

香港水域的營養素、藻華和紅潮

香港科技大學環境學部 Paul J Harrison 教授，徐杰博士

前言

以水流量來說，珠江是中國第二大河，僅次於長江。珠江位於南中國海的西北角，在香港以西。香港水域的海洋過程相當複雜，從珠江口到東面的海洋水域經歷了巨大的空間上的轉變。同時又有時間上變化，關鍵時期是多雨的夏季。夏季至少有三個月珠江徑流量相當高，這對香港水域的水質有顯著影響。

珠江三角洲及香港在過去半個世紀（特別是過去 15 年）見證了急劇的城市化和工業化。珠三角及港澳的總人口目前是大約 3,500 萬，並且持續增長。至於珠江整個流域的總人口則超過 1 億人。隨著珠三角人口進一步增長，發展的重心將移向上流。

香港政府一直高度關注香港水域水質，在過去 20 多年，已經建立了一套完善的水質監測體系，並收集了非常寶貴的數據，這些數據顯示香港水域水質的變化。環保署將香港水域划分成 10 個水質區域；而每個區域都各有不同的水質標準。環保署的監測系統涵蓋廣闊的範圍，共有 76 個水質監測站，每月收集廣泛的一系列的水質參數。此外，在 60 個監測站，每年兩次監察河床和海床的沉積物。有關年報和監測數據可參閱環保署的網站(www.epd.gov.hk)。

另一方面，漁農護理署則監測魚類和貝殼類動物養殖區以及海洋保育點。他們運作幾個魚類養殖區，離岸監測站及季節性監測站，每月監測藻類種群。他們的報告刊於該署的網站(www.afcd.gov.hk)。

本文將介紹各種因素如何互動，使香港水域所受到養分污染所造成的影響較預期為低。

影響環境污染的過程

像陸地植物一樣，藻類的生長需要氮、磷及其他養分。可是，如果養分太多，就會產生過多藻類生物量。這些生物會沉到水底，而細菌在分解這些藻類的過程中會耗盡水中的氧氣。因此，養分過多對環境的影響，主要是產生藻華（紅潮），及隨後的水底缺氧，又叫‘死亡地帶’。因為缺氧，海洋動物無法在這些死亡地帶的存活，對漁業打擊很大。另一方面，空氣中的含氧量很高，而風和潮水將氧氣與水面混合。不過，河水和雨水的密度較海水為輕，因次分布于海水以上，因為密度不同而形成不同水層的過程稱之為層化。層化會妨礙大氣中的氧氣傳輸到海水中，增加了底層出現低氧的機會，（也稱為缺氧）。

在 20 世紀六七十年代，養分污染(過多養分，又稱富營養化)首先發現于湖泊中。在最近 20 年里，許多近岸水域出現養分污染的症狀:氮和磷增加、大規模藻華、底層缺氧。因此，近岸水域，特別是人口密集的水域，養分污染已經成為一個世界性的問題。水體中過多養分負荷與自從 20 世紀五十年代來化肥使用量的持續上升有密切關係。沒有被農作物吸收的多餘養分會通過地表進入河流。來自雨水、汗水、動物糞便的養分也造成河流中過多的養分負荷。

物理因子對環境的影響

在香港，一年中可以劃分為丰水期（夏季）和枯水期（冬季）。冬季，東北季風驅動着珠江水流向澳門，珠江水對香港水域幾乎沒有影響。因此，冬季養分濃度低，沒有大規模地藻華。物理混合、低溫和低光控制着藻類生長。此外，風驅動着相對乾淨（低養分）的表層海水移向近岸，有利於減少夏季積累的受養分污染的水體。

夏季，西南季風驅動的河水流向香港。夏季，因為高降雨量和河水徑流量，河口水（海水與河水的混合體）覆蓋的區域相當大。大量的河水侵入香港西部水域，導致那裏養分濃度的巨大增加。然而，東部馬灣水域幾乎沒有受到珠江水的影響因為珠江水不會沒有達到那裏。河水因為較輕（低鹽度）從表層流出口，同時與下層的相對貧營養水混合，這個過程稀釋了河水，降低了表層的養分濃度和藻類生物量，從而降低了對環境的影響。

化學因子對環境的影響

養分主要來源於汗水、河流徑流、雨水。藻類以 16 個單位氮比 1 個單位磷的比率吸收氮和磷。珠江水和雨水的氮較磷高。所以，磷首先被藻類耗竭，夏季藻類的生物量主要受磷的控制，特別是西部和南部水域那裏從珠江接收大量的氮。

因為來源於人類的養分通常具有較多的氮，所以汗水處理過程中減少磷的量應該可以減少藻類生物量和底層缺氧情況的發生。

來源於珠江水的養分呈現顯著季節變化，而來源於汗水的養分則全年相對恆定。在枯水期，季風帶來低養分的外海表層水，那時大部分香港水域藻類生長是氮控制。相反，在夏季，高的珠江徑流量和降雨量為香港水域帶來過多的氮，結果藻類的生長受磷控制。因此，在夏季，從南部水域到東部馬灣水域，短短 40 公裡範圍內經歷着由磷控制到氮控制的轉變。

為什麼香港水域富營養化的影響並沒有較預期中嚴重

物理因素對於稀釋養分和驅散藻類起着關鍵作用。東北及西南季候風引起海水垂直混合，除了夏季的西部水域，那裏因河水流入而導致強烈分層。位於馬灣海峽及維多利亞港的潮流尤其顯著，再加上強烈的經垂直混合，大大減少了藻華及缺氧現象。

在 2001 年間，香港政府實施了淨化海港計劃，在昂船洲污水處理廠實行了化學初級處理（去除顆粒物和磷）。雖然汗水處理已經令海水養分濃度降低及含

氧量增加，但藻類生物量並沒有因此而減少。這是因為維多利亞港的藻華現象是受物理因素控制，而不是養分，因為養分并不限制藻類生長。

每年夏季最為關鍵，因為此時來自河流的養分負荷達到最高，另外還有來自雨水及徑流的養分。高的水溫、強光、層化促使藻類生長和藻華形成。大量藻類下沉到水底及隨後分解，同時層化阻礙氧氣有效地傳送至水底，從而導致水底缺氧。

除了物理因素能夠稀釋養分濃度、驅散藻類生物量，從而減少富營養化影響外，化學因素亦會控制藻華的規模。夏季，西部和南部水域的磷濃度較氮為低，多餘的氮因為磷不足不能被藻類吸收，減少藻類生物量。與其他的大河流如美國密西西比河相比，珠江的磷濃度較低，因此葉綠素濃度亦較低。密西西比河河水徑流量與那裏的「死亡地帶」的範圍有密切關係。譬如當密西西比河徑流量高時（即多雨時節），分層現象加強，垂直混合減少，水底缺氧範圍隨即擴大。

現時香港非常重視海水富營養化的潛在因素，因為藻華頻生令水底的魚類及其他海洋生物因缺氧致死。紅潮一詞的由來是因為藻華的形成多數位於表面，所以令海水變成赤色，容易被發現。另外，市民大眾都深信紅潮現象會對人類構成威脅，傳媒就藉此誇大其影響力。其實紅潮之所以備受關注，是因為海水中的氧氣受到紅潮侵襲而被消耗，導致魚類養殖區的魚類因缺氧而窒息死亡。但近十年來，未有跡象顯示有大量魚類因此而死亡。所以，有毒的藻華並不是造成過去大量魚類死亡的主要原因。到目前為止，漁農自然護理署在檢驗的海產樣本中未有發現任何毒素。大致上，特大紅潮一般會在春季集結於東部水域大鵬灣一帶；而少量的紅潮會出現在西部水域，即靠近珠江口一帶。所以，紅潮現象大多出現於珠江徑流較低的春季，位於遠離珠江口的東部水域。話雖如此，在南部水域大規模的藻華與珠江水的侵入有關，這些藻華能夠造成短暫的水底低氧事件。

簡述

位於西貢牛尾海的水域由於養分濃度低，亦較少機會出現藻華現象，所以擁有較佳水質。最受關注的水域為吐露港，深水灣及南部水域一帶。過多養分輸入對香港水域的影響比預期的的小。

1. 物理因素

- 風及潮汐引起的垂直混合會令表層養份被沖淡和也使藻類垂直混合。結果可能由於光線不足，減慢了藻類繁殖速度。

- 風及潮汐引起的垂直混合現象同時亦會傳送氧氣至水底，繼而減少缺氧的情況發生。
- 夏季時，海水流動會令低養分的深層水被帶到表層，稀釋了富營養的河水。但同時也帶來低氧的深層水，當藻類下沉到低氧的水底，繼而被細菌分解，這增加了缺氧的風險。

2. 化學因素

- 西部和南部水域濃度較低的磷，控制藻類生物量以及缺氧事件的發生。海水磷相對短缺，意味著不可能會有大量的氮轉化成海藻生物量。結果，多餘的氮就會向離岸輸送。但到目前為止仍未知道會否對離岸水域造成任何影響。

3. 生物因素

- 主要富營養化相關的影響是：大量的藻華，海藻下沉於水底及隨後的分解，增加水底缺氧事件。
- 近十年來，並沒有發現大量的魚類因為紅潮引發的缺氧而死亡，幾乎沒有污染貝類海產的毒素。紅潮現象普遍出現於河流流量較小的春季時候，距離珠三角口岸較遠的東部水域一帶。
- 主要環境影響是水底嚴重缺氧。雖然現時西部及南部水域發現偶發性缺氧事件，但暫未發現長期的缺氧。

未來展望

我們必須加強環境保護署及漁農自然護理署對香港水質的監管系統。同時，密切與國內交換珠江口水質數據。物理生物耦合的生態系統模型將有利於監管香港水質。