

探討日本鮑魚 漁獲量減少的原因

Search for The Causes of Japanese Abalone

Resource Decreasing

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

日本從1970年代後半開始，由於鮑魚種苗量產成功，全國就此展開種苗放流事業。現在日本平均一年放流將近3千萬個殼長2-4公分的稚貝。但是即使增加稚貝的放流量，鮑魚漁獲量(資源量)至今卻仍未增加。日本科學家以棲息於日本東北岩手縣寒帶海域的寒流系皺紋盤鮑，與棲息於神奈川縣相模灣溫帶海域之暖流系的九孔為樣本，進行數十年的田野調查，試著探討資源量變動與放流不彰的原因。結果發現種苗放流之有效與否和環境承載量息息相關，日本鮑魚資源量不增加的主要原因是，天然稚貝自然發生量的減少與持續低迷，光靠種苗的人工放流是很難達成恢復原來資源量的目的。只要還不能增加天然稚貝的自然發生量，期待鮑魚資源量的增加是緣木求魚。如何增加天然稚貝自然發生量，現在是日本科學家企待解開的謎團。

自古日本、韓國與中國，就把鮑魚當作珍貴的海產品。據說中國秦始皇把鮑魚奉為長壽的仙藥；日本人將之作為祭典的供物與貴重的贈品，象徵武

運長久、無病息災。甚至是日本江戶時代金銀的替代品，更是日本對外貿易與進貢中國「倭物三品(參、鮑、翅)」的貢物。為何鮑魚如此昂貴？因為高價的大型鮑魚隱身於海洋之低潮線以下的岩礁陰暗處，行晝伏夜出的匍匐附著性生活。採集原就不易，而且海象、潮流、天候、氣象、海水可視度等因素，也限制了適宜採捕的天數。更何況鮑魚僅棲息於有海藻生長的有限海底岩礁區，也不是會突然爆發性增生的生物，族群數目與密度原本就低；只要過度獵捕，數量馬上就會銳減，甚至瀕臨滅種。加上鮑魚成長緩慢，生長至可上市之大小約需4到5年，所以即使目前擁有較以往更先進的潛水技術，但因為鮑魚數量已減少，依然是無法大量捕獲，奇貨可居。

日本主要的經濟鮑魚種類

鮑魚屬於軟體動物門(Mollusca)，腹足綱(Gastropoda)，古腹足目(Archaeogastropoda)，鮑螺科(Haliotidae)的卷貝。日本仍多把鮑螺科底下的物種全部歸類為*Haliotis*屬(圖1)。日本主要漁獲的對象有4個物種和2個亞種：黑鮑或盤鮑(*Haliotis discus discus* クロアワビ)、大鮑(*H. gigantea* メガイアワビ)、日本大鮑(*H. madaka* マダカアワビ)、蝦夷鮑或皺紋盤鮑(*H. discus hannai* エゾアワビ)、平紋九孔鮑(*H. diversicolor diversicolor* トコブシ)、粗紋九孔鮑(*H. diversicolor aquatilis* フクトコブシ)。皺紋

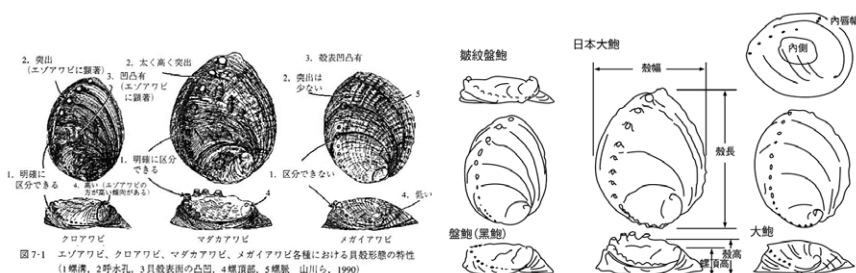


圖1 四種棲息於日本作為漁獲對象的大型鮑魚(盤鮑*Haliotis discus discus* クロアワビ、皺紋盤鮑*H. discus hannai* エゾアワビ、大鮑*H. gigantea* メガイアワビ、日本大鮑*H. madaka* マダカアワビ)，可大概以外型螺溝突起的程度、貝殼表面凹凸、厚薄等特徵區分。(資料來源：網路、林子婷繪)



圖2 日本經濟型鮑魚只有皺紋盤鮑(エゾアワビ)棲息在寒帶海域(紅色)，其他3種都生活在溫帶海域(綠色)。(資料來源：河村 知彦)

盤鮑(蝦夷鮑)被歸類為從黑(盤)鮑分化出來的北方型變種;而且只有皺紋盤鮑生活在寒帶海域屬寒流系,其他全部生活在暖流系的溫帶海域(圖2)。

在1980年代,日本全國4種大型鮑魚的總漁獲量明顯減少,但3種暖流系(溫帶海域)的鮑魚類漁獲量則未見減少;1985年左右,溫帶海域的暖流系鮑魚也開始急遽遞減。1990年開始,寒流系皺紋盤鮑(*H. discus hannai*、エゾアワビ)的漁獲量停止下滑,1996年甚至轉為上揚,但仍未達盛期的1/3。相較之下,溫帶海域暖流系的鮑魚漁獲量卻是到目前為止,仍未有恢復的跡象(圖3)。

鮑魚消化道保有幫助消化植物的細菌,稚貝時啃食微細藻類(矽藻),成長後攝食昆布等著生於潮間帶及亞潮帶的岩礁上之大型藻,終其一生多以植物維生;又僅棲息於海藻繁生的礁岩海域,有歸巢性,活動範圍有限,成熟後每年排精產卵數年,多產又長壽,堪稱是海洋的牛群,極適合放牧,是營造海洋牧場的理想海洋生物。日本從1970年代後半開始,由於鮑魚種苗量產成功,1980年代全國就此展開種苗放流事業迄今40年(圖4)。1990年調查全國陸上鮑魚養殖設施,全國除了不靠海的地方總共有34個公營放流單位(圖4)。目前在日本,鮑魚仍是以放流為主,現在日本平均一年,放流將近3千萬粒人工繁殖、養殖培育1年,殼長2-4公分的稚貝(圖5下),其中以皺紋盤鮑最大宗(61%)、黑鮑(29%)次之、大鮑(10%)居三、日本大鮑(<1%)殿後(圖5上)。各大海區的種苗放流量,太平洋北區占44%、太平洋中區占16%、東海區(14%)。但是增加種苗放流量,漁獲量卻沒增加(紅實線)(圖5下)。日本研究者認為若未進行種苗放流,則漁獲量可能會更萎縮。日本神奈川地方市場捕獲的大型鮑魚(●),超過90%的漁獲量是人工放流的(條狀圖)(圖6)。人工養殖一段時間後再放流的鮑魚,其貝殼基部的顏色(藻綠色)與野生鮑魚不同,很容易區別。放流種苗也可上物理標記打上編號辨識,利於評估放流效果。(資料來源:河村 知彥、林子婷繪)

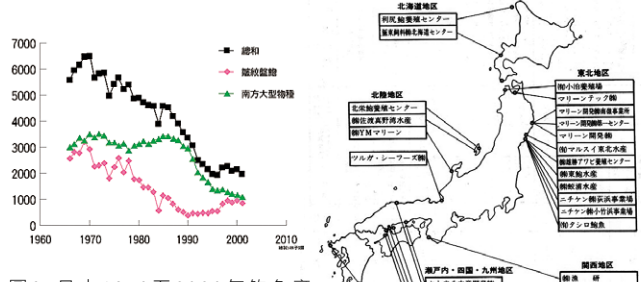


圖3 日本1970至2000年鮑魚產量。在1980年代,日本全國4種大型鮑魚的總漁獲產量明顯減少(上方黑色);三種暖流系(溫帶海域)的鮑魚類漁獲量(綠色)則未見減少,1985年左右,溫帶海域的暖流系鮑魚也開始急遽遞減。1990年開始,皺紋盤鮑(*H. discus hannai*、エゾアワビ)的漁獲量停止下滑,1996年甚至轉為上揚,但還是未達盛期的1/3。相較之下,溫帶海域暖流系的鮑魚漁獲量卻是到目前為止仍未有恢復的跡象。(資料來源:河村 知彥、林子婷繪)



圖4-2 全國アワビ陸上養殖施設位置圖(平成2年5月現在)
(『食の科学』1990年7月号)



圖4 日本1990年調查全國陸上鮑魚養殖設施。目前在日本,鮑魚仍是以放流種苗為主,全國有34個公營放流單位。(資料來源:河村 知彥)

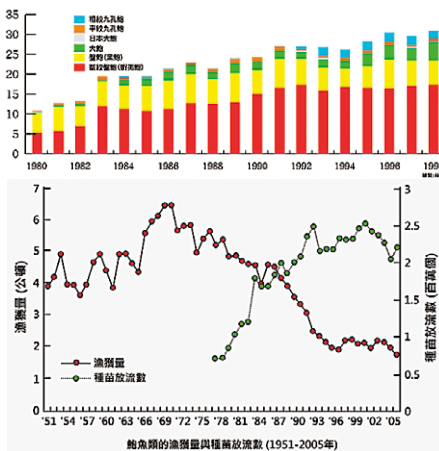
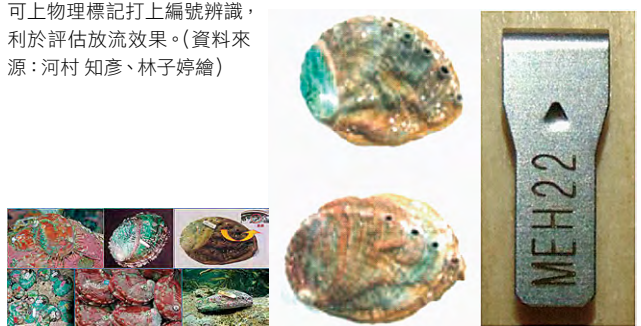
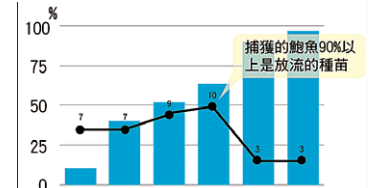


圖5 日本平均一年放流將近3千萬個殼長2-4公分的稚貝(綠點線),其中以皺紋盤鮑最多。但是增加放流量,漁獲量卻沒增加(紅實線)。(資料來源:河村 知彥、徐德華、林子婷繪)

圖6 日本神奈川地方市場捕獲的鮑魚(●),超過90%的漁獲量是人工放流的(條狀圖)。人工養殖一段時間後再放流的鮑魚,其貝殼基部的顏色(藻綠色)與野生鮑魚不同,很容易區別。放流種苗也可上物理標記打上編號辨識,利於評估放流效果。(資料來源:河村 知彥、林子婷繪)



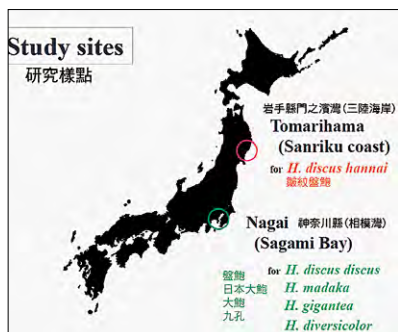


圖7 日本科學家以(一)棲息於日本東北岩手縣寒帶海域的寒流系皺紋盤鮑(エゾアワビ)，與(二)棲息於東京附近神奈川縣相模灣生活在溫帶海域屬暖流系的九孔為樣本。(資料來源：河村知彥)

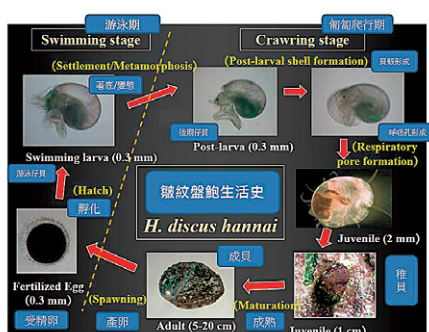


圖8 日本皺紋盤鮑生活史。(資料來源：河村知彥)

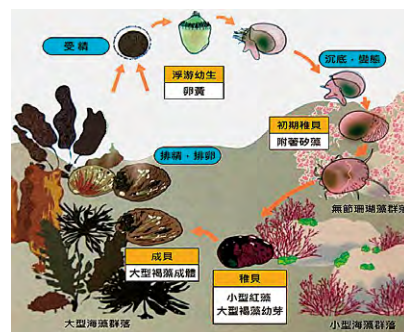


圖9 日本皺紋盤鮑生活過程棲地的轉換。(資料來源：徐德華繪)

(例如MEH22)的物理標記(金屬片)以資辨識，利於評估放流之效果(圖6)。

日本科學家以(一)棲息於日本東北岩手縣，寒帶海域的寒流系皺紋盤鮑(エゾアワビ)，與(二)棲息於東京附近神奈川縣相模灣，生活於溫帶海域屬暖流系的九孔為樣本(圖7)，進行數十年的田野調查，試著探討日本鮑魚資源量變動與放流不彰的原因。

(一)寒流系鮑魚—東北岩手縣海域的皺紋盤鮑

大多數日本皺紋盤鮑種貝從8月下旬開始產卵，產卵期至10月上旬。體外受精發生後之浮游幼生經4-6日的浮游期，著底變態為稚貝(圖8)。浮游幼生並非逢機隨處著底，卻是只著底於岩礁海域常見的無節紅珊瑚藻(red coralline algae)，並棲息於此數個月，直到冬季1-2月時殼長約10公厘(mm)左右(圖9)，再改變食性轉移棲地。鮑魚有夜出晝回的歸巢性、活動範圍有限屬定棲性動物。日本科學家發現稚貝的資源量每年變動，豐度和冬天的水溫息息相關，單位面積的棲息密度時而穩定，時而極端稀疏。

A)冬季水溫與皺紋盤鮑死亡率的關係

日本科學家從1983年開始，每年10月於日本本州東北岩手縣田老，進行皺紋盤鮑稚貝的分布密度調查。1-2月的平均水溫約低於8°C的當年，稚貝的分布密度有明顯的減少；可見冬季的低水溫確實影響稚貝的天然發生量(圖10)。1996年以後在日本岩手縣門之濱灣(Kadonohama Bay)，也在入秋後持續對

0歲貝的密度進行調查，調查結果也顯示當平均水溫低於6°C的1998年和2001年的2月，前一年出生的稚貝存活率也是大幅度降低。由此可見，低水溫的確影響皺紋盤鮑稚貝的生存率。1990年代以後，冬季水溫比往年相對高的年度變多，皺紋盤鮑稚貝的耗損率也降低，因此造成皺紋盤鮑天然稚貝的發生量增加。

可是冬季水溫即使相對提高，隔年的皺紋盤鮑稚貝發生量卻不一定會變多。近年來皺紋盤鮑棲地環境冬季水溫普遍上升，但皺紋盤鮑天然稚貝的發生量明顯提升的區域卻有限。在田老1-2月平均水溫高於8°C時，比較皺紋盤鮑稚貝密度和一年前的皺紋盤鮑種貝密度，結果顯示兩者之間呈現正相關。也就是說，只要冬季水溫較高，皺紋盤鮑稚貝的新增加添入量和前一年種貝的棲息生活密度相依存，目前皺紋盤鮑天然稚貝發生量沒增加的地區，可能是因為皺紋盤鮑種貝的密度太低所致。

總之，日本1990年代開始，冬季的水溫有所上升，比往年溫暖，寒流系皺紋盤鮑稚貝的耗損率明顯減少，同時也是皺紋盤鮑的天然稚貝發生量開始增加的主因。但低水溫影響的主要對象，是幾個月後殼長3-7公厘左右的皺紋盤鮑稚貝，當年的新增加資源量仍受到先前的初期稚貝發生密度或耗損程度而有所增減。在皺紋盤鮑的生活區域中，增加種貝數目(提高種貝密度)，可以提高初期稚貝的發生量

和存活率，維持這些高種貝密度地區，也同時可以增加天然稚貝的發生量。

B) 皺紋盤鮑(エゾアワビ)的天然稚貝發生量(資源變動)與氣候變遷

日本研究者發現皺紋盤鮑稚貝死亡率極度高的2001年和2006年的2月，當年親潮都極端靠近海岸。亦即日本東北地區太平洋沿岸皺紋盤鮑稚貝的天然發生量與氣候變遷相呼應；過去100年每當阿留申低氣壓(ALPI: Aleutian Low Pressure Index, 北太平洋阿留申群島冬季低氣壓強度的指數)盛行之年，亦即氣壓越低，北方越冷，日本皺紋盤鮑的產量就越少(圖11)。也就是說：殼長不到30公厘的皺紋盤鮑稚貝密度和冬季水溫有相關。氣候變遷直接影響海流和海水溫度，生存於海洋的鮑魚數量自然與氣候變遷互動密切。

聖嬰現象會造成南美大陸西岸赤道附近(秘魯)中太平洋及東太平洋赤道附近的表面海水異常暖化(圖12)。亦即當聖嬰事件發生時，秘魯附近的暖海水向東偏移、赤道地區的信風(東風)減弱，隨著暖海溫的東移，熱帶地區主要降雨的位置也會跟著往東移。日本會發生梅雨季拉長，夏天不熱、冬天暖和的異常現象。聖嬰現象發生的週期一般是2-7年，發生後將持續一年半載。日本皺紋盤鮑的資源量似乎也受大洋規模氣候變動的影響，發生某種生態系統轉換，造成水產物種交替(改變)的律動變化現象(regime shift)。

(二) 暖流系鮑魚—

溫帶海域的鮑魚與神奈川縣相模灣的九孔鮑

日本南方暖流系3種大型鮑魚黑(盤)鮑(*Haliotis discus discus* クロアワビ)、大鮑(*H. gigantea* メガイアワビ)、日本大鮑(*H. madaka* マダカアワビ)目前天然稚貝的發生量仍處於低迷狀態(圖3綠色線)，這並不是因為冬季低水溫所造成(圖13)。在神奈川縣相模灣，捕獲之暖流系鮑魚，9成的大型鮑魚是放流的成鮑；相反的小型種鮑魚—九孔(トコブシ)漁獲幾乎都是野生。由此可見暖流系3種大型鮑魚天然稚貝的

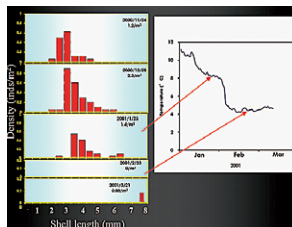
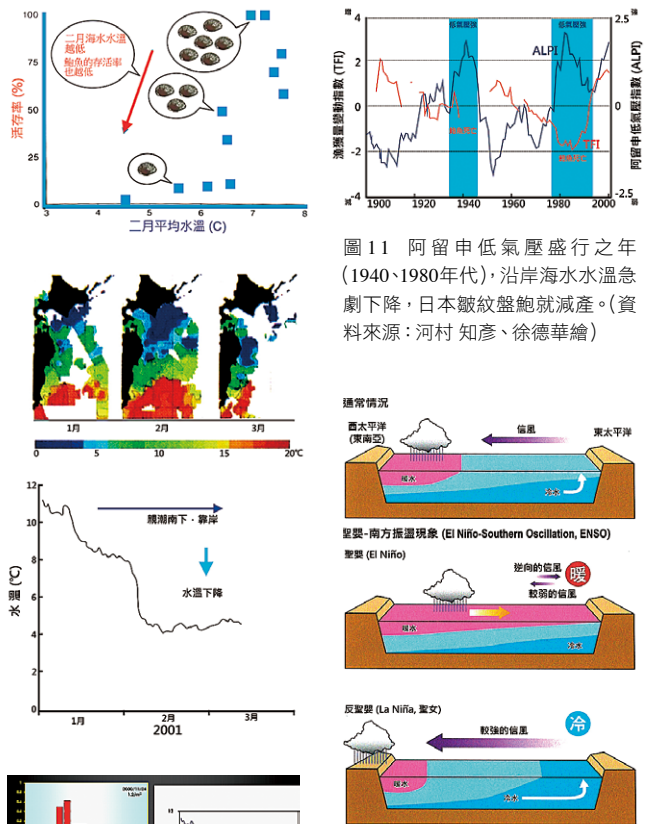


圖10 日本岩手縣門之濱灣，稚貝單位密度的存活率與冬天(2月)海水水溫息息相關。每當2月北方親潮寒流長驅直入日本三陸沿岸時，海水水溫急劇下降，當2月平均水溫低於6°C時，稚貝單位密度與生存率的存活率極差。(資料來源：徐德華繪)

圖12 聖嬰現象會造成南美大陸西岸赤道附近(秘魯)中太平洋及東太平洋赤道附近的表面海水異常暖化。亦即當聖嬰事件發生時，秘魯附近的暖海水向東偏移、赤道地區的信風(東風)減弱，隨著暖海溫的東移，熱帶地區主要降雨的位置也會跟著往東移。(資料來源：徐德華繪)

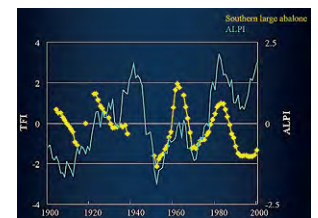


圖13 若阿留申低氣壓強，親潮(寒流)流量大，南下趨勢越強，則沿岸冬季水溫下降，皺紋盤鮑入添量減少，鮑魚生產量下降；但南方暖流系鮑魚量反而增加。顯現典型的物種改變的律動現象。(資料來源：徐德華繪)

發生量極少；然而棲息在同海域的九孔卻每年持續生產，仍然維持一定的天然稚貝發生量。所以天然稚貝發生量之低迷，也和鮑魚幼生的著底環境或稚貝的生活環境惡化無關。為何九孔的天然稚貝發生量仍有一

定程度，這是因為相較於暖流系的大型種鮑魚，在日本大型種鮑魚價格昂貴，但九孔價錢不高，較少被人為捕食，因此野生九孔種貝的密度較暖流系的大型種鮑魚高，再加上九孔具有和大型種鮑魚截然不同的繁殖策略和初期生態所致，例如：九孔和盤鮑精子的型態與構造明顯不同；受精九孔卵所需的精子數目比皺紋盤鮑少；成功受精所需精卵接觸的時間，九孔比皺紋盤鮑短；九孔雌雄種貝相隔距離即使比皺紋盤鮑相距較遠，仍可以成功受精。每年造訪神奈川縣海域的颱風，也會誘發九孔的雌雄種貝同步、廣範圍、同時排精產卵，提高受精率。

關於暖流系大型鮑魚類的繁殖生態和初期生態的知識，目前所知不多，尤其是調查浮游幼生或初期稚貝的密度的研究案例很少；目前也不清楚天然稚貝發生量的低落是受到哪個階段所限制(限制因子)。也幾乎都沒有各個成長階段的棲所或食性、競爭物種、或捕食者類的研究。為了促進資源量的增加，了解暖流系大型鮑魚資源量低迷的原因，必須要先弄清楚暖流系大型鮑魚繁殖生物學與初期生態相關的各類資訊。同時也要比較是何種原因，造成皺紋盤鮑和九孔採取不同的繁殖策略與初期生存戰略，以及對以上各項因子是如何產生後續影響，方能有效竟其功。

因應環境變動管理鮑魚資源的策略

環境變動深刻影響水產資源的入添量(recruitment)。一般水產生物在浮游幼生期的死亡率高，主要由非生物因子(水溫、鹽度、海流等)決定存活率；進入仔稚期後，存活率則主要受生物因子(掠食者、餌料、競合物種等)控制。所以以種苗放流增加資源量，必須審視非生物與生物因子的環境條件，是一種巧妙利用生物承載量(環境容忍力)的資源管理方法。若是餌料環境惡化、不足，環境承載量縮減，大規模放流仔稚期以後的種苗，反而會和自然界的鮑魚個體發生競合，亦即在有限的承載量

下，放流反而將置換野生自然資源。放流種苗之回收率和放流密度呈負相關，即放流海域之環境承載量有限，所以環境變動會影響鮑魚入添量及海中藻類林，亦即波及鮑魚承載量。

日本鮑魚漁獲量深受海流引起海況變動之影響。謹將上述氣候變遷、驅動海流，進而對(一)寒流系皺紋盤鮑與(二)暖流系鮑魚影響整理如下表：

種類	情境	海流	水溫		入添量	昆布海中藻類林
寒流皺紋盤鮑	1	阿留申低氣壓強	↑強	↓低	—減	↑擴大
	2	親潮南下	↓弱	↑高	+增	↓縮小
暖流系鮑魚	3	阿留申低氣壓弱 黑潮靠近海岸、 對馬海流強度	↑	↑	—	↓
	4		↓	↓	+	↑

阿留申低氣壓指數(ALPI; Aleutian Low Pressure Index)越強和寒流系鮑魚產量呈明顯負相關關係；卻和暖流系鮑魚產量呈正相關。例如1980年代：若冬季阿留申低氣壓指數(ALPI)強、親潮(寒流)流量大，南下趨勢越猛，則沿岸冬季水溫下降，皺紋盤鮑入添量減少，鮑魚生產量下降；而北上黑潮流路主軸改變，被推擠離岸蛇行至本州外海(本州沖，off Honshu；圖14：黑潮從日本東海偏向往南，直至北緯32度以南，之後折返至關東沿岸附近，被稱為「大蛇行」)，磯燒現象減少，海藻林面積增加，暖流系鮑魚生產量反而上升(圖13)。反之，例如1990年代，阿留申低氣壓指數(ALPI)減弱，對馬海流(暖流)越強勁，黑潮暖流不蛇行而越近海岸，海水水溫提高，磯燒現象與面積擴大，讓海藻林面積縮減，暖流系的鮑魚入添量減少；但寒流系皺紋盤鮑入添量反而增加，鮑魚生產量上揚。所以，寒暖流對鮑魚入添量和海藻林的影響恰好相反(情境1 vs 情境3)，日本鮑魚資源量與種類組成，一如太平洋鮭魚也和氣候變遷互動，發生寒流系與暖流系鮑魚物種的交替(改變)之律動變化現象(regime shift)(圖15)，同時也顯示暖流系鮑魚對環境變動的敏感度比寒流系皺紋盤鮑敏銳，一旦資源量下滑將比寒流系鮑魚較難復原。針對情境1，因為鮑魚入添量減少，而海藻面積擴大，所以可以善用多

餘的剩餘生產力(環境承載量),增加種苗放流量、提高成員之密度,都有助於恢復減少的資源。若發生情境2、情境3和情境4,則需慎重考慮放流的必要性。總之,種苗放流之有效與否和剩餘生產力(環境承載量)息息相關,必須把握因為環境變遷而產生的生物及非生物因子的剩餘力之方向。

日本從1970年代後半開始,由於鮑魚種苗量產成功,1980年代就此展開全國人工種苗放流事業。現在日本平均一年放流將近3千萬個殼長2-4公分的稚

貝,種貝的來源一般是在繁殖季節採集自野外的成員。但是即使增加稚貝的放流量,漁獲量(資源量)卻未增加。但是若未進行種苗放流的話,則漁獲量會更加減少。所以日本研究者認為種苗放流具有防止資源量減少的效果,但是對於資源量的恢復,則是尚未見成效。所以可見一旦鮑魚資源量減少,產生野生族群密度過低的阿里效應(Allee effect:為了提高受精率,單位體積內的族群之雌雄比例和數目需要某種程度的密集分布;否則族群密度過低,低到某一門檻時,生育率會低於死亡率,而使族群進一步縮小、衰敗、終致滅絕),要恢復資源原貌,委實不易。

日本鮑魚資源量不增加的主要原因是,天然稚貝自然發生量的減少與持續低迷。和天然的稚貝發生量比較之下,現在的人工放流量是杯水車薪。在持續進行漁業活動的同時,光靠種苗的人工放流是很難達成恢復原來資源量的目的。只要還不能增加天然稚貝的自然發生量,期待鮑魚資源量的增加是緣木求魚。

那到底要怎麼做才可以使天然稚貝自然發生量增加呢?更根本的問題是,鮑魚的繁殖或其所生產子代的生存與存活率,到底受到何種生態要因(種貝的精卵品質、種貝的密度、稚貝的著底環境、著底場的初期餌料環境、掠食者密度、波浪強度、冬季水溫、疾病等)所影響,使得作為新資源而加入的稚貝自然發生量有何變動?現在仍是日本科學家企待解開的謎團。

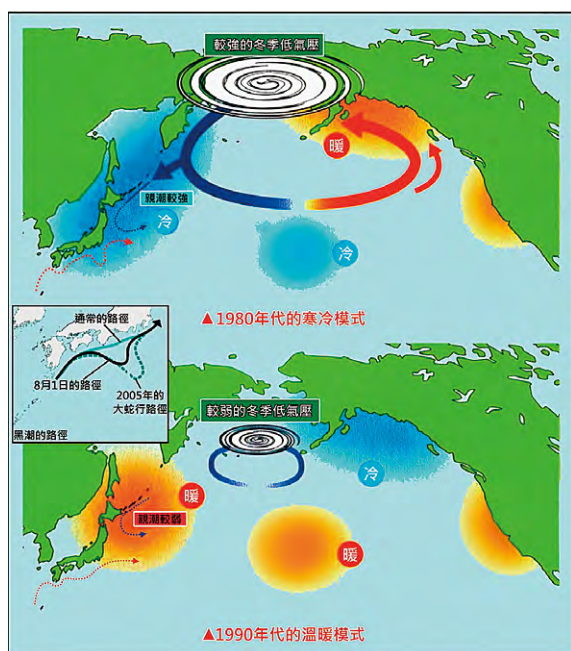


圖14 1980年代阿留申低氣壓盛行,黑潮蛇行;1990年代阿留申低氣壓減弱,黑潮較靠岸。(資料來源:徐德華繪)

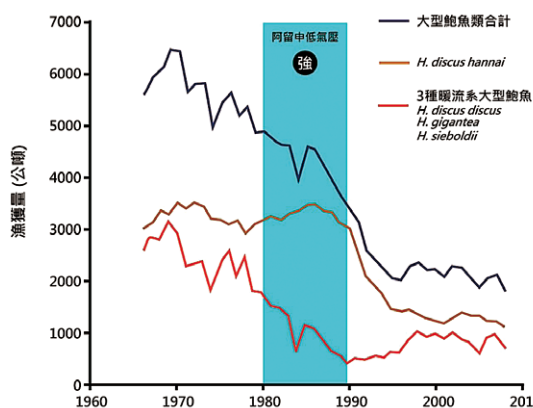


圖15 日本鮑魚的資源量受大洋氣候變遷的影響,發生鮑魚物種改變的律動現象。一旦鮑魚資源量減少,要恢復原來資源量相當困難。大鮑(*H. gigantea* メガイアワビ)過去一度曾命名為*H. sieboldii*。(資料來源:徐德華繪)

參考文獻

- 河村 知彦(2012)。*アワビって巻貝? 磯の王者を大解剖*。恒星社厚生閣。東京、日本。120頁。此日文字母下標
- 浜崎 活幸、北田修一(2008)。*環境變動と資源増殖—アワビ類を事例として—*。北田 修一、山 雅秀、浜崎 活幸、谷口順彦 編著。水産資源の増殖と保全。成山堂書店。東京、日本。234頁。
- 總特集アワビ類栽培漁業—検証と今後の展望—(2008)。月刊海洋11月。東京、日本。
- Katsuyuki Hamasaki and Shuichi Kitada (2008)□. The enhancement of abalone stocks: lessons from Japanese case studies. *Fish and Fisheries*. Volume 9, Issue 3, pages 243–260.