急速砂過濾器，袋狀過濾器



1. 大型簡易式過濾設備



簡易式過濾設備

適用於室外大型養殖，由於過濾水量較大，採用機械式過濾建置成本與日常維護能源耗用費用都很龐大，(簡易式過濾設備人工操作成本較高)所以低價位水產生物養殖常使用這種經濟型過濾設備，簡易式過濾設備由初濾槽/沉澱槽/除沫機/硝化槽與緩衝槽等組合而成。

2. 小型簡易式過濾設備：
常見於室內循環水維生系統之沉澱緩衝槽



室內小型簡易式過濾設備

3. 機械式過濾設備：



←高壓砂過濾機與紫外線殺菌機
常用於室外種魚養殖池或高價位魚種之繁養殖或高級觀賞魚池水質維護



←硝化反應槽前置過濾機
室內系統：硝化反應槽前端設置高壓砂過濾機 提前攔截污物 降低系統負載亦可淨化進入槽體水質 避免生物載體表面附著污泥 提高硝化菌著床率

硝化反應槽



硝化反應槽

想要瞭解硝化細菌就要首先明白什麼叫氮迴圈

- 第一步：
魚類的排泄物和未吃過的食物將會轉變為氨（俗稱阿摩尼亞）；那是因為在這些東西裏需要氧的細菌會讓蛋白質分解，而氨是有毒的。
- 第二步：
生存於氧氣中的硝化細菌，能把氨會轉變為亞硝酸鹽（ NO_2 ）；亞硝酸鹽雖然含較少的毒素，但仍對魚類有致命的毒害。
- 第三步：
亞硝酸鹽及後又被第二種硝化細菌轉變為硝酸鹽（ NO_3 ）；而這硝酸鹽幾乎是無毒的，但突然或長期暴露在高濃度的硝酸鹽裏是有害的。但幸運地，硝酸鹽的濃度是可以靠更換養殖池的水來降低。
- 第四步：
硝酸鹽會被不依附氧氣而生存的細菌（厭氧性細菌）作用變為氮氣而昇華。
- 這就是一個完整的「氮化合物迴圈」。

如何提高足量的硝化細菌？

1. 養殖池中存在的有毒物質是氨及亞硝酸，這有毒的物質可由硝化細菌所消耗，生成無毒性的硝酸，硝酸又是藻類的最佳氮肥，能被藻類所吸收及同化。
2. 從池水的生態觀點來說，我們是無法防止氨的產生的，但是卻可以設法提高硝化細菌的數量來消耗池中大量的氨。
3. 塑造一個硝化細菌理想的繁殖場所是最根本的解決辦法。硝化細菌在繁衍過程中，有附著於固定物外表的傾向，若能在池水中安置若干多表面積的固定物供其附著，它就能迅速地附著在這些固定物的表面上，並開始增殖。
4. 在池水中安置固定物是不可行的，因會阻礙魚類的活動及不利於撈補。比較可行的處理方式是在過濾系統中安置「生物載體」，這種產品是專門為硝化細菌提供一個繁衍場所而設計的，有很大的表面積可供硝化細菌附著。
5. 它的原理是讓硝化細菌成為「有殼蝸牛」，增加硝化細菌的生活空間，因此可讓硝化細菌依附在這種人造的物體上進行硝化活動，使濾水中的氨及亞硝酸被硝化細菌所消耗。

如何正確使用生物載體？

1. 生物載體是一種藉由生物化學的方法來除掉氨的一種特殊濾材，不過它並不是依靠濾材本身的作用將氨除去，而是藉由生活於濾材表面的硝化細菌來將氨給氧化掉，使之轉化為無毒性的硝酸，以減少有毒物質的堆積，為養殖生物創造一個優良的生長環境。
2. 生物載體具有廣大的表面積，且交錯網孔構造可在表面達到完全通氣效果，更由於生化培養球若彼此互相接獲連接在一起，可在過濾系統中形成一個巨大的活動空間讓硝化細菌居住及生活，並有利於硝化細菌大量的繁衍。
3. 這種產品在使用時，最好與機械式過濾系統結合成一體，不宜單獨使用，即可在機械式過濾系統的濾程後面，加設一個「硝化反應槽」，內置生物載體，僅讓濾水由上自動滴流而下，然後再經由第1槽至第2槽及第3槽過程中的硝化作用，來達到最完美的生物自淨作用。把池水引入「硝化反應槽」，水中難免會夾帶不少有機廢物，由於它們不受硝化細菌所歡迎，若讓這些有機廢物附著于生化培養球上，則硝化細菌就很難在其表面著床生長。因此應將池水中的有機雜質先行濾除之後，再將濾水引入槽中，才是正確的使用方法。

蛋白除沫器



← **氣浮式蛋白除沫機**：水流高壓通過文氏管產生負壓吸氣，在槽體中產生大量氣泡，快速去除水中有毒之蛋白質化合物及有機物，防止水質惡化。

← **葉輪式蛋白除沫機**：利用葉輪旋轉攪拌水體，產生負壓吸氣，在水中形成大量氣泡快速**去除水中有毒之蛋白質化合物及有機物**防止水質惡化。

活性炭過濾器



活性炭過濾器直立型較佳或較低速之高壓過濾器，其設計為輔助臭氧除去槽對臭氧除去之不足，同時活性炭對老化泛黃的海水有強力的除色功能，對於可溶性有機物也有去除之功能，唯一的缺憾是活性炭必須定期更換。

生物過濾器



以大面積的生物濾材，培養硝化菌以便去除水之氨、亞硝酸鹽、硝酸鹽等，生物過濾器有滴流式和沉浸式二種，由於生化作用的速率不及化學作用，在短時間要完成大水量的處理，一般生物過濾槽只能在體積和高度上下功夫，所以在目前維生系統設計，一般傾向採用中央式生化槽或傾向不用生物處理。

熱交換設備



為維持維生系統水槽溫度的利器，可獨立或與空調系統共用，因為水族館在封閉的空間中且運轉的機械也不停的放熱，因此水溫在夏季時水溫會上升，冰水機可提供適當的冷卻源。板式熱交換器來進行熱交換，如果需要加熱時，小系統以加溫棒而大水量須以電熱爐或鍋爐來提供熱量。

紫外線殺菌器



紫外線殺菌為另一有效的消毒水質方式，其利用光波在253.7 NM時，對細胞有極大的破壞力，因此被發展來當作殺菌功能，在最近也被發展出高功率的設備出來，使用紫外線殺菌之水質必須有強力的過濾，以提供潔淨的水延長燈管壽命。照射強度和流量為決定使用何種紫外線殺菌機型的重要因素。

紫外線殺菌器殺菌原理

紫外線殺菌機燈管材質採紫外線穿透率高的石英玻璃為保護外管，能避免接觸到水。利用核酸在對低壓水銀放電燈，人工波長為253.7nm的紫外線有極大吸收值時，破壞細菌與病毒核酸（DNA）的生命遺傳物質，於分子內產生激烈的化學變化使其無法繁殖。其中產生最重大的反應，是核酸分子內的嘧啶（pyrimidine）鹽基形成二量體（dimer）。目前認為紫外線致死的主因在生成嘧啶二量體；另外，紫外線在核酸內也引起光水和反應、核酸與蛋白質相互作用時的光架橋反應，也存在某種影響。因核酸是承擔生命遺傳現象與所有重要生命機能的生命本質，一旦發生變化或是損傷，當然不利生命的延續，也因此紫外線能有效消滅水中細菌和病毒。

臭氧殺菌機組



機組設備包括：臭氧主機、凡氏注入器、臭氧偵測儀及臭氧破壞器等，以臭氧來去除水中之可溶有機物和殺菌。

臭氧簡介

- 臭氧層是分布在離地面20~30km的大氣層中，它最大的功能是吸收紫外線，保護曝露在紫外線照射下的人類與動植物。空氣中的臭氧量為0.01~0.04ppm，因臭氧具有極強淨化殺菌之作用，使得自然界中的細菌霉菌，無法異常繁殖因而保持平衡狀態。
- (1) 臭氧在大氣中(常溫)之半衰期為三十秒，會隨溫度不同而有所改變。
(2) 臭氧在水中之半衰期為二十分鐘，當水中pH值高時分解速度變快，pH值低時較緩慢。
(3) 臭氧溶解於水中會因受水分子作用，急速分解具有極強氧化力，殺菌、脫臭、漂白及淨化空氣等作用。
(4) 臭氧水中分解前，或分解後都能與附著物發生反應，可以去除水中溶解性的有機物、臭味、濁度、硫化物、氰化物、氨氮、鐵、錳等。
(5) 問題：臭氧與海水中溴離子反應，形成溴氧化合物，其毒性很強，所以去除溴離子及去除殘留氧化物是問題所在，還好利用活性炭可以解決殘留氧化物問題，其次選擇溴離子含量低的人工海水鹽來調配。
(6) 使用臭氧時必須監測殘留氧化物濃度，此外利用活性炭解決殘留氧化物問題。一般滅菌使用濃度為1-5ppm，接觸時間為3-6分鐘為宜。

臭氧在生活上之應用

應用範圍	功能及用途
空氣處理	醫院消毒，家庭空氣清淨，工業廢氣處理，塑膠回收，皮革及紡織工業，家畜繁殖場，化學製藥工業
淨水處理	飲用水水質處理，游泳池水質處理，超純水處理，冷卻水處理，製程用水處理
廢水處理	廢水污染物氧化，分解，淨化，脫色，除味除臭，殺菌殺藻類殺病毒，降低 BOD/COD，消除表面活性劑泡沫
食物處理	魚粉飼料業除臭，蔬果保鮮，清除果菜中殘餘農藥，消除肉類中的菌類
工業製程應用	人造纖維製造，農藥與殺蟲劑，紙漿裂解，紙張及塑膠表面處理，製造樂器之木材處理，半導體工業TEOS系統與濕式清洗，橡膠工業之臭氧耐候試驗，醫學科技工業。

維生系統範例

1. 海水殺菌過濾系統



2. 溼地魚類維生系統



維生系統範例

3. 餌料生物培養系統



餌料生物培養系統常用於魚苗繁殖場 為了確保魚苗餌料不致短缺 或有防疫疑慮 部分魚苗繁殖場會自設餌料生物培養系統。

4. 斑馬魚維生系統



斑馬魚卵沉性不黏於水草，因此易於取得且操作方便，這種魚卵常被生物學家採用為胚胎實驗的對象。



美國國家巴爾的摩水族館



美國加州長堤水族館



澳洲雪梨雪梨水族館

敬請指正