

日本產鮭魚的生態習性及其可持續利用

The Ecology and Sustainable Management of Japanese Salmon

郭金泉 國立臺灣海洋大學 水產養殖系

Gwo, Jin-Chywan Department of Aquaculture, Taiwan National Ocean University, Keelung 20224, Taiwan



圖1 宮城縣著名的鮭魚親子丼。(郭金泉攝)

臺灣在物質缺乏生活貧困的1960年代，舶來品既是奢侈的象徵，也是宣示地位之絕佳手段。日本進口的鹹鮭魚就是其中的佼佼者，一小片鹹鮭魚搭配稀飯，在我童年留下不可磨滅的鮮明記憶，至今回憶起來，依然還覺得口齒留香。

自古以來鮭魚(日本人叫シロサケ或サケ、中文翻譯成白鮭，亦即英文的狗鮭(*Oncorhynchus keta*; dog salmon 或 chum salmon)，就是日本北海道、東北、三陸寒帶地方的代表魚類，北海道年產16萬公噸，其次依序是三陸地區的岩手縣、宮城縣與青森縣，三個縣總產量約4萬公噸，是三陸地區的重要魚種。鮭魚的料理種類眾多，其中宮城縣南部以親子丼(以煮鮭魚的湯汁炊飯，再於白飯上搭配鮭魚與鮭魚卵)最著名(圖1)。

寒冬之際遠從北海返鄉產卵的鮭魚，體色與體型已明顯改變。體色呈銀白至偏黑，雄鮭體色赤紅，嘴之前端尤其是上顎明顯彎曲，日本人稱之為「勾鼻」。一般雄鮭成長為體重達3.5公斤，體長70公分

的龐然大物。三陸地區將此勾鼻的雄鮭灑鹽乾製成「新鮭」，是當地的特產。嚴冬的店家門前高掛整排的新鮭(常常雌雄不分都稱之)蔚為景觀(圖2)。現珍藏於日本笠間日動美術館由高橋由一先生(日本明治時期的畫家)所繪製的著名油畫「鮭圖」，畫的就是白鮭(圖3)。

但時至今日，日本每年將在日本北海道海域捕獲的5萬噸白鮭，輸出賣到中國一次加工，再販售至歐美，博得「健康鮭魚食品」之美譽。相反的日本每年卻又從挪威與智利進口大量(20~30萬噸)養殖的大西洋鮭魚，銷售觸手深及超市與迴轉壽司連鎖店，供日本民眾廣泛消費。養殖的大西洋鮭魚由於養殖過程往往殘留高濃度的有害物質(戴奧辛、PCB)而頗受抨擊與詬病。而且運送過程換算的食物里程與耗費的碳足跡，更是製造地球更多的負



圖2 嚴冬之際，三陸地區的店家門前高掛整排的新鮭展示，蔚為景觀。(郭金泉攝)

擔。所以日本科學家也指責日本政府荒謬的糧食政策，提倡建立且落實日本鮭魚在地生產，在地消費的飲食文化。

鮭科魚類不只是人類的食物，對陸域生態系而言，也是「來自大海的禮物」。為了產卵而洄歸河川的鮭類，將大海的養分等物質搬運到陸地，孕育森林。此外，其活體與殘骸都成為陸地熊類、鳥類及昆蟲等的餌料，具有增加陸域生態系生物多樣性的作用。不過，與鮭類溯上的其他國家(加拿大、美國、俄國)比較，日本自然再生產的野生鮭魚極為稀少。在日本，由於河川工程頻繁及廣建河川橫斷物，導致鮭類能產卵的自然河川幾乎消失殆盡，藉由野生鮭類來連繫海洋與陸地兩個生態系的生物廊道，只有在日本北海道的知床半島世界自然遺產地域及日本北海道道南地區的遊樂部川(八雲町)等極少部分的地點才可以看到。

日本人如何區分鮭魚和鱒魚？

廣義的鮭科魚類包括太平洋鮭屬(*Oncorhynchus*、サケ屬)與大西洋鮭屬(*salmo*、サルモ屬)的鮭魚(圖4、圖5)。筆者根據美、日兩國研究者對鮭魚的常用稱呼，將每一物種的學名，依中文俗名、英文俗名、

日本俗名、日本俗名之中文翻譯順序介紹。太平洋鮭屬包括：1)五種太平洋鮭(Pacific salmon)：*O. kisutch* (銀鮭、coho; ギンザケ、銀鮭)。*O. tshawytscha* (王鮭、chinook; マスノサケ、鱒之介)。*O. keta* (狗鮭、chum; シロサケ、白鮭)。*O. gorbuscha* (粉紅鮭、pink; カラフトマス、樺太鱒)與*O. nerka* (紅鮭、sockeye; ベニザケ、紅鮭; 日本稱陸封型為姬鮭ヒメマス、Kokanee); 與2)兩種太平洋鱒(Pacific trout)：*O. mykiss* (虹鱒、ニジマス虹鱒、降海型是鋼頭鱒, steelhead trout)與*O. clarki* (割喉鱒、cutthroat; カツトスロート トラツト); 以及3)介於太平洋鮭和太平洋鱒之間的*O. masou* (櫻鮭、サクラマス 櫻鱒、日本稱陸



圖3 日本明治時期的油畫先驅—高橋 由一先生終其一生推廣油畫不遺餘力。是其最著名的一幅鮭魚油畫，畫的就是白鮭。雄鮭體色赤紅，嘴之前端尤其是上顎明顯向下彎曲。2012年秋天日本畫壇為了紀念他，特地於京都國立近代美術館舉辦特展。

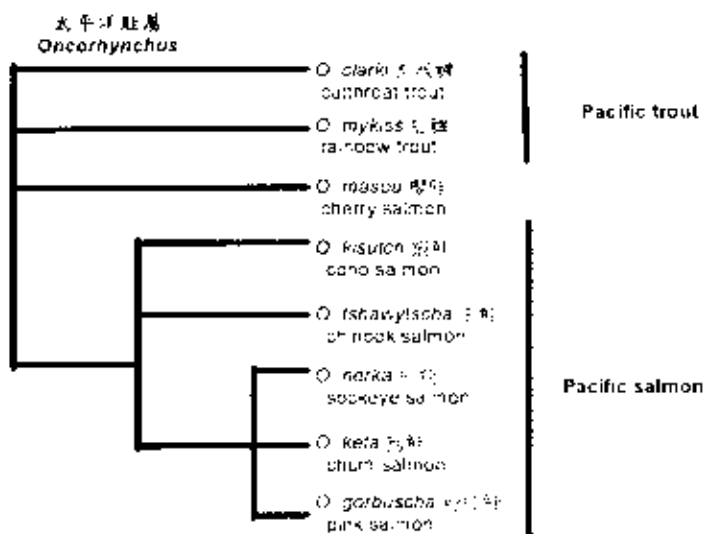
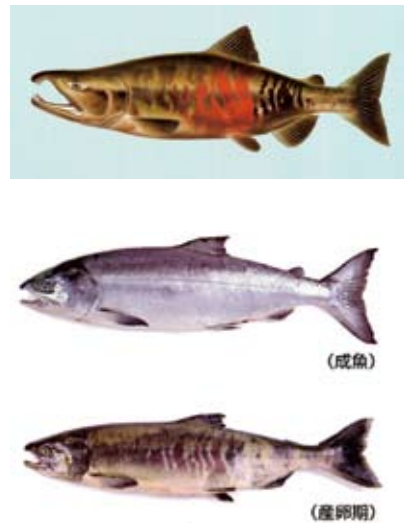
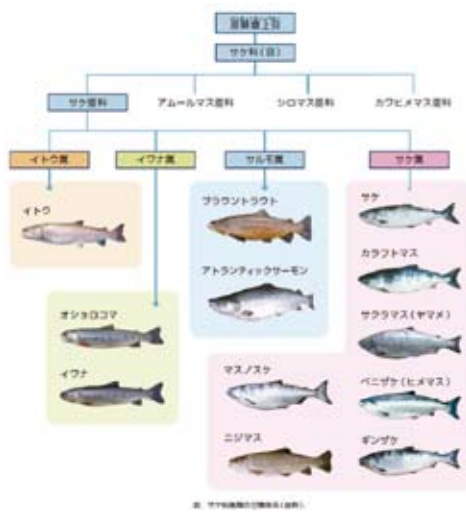


圖4 形態學形質與分子數據都建議將太平洋鮭屬(*Oncorhynchus*)分成由太平洋鱒(Pacific trout)和太平洋鮭(Pacific salmon)組成之三個類群(改編自Esteve and McLennan 2007)。太平洋鱒包括虹鱒(rainbow trout: *Oncorhynchus mykiss*)與割喉鱒(cutthroat trout: *O. clarki*); 太平洋鮭則分為二個類群，其一為銀鮭(coho: *O. kisutch*)和王鮭(chinook: *O. tshawytscha*)，另一個類群則為紅鮭(sockeye: *O. nerka*)、狗(白)鮭(chum: *O. keta*)和樺太(粉紅)鮭(pink: *O. gorbuscha*)。櫻鮭(cherry salmon: *O. masou*)介於太平洋鱒和太平洋鮭之間，位置未定。目前普遍認為太平洋鱒演化早於太平洋鮭，但太平洋鱒、太平洋鮭與櫻鮭此三個類群的相對位置仍有爭議。(徐德華繪)

圖5 日本水產廳出版簡介鮭科魚類的圖表(引用自日本水產總合研究中心2008第16期)。日本自古以來只將狗鮭(シロサケ、白鮭)稱為「鮭;サケ」,其他的鮭類則稱為「鱒;マス」。白鮭(狗鮭)的雄魚在產卵季節上顎鉤吻,身體兩側顯現耀眼的婚姻體色(最右上圖)。(圖片採自日本水產廳)



封型為山女、ヤマメ),8個物種。而棲息於日本的原生種鮭魚只有白鮭、粉紅鮭、紅鮭、櫻鮭共4種。櫻鮭只出現在西北太平洋環日本海周邊。日本自古以來只將白鮭(シロサケ)稱為「鮭;サケ」,其他的鮭魚類則稱為「鱒;マス」。日本北洋漁業全盛時期,紅鮭和銀鮭也曾被稱為「紅鱒」和「銀鱒」。北海道最重要的三種鮭魚資源依序為白鮭、樺太鱒與櫻鮭。

由於白鮭是日本鮭魚產業最重要的魚種,日本自1960年代即致力於鮭魚孵化與人工放流,在2005年當年返回日本的白鮭約六千三百萬尾,比四十年前(1960年代)增加十倍。白鮭是日本官方自詡鮭魚放流資源復育成功的範例。

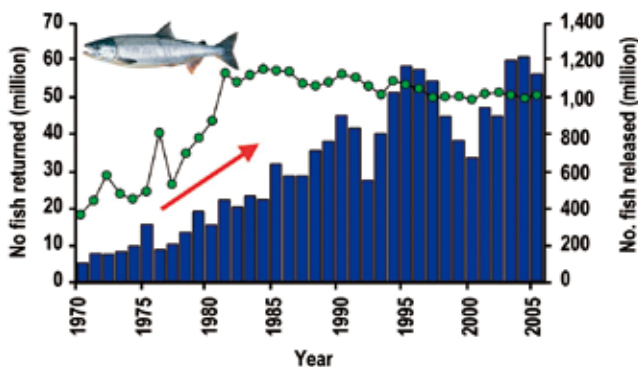


圖6 日本北海道捕獲的白鮭在1970年代約每年300~500萬尾,1980年代上升至3000~4千萬尾,1995年達5千萬尾史上最高,隨後維持在4千萬尾上下。日本水產界官方自詡白鮭是日本鮭魚放流資源復育成功的範例。(徐德華繪)

北太平洋鮭魚1920~2005年的產量

在1970年代,日本北海道每年捕獲的白鮭(chum salmon; *Oncorhynchus keta*)約3~5百萬尾(藍色直條線狀圖),1980年代顯著增加至3~4千萬尾,1995年一度達5千萬尾,隨後維持在4千萬尾上下(圖6)。日本北海道白鮭族群數量顯著的增加,起初以為是拜人工孵化放流技術的精進所賜;後來發現即使1980年以後,人工孵化與放流鮭魚數目維持不變(綠點圓圈曲線),日本北海道白鮭族群數量仍持續增加。日本科學家仔細檢查北太平洋5種(pink、chum、sockeye、Chinook、coho)鮭魚1920~2005年的漁獲量,始發現1980年以後野生的鮭魚數目也有上揚的現象(圖7)。長期觀之,北太平洋鮭魚的資源量呈現出有規律的週期起伏(30~50年)。1934~1941年均產量3億4千萬尾,1950~1976年均產量減為1億9千萬尾,1989~1998年均產量再度躍升為4億3千萬尾。比較兩次高產期(1934~1941年 vs 1989~1998年)之漁獲量相差9千萬尾,恰巧和1988~1997年美、日兩國孵化場人工孵化放流(日本6.5千萬尾加上美國阿拉斯加3.5千萬尾)的總量(1億尾)一致。

自從科學家發現氣候變遷與表層魚類資源及魚種組成的互動關係,生物資源量與環境似乎存在

某種生態系統結構轉換 (Regime shift: 由某一穩定的生態系統快速地轉移至另一穩定的生態系統) 的律動關係, 在海洋環境, 其律動週期常可達數十年之久。例如太平洋十年振盪指數 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) 其週期通常為 20~30 年 (圖 7 上)。北太平洋鮭魚的資源量呈現出 30~50 年週期變動的現象, 與 1924/25、1947/48、1976/77、1988/89、1998/99 發生氣候生態系統結構轉換也極度吻合 (圖 7 下)。

北太平洋鮭魚的生活史

鮭魚是溯河性洄游魚類, 生活史往返於河川海洋, 洄游於淡水與鹹水之間。鮭魚在河川產卵, 仔稚魚降河入海, 成魚為了產卵再度洄歸母川。鮭類原本起源於高緯度的淡水, 歷經冰河期與間冰期, 為了利用高緯度海洋的高生產力而降海, 然而仍保留在淡水產卵的習性, 才演化成洄歸母川的特性。依對海水或淡水依賴程度深淺, 太平洋鮭魚演化出八個物種。例如櫻鮭在河川上游產卵, 滯留河川 1 到 2 年後才降海, 生活史採洄游海洋與殘留陸上河川兩種戰術的生存策略, 洄游者僅降海於距離母川不遠的沿岸洄游, 即匆忙回歸母川, 在淡水深淵完全成熟, 對淡水依存度最深。相反的白鮭在河川

下游甚至河口區產卵, 幼魚浮上後馬上降海, 生活史採洄游海洋策略, 完全沒有殘留陸上河川的陸封型, 遠征大洋行大規模洄游, 回歸母川的親魚多為完熟, 所以白鮭極度依賴海洋。

白鮭在太平洋鮭屬魚類中, 地理分布最廣, 海洋洄游距離最長, 洄游範圍最大。其分布區域在亞洲以日本關東地方附近為南限, 往東由俄國的北極海近邊, 蔓延至北美洲的阿拉斯加北極海附近, 再環繞到美國奧勒崗州周邊, 幾乎占據整個環太平洋地區。在此簡單介紹日本北海道系白鮭的生活史 (圖 8)。一到春天, 從北海道孵化場放流到河川體長約 6

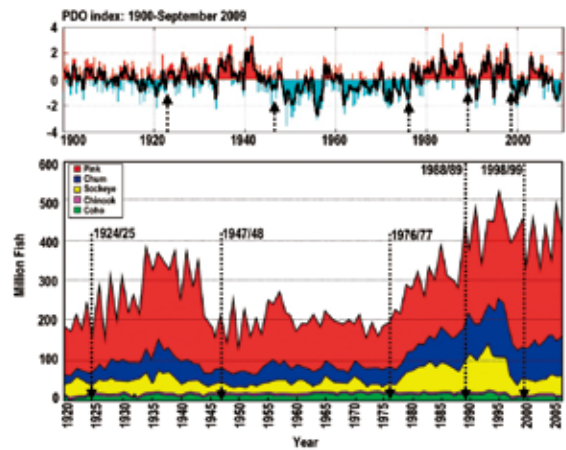


圖 7 北太平洋鮭魚的資源量呈現出 30~50 年週期起伏變動的現象。箭頭直線標示生態系統結構轉換年代。(徐德華繪)

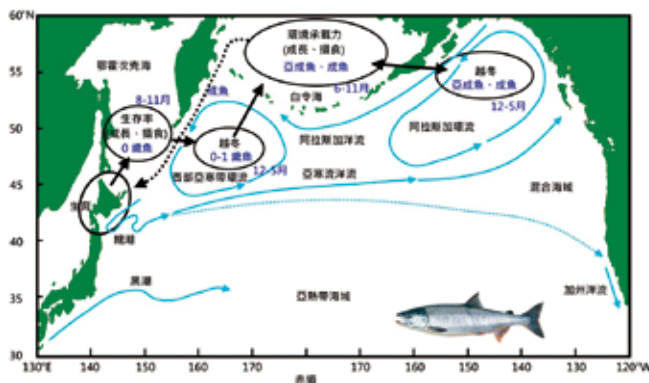


圖 8 日本北海道白鮭族群的生活史。*O. keta* (狗鮭、chum; シロサケ、狗鮭) 日本稱為白鮭, 在太平洋鮭屬魚類中地理分布最廣 (斜線), 海洋洄游距離和範圍最長且大 (下)。日本系族群 (黃線), 美國系族群 (紫線), 兩族群在阿留申群島相互重疊。(徐德華繪)



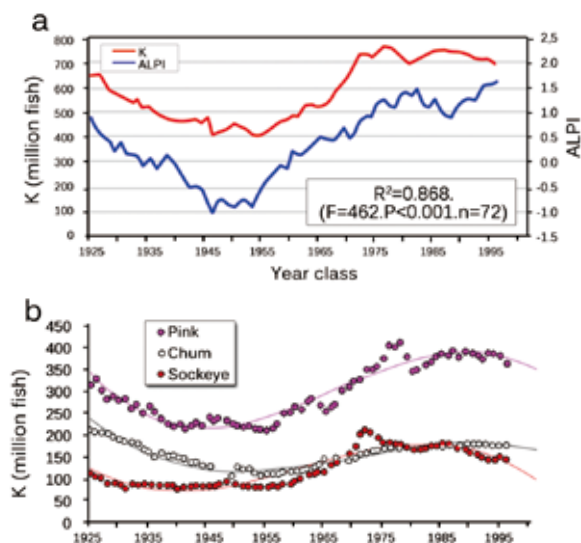


圖9 過去1925至1995七十年間，亞寒帶鮭科魚類(白鮭、粉紅鮭、紅鮭)的生物量(— carrying capacity; K、環境收容力、環境承載量)與阿留申低氣壓(……ALPI)同步變動，呈現30年到50年的周期現象。(徐德華繪)

公分的白鮭隨即降海，行外部攝食獲取養分。在日本沿岸生活2~3個月後內部骨骼成形，游泳能力增強，往北移動到鄂霍次克海，夏天到秋天(8月~10月)幼魚在鄂霍次克海索餌、成長、生活之後；往西在西部亞寒帶環流度過第一個冬天(越冬12月~次年5月)；次年春天再北上移動到白令海域攝餌，成長顯著；並向西至阿拉斯加灣度過第二個冬天(越冬)。最後，4歲的成魚沿著堪察加(Kamchatka)半島、千島群島(位於堪察加半島與北海道島之間，由56個島組成，分開西北太平洋和鄂霍次克海。全長1300公里)，再南下回歸母川產卵生育(……>線)，完成約1萬公里橫跨北太平洋的洄游旅程。每尾雌魚約產2500個卵，雄魚配對，排精受精後，雌雄皆鞠躬盡瘁。所以鄂霍次克海與白令海域是日本北海道系白鮭的重要索餌攝食、成長的地方，西部亞寒帶環流(gyre)與阿拉斯加灣環流，則是日本北海道系白鮭的重要越冬海域。

科學家結合分子生物、族群遺傳與生物地理學的知識，辨識白鮭族群、推論白鮭系群的起源、分

化與擴散，和探討白鮭系群的地理分化的研究。發現日本系白鮭遺傳多樣性大於俄羅斯亞洲地區與北美地區；日本、俄羅斯亞洲地區、北美3地區間白鮭遺傳的變異性存在明顯的遺傳分化。白鮭可能是以日本周邊為地理上的祖先起源地，經過俄羅斯亞洲地區，族群分布區域朝北美拓展，擴散。所以日本系白鮭的洄游路線與科學家推測的白鮭擴散模式(日本→俄羅斯亞洲地區→北美)相當一致。再則，現在環太平洋的海流在距今200萬年前的更新世就已經確立。所以，或許白鮭的始祖在日本周邊出現後，乘著海流，配合冰河進退，慢慢擴大其分布區域，同時形成現在科學家所發現的白鮭洄游路徑。

鮭魚的環境承載量與密度依存關係

一定體積的海洋裡，魚類能棲息居住的數量叫做該生態系的「環境收容力；環境承載量」(carrying capacity; K)，亦即在一定條件下某一生態體系所能承擔的生物數量及生物活動總量。但是只要供給大量溶氧與適當給餌，相同的體積可以飼養更多的生物量。日本科學家調查1925至1999，七十年間亞寒帶鮭科魚類(白鮭、粉紅鮭、紅鮭)的生物量(或環境承載量)與氣候的關係，發現生物量與氣候兩者同時起伏、變動、增減，呈現30年到50年的週期(圖9)。而且，此環境承載量(K)，與鮭魚成長場所的白令海的阿留申低氣壓指數(ALPI; Aleutian low pressure index)緊密相關。

日本研究者解釋此乃因：1)阿留申群島海域位於暖洋流(黑潮)和冷洋流(親潮)交錯要衝，每年一旦這兩種洋流在海島之間的海峽正面交會，因為地理範圍變窄，流速變快，在海底形成漩渦，漩渦會將海底的營養鹽全部帶到海面，誘導磷蝦之類的浮游生物聚集，再吸引其他生物，尤其各種掠食者集

結，形成食物網。2) 每當阿留申低氣壓發生時，引發東部白令海的暴風雨。此暴風雨激烈攪拌海水，形成湧升流將海底的營養鹽(氮及磷等)帶到海洋表層。此外，由於阿留申低氣壓是逆時鐘旋轉的渦流(圖10)，故同時也會帶來南方濕潤的暖水氣，所以海洋表層的海水溫度也會同時上昇，造成食物鏈底層的植物浮游生物不斷增殖，帶動捕食牠們的動物浮游生物也增加，生態系的生物生產力顯著提高，提高了容納鮭科魚類的環境承載量，結果就衍生成「風越吹，鮭魚越多」的情形。所以1990年代北太平

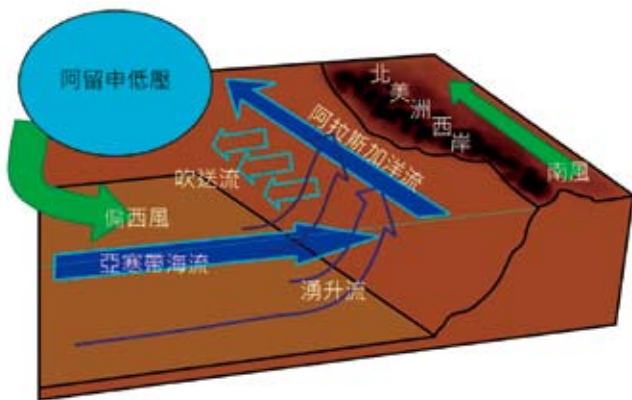
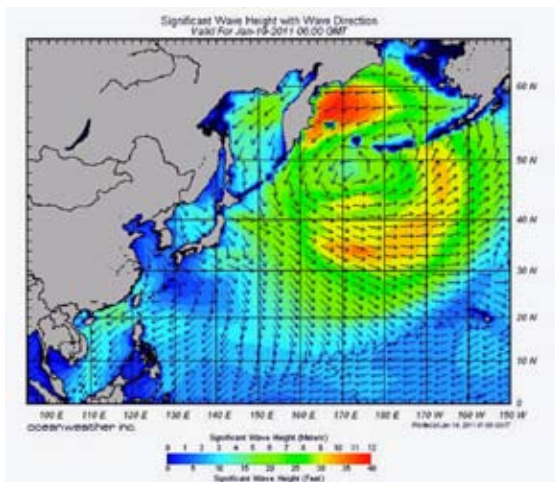


圖10 西太平洋海域的風場和浪高。顯示阿留申群島上方出現非常典型的逆時針旋轉風場(溫帶氣旋)。阿留申低壓指數(Aleutian low pressure index, ALPI):此一指數係計算北太平洋海域12月至3月間阿留申海域之海平面氣壓低於100.5kPa的海域面積，並與1950~1997年間的平均值進行離均差的運算，以作為相對低壓強度變動的指標。阿留申群島海域位於暖洋流(黑潮)和冷洋流(親潮)交錯要衝，一旦這兩種洋流在海島之間的海峽正面交會，因為地理範圍變窄，流速變快，在海底形成漩渦，漩渦會將海底的營養鹽全部帶到海面(湧升流)，誘導磷蝦之類的浮游生物聚集，再吸引其他生物，尤其各種掠食者集結，形成食物鏈。(徐德華繪)

洋鮭科魚類資源的大豐收，應該與阿留申群島海域地形與暴風雨形成漩渦，以致環境收容力(環境承載量)增加有關。

棲息於特定空間的生物總量叫「生物量」(biomass; abundance)。以鮭魚的情形而言，是指在一定地域的海洋漁獲量與河川溯上魚數的合計。「生物量」與「環境承載量」之差就叫「殘存環境承載量」(RCC; residual carrying capacity=(carrying capacity - abundance)/(carrying capacity) × 100)。換言之，「殘存環境承載量」是「環境承載量」的指標。日本科學家檢視「殘存環境承載量」與為產卵回歸母川的北海道白鮭之關係，發現「殘存環境承載量」越小，白鮭族群的體型就越小並呈現高齡化，此現象就叫做「密度依存效果」(population density-dependent effect):亦即當個體數增加，個體間的競爭更加激烈，而個體成長速度就低下。日本研究者觀察1980年以後，白鮭的日本族群雖然顯著增加，但是回歸母川的成魚體型卻小型化且高齡化。

北海道白鮭的「殘存環境承載量」與回歸母川的成魚尾叉長(FL; fork length)，呈現顯著的正相關(圖11a);「殘存環境承載量」卻與回歸母川的成魚平均

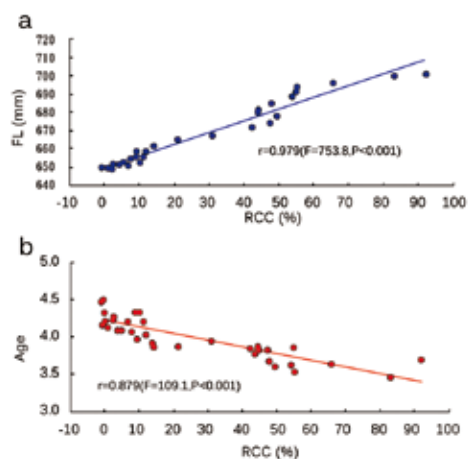


圖11 北海道白鮭的RCC(殘存環境承載量)與回歸母川的成魚體型(FL; Fork length)，呈現正相關(a);而與回歸母川的成魚平均成熟年齡(Age)呈現顯著的負相關(b)。(徐德華繪)

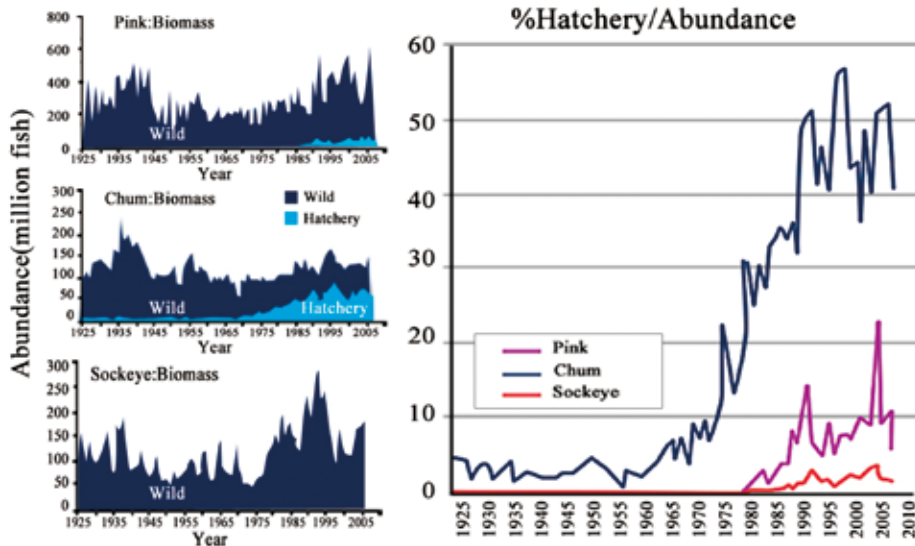


圖12 北太平洋鮭魚的歷年(1925~2005年)產量中粉紅鮭(pink)、白鮭(chum)與紅鮭(sockeye)歷年漁獲量(左圖)及漁獲量中來自孵化場所佔的比例(%,右圖)

成熟年齡呈現顯著的負相關(圖11b)。也即是個體成長速度,因「密度依存效果」而減慢。所以說棲息於白令海的鮭科魚類之環境承載量受氣候變遷的影響,環境承載量與生物量之間又有「密度依存效果」。大量放流體型較野生鮭魚大的孵化場養殖鮭魚至海洋,養殖鮭魚將會與小體型的野生鮭魚產生競爭關係,發生「密度依存效果」,最後孵化場的大型魚取代了小型的野生鮭魚。

野生鮭魚與孵化場鮭魚的互動

只比較北太平洋鮭魚產量中白鮭(chum salmon)與紅鮭(sockeye)之1925~2005年的漁獲量,科學家發現兩物種的漁獲變動一致(圖12)。1980年~1990年代漁獲量是1930年代的2倍,也即生物量增加兩倍。由於1980~1990年代並沒放流紅鮭,紅鮭增加的生物量應該都是野生鮭魚族群;相反的白鮭增加的生物量,參雜著野生鮭魚和孵化場放流的人工孵化族群(圖12)。而且1995年孵化場放流的人工孵化白鮭族群占有率將近50%,隨著孵化場放流比例的上升,人工孵化族群占有率有增加的趨勢,野生白鮭鮭魚族群則逐漸減少(圖12)。為何白鮭族群結構會改

變?此現象又意味什麼意義?目前有兩個假說解釋此現象。

第一、白鮭的環境承載量非常高,但俄羅斯遠東地區由於野生魚遭過度濫捕與盜獵造成資源崩潰,野生魚無法順利進行再生產,因此白令海域有多餘的環境承載量,故放流的孵化場魚隻能進入那裡填補此空間(生態利基說—niche說)。

第二、人工放流的孵化場魚,體型較野生鮭魚大,在沿岸海域與小體型的野生鮭魚產生競爭,孵化場的大型魚占優勢,取代了小型的野生魚(圖13)。美國阿拉斯加威廉王子灣(Prince William Sound)的粉紅鮭(*O. gorbuscha*、pink、カラフトマス、樺太鮭)有發生過這樣的事例(置換說)。(威廉王子灣水產養殖公司是世界上最大的鮭魚孵化場經營者。)

雖然現在還不知道哪種假說正確,但日本科學家傾向生態利基說。美加的科學家則傾向置換說。總之,人工繁殖鮭魚會透過密度依存效應波及野生鮭魚,也對生態環境造成重大的衝擊與影響。

2010年加拿大英屬哥倫比亞省河系湧入3.4千萬尾紅鮭,數量是2009年的17倍(2百萬)。根據2010年一篇研究北太平洋孵化場和野生鮭魚豐度的強度

與趨勢綜論之報導，北太平洋正邁向成為「鮭魚魚滿為患」的窘境。目前在太平洋的太平洋鮭魚數量是50年前的兩倍，而且超過五分之一的魚源自於孵化場。科學家發現北太平洋可能已經接近了鮭魚承載能力的極限，而且，由於越來越多由孵化場所生產鮭魚的大量湧入，迫使太平洋野生鮭魚很難找到足夠的食物賴以生存，而飽受威脅。北太平洋日本、美國、加拿大與俄國在1970年合計共放流5億尾人工孵化的稚鮭到太平洋，到2008年，這一數字更飆升至50億尾。事實上，科學家發現當下北太平洋來自日本孵化場的白鮭數量比野生白鮭還多。孵化場繁殖的鮭魚與野生鮭魚競爭，並妨礙野生鮭魚族群之恢復，甚至造成野生鮭魚族群之滅絕。美國阿拉斯加鮭魚孵化場放流的鮭魚越多，洄歸至加拿大Fraser河的野生鮭魚卻逐年減少(圖14)。美國華盛頓大學Hilborn教授說的好：「原本北太平洋近來環境良好，自然會生產免費的大量健康鮭魚；孵化場弄巧成拙，發冤枉大錢生產鮭魚。」

所以我們可以歸納出以下三個結論。近年來北太平洋白鮭數量增加乃因1)環境承載量增加，2)隨著放流孵化場魚量之大幅增加，野生鮭魚有減少傾向；3)從增加的孵化場魚身上發現密度依存效果，顯示其

影響會波及野生鮭魚的可能性很高。此外，孵化場生產的鮭魚，其親代個體的基因庫有限、偏移、飄變(genetic drift)，並不像野生鮭魚的基因適合作為支持物種的長期生存，一旦與野生鮭魚交配，不是產生近交衰退(inbreeding depression)就是有遠交衰退(outbreeding depression)之憂慮。科學家也擔心孵化場魚會將孵化場魚的疾病與寄生蟲傳染給自然界的野生鮭魚族群，所以大量放流養殖人工種苗後患無窮。在有限的環境承載量，個體間會發生競爭作用。以物種及族群層次進行水產資源管理是效果有限，顯然以海洋生態系為基礎的持續資源保護管理才可行。

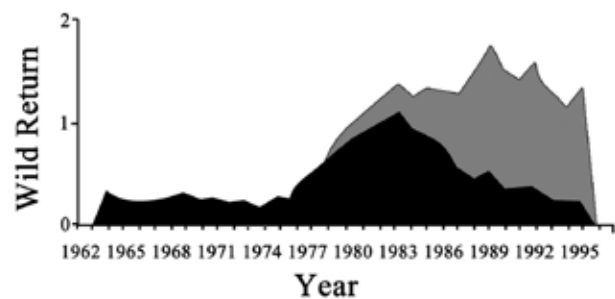
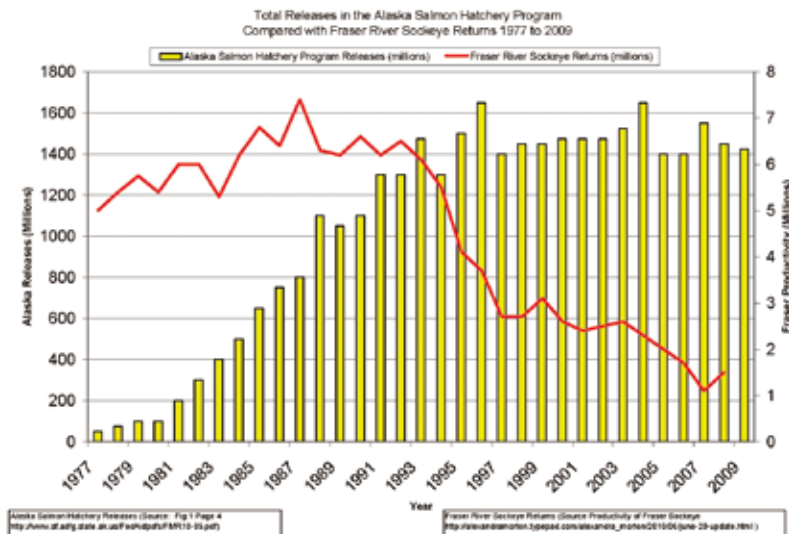


圖13 檢視洄游回美國阿拉斯加威廉王子灣的鮭魚，發現孵化場的大型鮭魚(灰色)取代了小型的野生鮭魚(黑色)。(周孟函繪)

圖14 美國阿拉斯加鮭魚孵化場放流的鮭魚(黃色直條筒狀)影響，洄歸至加拿大Fraser河的野生鮭魚(紅色折線)數量



地球暖化，對北太平洋鮭魚的影響

IPCC (跨國氣候變遷小組) 証實因為人類活動會造成地球暖化。由於鄂霍次克海與白令海域是日本北海道系白鮭的重要索餌攝食與成長地方，而西部亞寒帶環流與阿拉斯加灣是日本北海道系白鮭的重要越冬海域。地球如果繼續暖化會影響白鮭的族群量與存活，日本科學家依據SRES-A1B數據，預測氣溫上升的模型和50年後及100年後北太平洋白鮭的分布狀態(圖 15)。在2050年北太平洋7月海水表面溫將比2005年上升1~4°C，2095年將比2005年增加3~8°C，靠近陸域的水域尤其顯著。所以日本科學家推測：1) 白鮭的分布區域將向北移動，北太平洋東部(阿拉斯加灣)的生息區域將顯著縮小。夏天時，白鮭可能可以在北極海的部分區域生息。2) 但到2050年，北海道白鮭將失去洄游鄂霍次克海的路線，到2095年，白鮭生存會變得困難。3) 到2050年，白令海的白鮭之環境承載量將大幅減少，但密度依存效果增加。到了2095年，由於水溫太高，白鮭恐將無法棲息在白令海域。亦即，在約90年後的日本北海道河川，將很可能再也看不到白鮭溯河之蹤跡。為了因應地球暖化的威脅，吾人應該復育對環境適應力強的野生鮭魚。

可持續性的水產資源管理

上面列出北太平洋鮭魚歷年數量的變動，鮭魚與海洋環境的交互作用，氣候週期如何影響日本的白鮭產量等研究結果。其中也探討人為大量放流人工繁殖鮭魚會透過密度依存效應波及野生鮭魚，也對生態環境造成影響。了解這些因子的互動或許可開發解決問題的管理配套方案。

日本水產科學家建議推廣基於生態觀點的可持續及預警原則之滾動式(適應性)的資源管理(adaptive management approaches and application of the precautionary principle)，以保育鮭魚(圖16)。以往水產資源管理都以預測(forecast)的方法，此方法是以「地球無限」為前提，延長及擴大現狀。而回推(back-cast)法則採取「地球有限」為前提，以「從將來看現在」及「從長期展望，邊檢証方向，邊改變社會」的方式，決定何時要做何事的政策。採用回推法政策才能落實風險管理—預警原則與適應性的管理。所謂預警原則，即是「人類活動可能導致道德上不可接受的危害，是科學上可能的，但不確定，我們應採取行動避免或減少危害的發生」。何謂滾動式的管理，例如管理高度不確定的生態系時，針對某尚未實證的事情，吾人基於某個前提來訂定管理計劃，

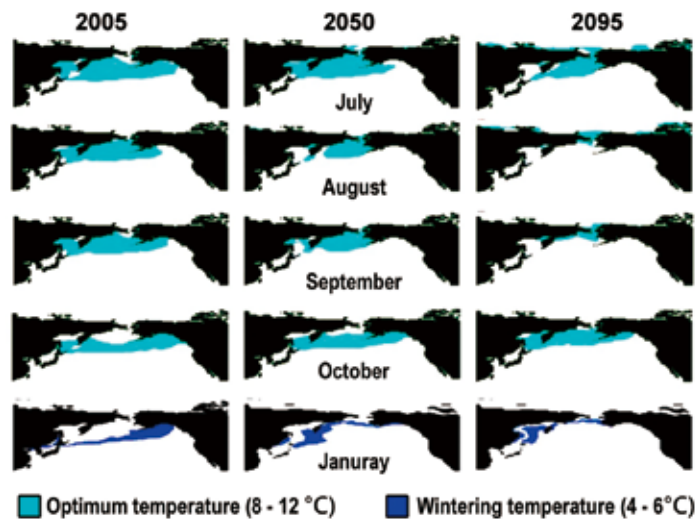


圖15 日本科學家根據IPCC(跨國氣候變遷小組)與SRES-A1B數據，預測2050年及2095年時，白鮭在北太平洋海洋分布之演變。淺藍色表示最適合白鮭棲息的水溫範圍(8~12°C)。(徐德華繪)



圖16 水產科學家建議改變目前以人工放流補充消失的漁業資源管理之傳統窠臼，重新思考以奠基於生態觀點的可持續兼適應性的資源管理方式經營北太平洋鮭魚資源。(郭金泉繪)

吾人得經常監控統計計劃的實施，依實際狀況變化來改變因應對策(滾動式或適應性)，不時運用監控與實施回饋機構，來檢証前提是否妥當。以科學方法實行該預警原則就是「滾動式的管理」。具體行動計劃包括：(1)分離野生和人工繁殖鮭魚的族群，以保護野生種及其遺傳多樣性(2)在河川建立適當的管理區(即休閒釣魚區和商業用途的鮭魚孵化區)，(3)修改河川孵化場設施的位置 — 引導由孵化場逃逸的鮭魚侷限於孵化場操作之河流，而非直接逃入海域，(4)定期監測鮭魚的大小尺寸，年齡組成，繁殖指數(產卵量和卵大小)，鮭魚群體動態。復育對環境適應力強的野生鮭魚因應地球暖化的威脅，恢復飽受破壞蹂躪的河川與沿岸生態系。此外人類必須體認環境承載量(太平洋鮭魚承載能力)在北太平洋有其限制與波動性。未來這些相互作用可能會變得更加激烈，只要未來捕撈野生海鮮的需求繼續不斷增加，而鮭魚在海洋之棲地卻將有可能減少。

過去甚至目前的水產資源管理，都是以假設棲地環境不變為前提，以單一物種或族群為基礎，以達到再生產關係(魚類資源量與加入量(子代量)的關係曲線，又稱為「再生產曲線」)的最大持續生產量(MSY; maximum sustainable yield)為目標。也就是說在

海洋生態環境維持穩定條件下，魚群可以年復一年提供人類使用的漁獲量的最大限度。目的都是由現有的資料推算某種魚群最大持續生產量的所在。但是實際上海洋生態系既不安定又多變，魚群的環境承載量會隨著氣候變遷而變動，在有限的環境承載量下透過密度依存效應又會牽動物種間的消長與互動。所以MSY的基本條件(如穩定環境、不同魚群彼此間不受影響)在自然界中並不存在，管理水產資源不能只著眼于單一物種與族群層次。

最後，也許是最重要的，範例必須轉變。我們需要把重點放在教育和培養下新一代的漁業科學家，從傳統漁業科學一味滿足漁業產業量的需求，轉變成一個基於生態原則，強調水生生態系統的保護和可持續性，提供海鮮給下一個世代的水產資源管理，一個新的漁業科學的水產資源管理觀念。例如吾人應該重新審視像鮭魚這種身邊的傳統食材，日本愛奴人不只是把鮭魚當食物，甚至連皮到骨頭都善用的淋漓盡致，還把牠們當神魚崇拜。從傳統的食文化中省思學習，思考自己該如何吃與吃什麼，以及其與環境及生態系有何關連，摒棄崇拜美食浪費食物的習慣，這才是今後思考如何管理水產資源的重點。雖然這些問題是複雜的，且具挑戰性。

未來地球暖化一旦加劇，會導致白鮭棲地銳減；氣候變遷更會縮減北太平洋對鮭魚的環境承載量。日本水產科學家建議改變目前以人工放流補充消失的漁業資源管理之傳統窠臼，重新思考以奠基於生態觀點的可持續兼滾動式的資源管理方式經營北太平洋鮭魚資源。 ■

參考文獻

1. Kaeriyama, M., Seo, H., Kudo, H. & Nagata, M. 2012. Perspectives on wild and hatchery salmon interactions at sea, potential climate effects on Japanese chum salmon, and the need for sustainable salmon fishery management reform in Japan. *Environmental Biology of Fishes* 94(1):165-177.
2. 梶山雅秀 2009。サケ類 は海からの贈りもの。サケ學入門第35~55頁。阿部周一編著。北海道大學出版社。日本、札幌。