

魚類性別轉變的奧妙

張清風

國立台灣海洋大學水產養殖學系教授

B0044@mail.ntou.edu.tw

魚類的男男女女

人類在受精卵成為胚胎時，因為帶著不同的 X、Y 染色體，性別就已決定，亦即 Y 染色體上 SRY 基因造成性別分化為男性。一般而言，嬰兒出生前就已經發育只有一種性別的生殖器官，僅能選擇當男人或當女人。據研究瞭解在懷孕第 43-50 天之胎兒即分化為男性，而分化為雌性稍為晚一點，約 50-60 天的胎兒。

魚類的性別比人類有趣多了，在胚胎時期，魚的生殖器官還未分化，直到孵化後過一段時間，短則 10 天，長則數個月，性別才會慢慢確定。大部分的魚類是雌雄異體，也就是和我們人類一樣，男的就是男的，女的就是女的。不過，也有一些魚類是雌雄同體，這些魚類的生殖腺同時存有精巢與卵巢（兩性兼具，如同雙性人），大部分雌雄同體的魚類會是在其個體的生活史上依序先發育成為男或女的生育機能。若是先發育為成熟的是男的，而後再發育為女的，這種的稱為先雄後雌型（雄性先熟型），例如黑鯛、小丑魚等；若是先發育成為女的，而後再發育為男的這種的稱為先雌後雄型（雌性先熟型），例如石斑、黃鱔、鱸魚等等。這些雌雄同體的魚類應是很幸福的動物，在一生的生活史，可以同時擁有男女兼具之優點，因此真正達到男女平等的世界，差別的僅是先做男的或女的之差別而已。

為何魚類會性轉變？

為何魚類性別在自然的情況下會有轉變，這是有趣也是複雜的生命科學問題。魚類為何會演化出這樣的生殖方式呢？目前有許多的可能解釋，例如在自然情況下魚類會性轉變是由於族群因素，亦即在同族群中，本來男與女的比例構成一個穩定的男女關係，若是將男的移走，那其中一尾女的會在數天內發育成為男的。另外亦有可能是由於性轉變是為了獲得更有利的生殖策略，因此年紀較小的（較小體型）是男的，長大年紀較大時變為女的，例如黑鯛，因為較大體型的雌魚產卵個數較多，有利於族群活存。另外的理由是避免「近親交配」，黑鯛長到第三年才變成母魚，交配對象是出生一年、二年齡的不同親代產生的成魚，因此可避免近親交配，亦即大大減少兄弟姊妹成婚之現象。這些種種可能的原因促使雌雄同體的魚類，在長期演化的過程中，有些魚類就慢慢發展成為具有特色的性轉變之生殖策略。

以研究黑鯛為例子探索魚類性轉變

以目前研究比較清楚的雌雄同體魚類-黑鯛為例，黑鯛是台灣沿岸附近淺海岩礁性魚類，肉質鮮美、是海釣客喜好魚種，也是台灣重要的海水養殖魚種之一。在每年12月下旬至隔年3月，肚子變大，會生產小黑鯛魚苗，被稱為繁殖季節，黑鯛在第一年與第二年繁殖季節是表現成為公魚，自第三年起，約有一半的魚會自然性轉變成為母魚。

由我們實驗知道，在不足一年齡之黑鯛生殖腺以精巢為主，生殖腺僅含極小部分之卵巢組織，一年齡後之黑鯛卵巢組織開始增大，形成同時具有卵巢組織與精巢組織之兩性生殖腺，由組織切片顯示精巢與卵巢組織是由結締組織區隔。在一年齡後與二年齡後之非繁殖季節(6-8月)，卵巢組織發育成為主要的部分，而在第一年與第二年繁殖季節時，反而精巢組織會快速發育，成為成熟精巢，卵巢組織成為極小之比例，牠成為爸爸了。在兩歲以後，精巢慢慢退化而卵巢發育達到成熟，到三歲時，同一魚體在繁殖季節改成產生卵子，牠變成媽媽了。因此，同一尾魚，年輕時為爸爸，年紀大時成為媽媽。

我們因此可以發現，在第一與第二年之非繁殖季節，卵巢組織逐漸發育成為生殖腺主要之組織，但不知為什麼，最後還是沒有完全發育上來，反而是精巢組織發育成為爸爸，這些尚未知道的原因，是瞭解黑鯛性轉變的一個關鍵點，也是科學上的一個謎。

「賀爾蒙」與黑鯛性轉變之關係

魚類生殖內分泌系統與一般陸上動物相似，主要有腦及下視丘、腦下腺與生殖腺所相連之主軸，這些腺體會合成與分泌各種「賀爾蒙」，腺體內並具有特異性之各種「賀爾蒙受體」，這些「賀爾蒙」之所以能發揮生理作用是藉由「賀爾蒙受體」之路徑。腦下腺接受下視丘所分泌「釋放素」促進腦下腺分泌重要之生殖激素—「促性腺激素」，以刺激生殖腺合成性類固醇激素及配子之發育與成熟。

由最近研究資料得知，目前可以經由投餵「賀爾蒙」促使黑鯛提前至一歲或二歲時即變為媽媽。在黑鯛二歲至三歲之間的自然性轉變之原因是最為有趣之問題，我們將過去研究成果歸納得到重要的性轉變模式：在二歲多之非繁殖季節，「腦下腺」會分泌較多的「促性腺激素」，此時生殖腺是兩性，而且卵巢組織發育占生殖腺較大的區域，但由於精巢組織具有較高量的「促性腺激素受體」及「性類固醇激素受體」，造成精巢組織會比卵巢組織容易被「促性腺激素」及其他賀爾蒙刺激，最後發育成為以精巢為主，卵巢組織反而萎縮了，到了繁殖季節，牠成為爸爸了。相反的，在非繁殖季節，若「腦下腺」分泌較少的「促性腺激素」，精巢組織就不會被刺激發育，卵巢組織得以繼續發育，加上卵巢組織之「環化酵素」的幫助，最後發育為真正的卵巢，在繁殖季節，牠成為媽媽了。

重要遺傳基因表現對黑鯛性轉變之重要性

除了研究上述的重要賀爾蒙及這些賀爾蒙基因表現對於黑鯛性轉變之重要影響，我們近年來亦開始瞭解一些重要性別決定相關遺傳基因之調控與表現，例如 Dax-1、Dmrt-1、Sox 9 與

SF-1 等。由研究的結果顯示 Dax-1、Dmrt-1 對於黑鯛精巢的分化與發育有密切的關係，僅存在精巢組織，亦即有利於精巢的發育，相反的「環化酵素基因」及「雌性激素受體基因」的表現有利於卵巢的發育。由探討這些基因之表現，亦有幫助逐漸解開黑鯛性轉變的分子機制及其原因

控制魚類性別與性轉變

由我們研究目前已能控制黑鯛在第一年或是第二年齡利用「雌性賀爾蒙」即可控制性別，提早將黑鯛變為母魚，甚至第二年的母魚可以產卵，比原來需要三年才能自然性轉變為母魚，縮短一年的時間。亦可以利用「環化酵素」的抑制劑即可造成三年齡黑鯛全部維持為雄性，而不會性轉變為母魚。由這些研究的成果也可顯示，「雌性賀爾蒙」與「環化酵素」在雌性的性別分化及性轉變機制上的重要性。

控制性別之研究不僅是生命科學上的重要基礎課題，並且可應用於產業經濟上。目前性別控制運用在產業上，有吳郭魚、烏魚、鯛魚、石斑魚及一些觀賞魚。吳郭魚若雌雄混養，成天致力於交配繁殖就長不大，因此業界採全雄性養殖，使得吳郭魚的能量能夠較集中在成長方面烏魚則因烏魚子（卵巢）價值高，而採全雌性養殖。石斑魚原來發育是雌魚，要等到 5 至 9 年間才有可能性轉變為雄魚，因此業界經常將雄性賀爾蒙植入魚體，約 1~3 個月不等時間，石斑魚就可提前變性為雄性，並且會產精，進行繁殖工作。因此利用生物科技之方法調控魚類之性別不僅對生命科學之基礎學術具有重要性，更是對民生產業有顯著的貢獻。

難解大自然之奧妙

因此，由黑鯛之例子大略可窺知魚類性轉變與「賀爾蒙」的改變有密切的關係，這是一項很複雜的「內分泌」與相關功能基因之作用，目前較清楚被瞭解參與黑鯛自然性轉變之內分泌因子包括「雌性賀爾蒙」、「促性腺激素」與「環化酵素」，其他一定還有許多的因子參與調控這種爸爸與媽媽的互轉，只是我們人類知識有限，窮極一生之努力，但也僅能略為瞭解大自然生命奧妙之其中一、二而已。

我們也發現，人類胎兒在母親體內發育時，早期也是雌性與雄性生殖系統同時存在，後來因為雄性精巢被刺激而發育，導致卵巢系統的萎縮，因此黑鯛性轉變的道理竟然和我們人類是一樣的！也就是說，我們人類本來也具有像黑鯛性轉變之潛能，只是後來不知什麼原因，讓我們無法就像黑鯛一樣可以同時過著男與女的生活，你說是否真是有點可惜，但也太奇妙了！