

# 石川鮭的生命週期與生活史

## 從海洋到湖泊的精彩演變

圖、文 / 國立臺灣海洋大學養殖系退休教授 郭金泉

專題報導

FOCUS

石川鮭 (*Oncorhynchus masou ishikawae*) 是日本最南端的洄游性鮭魚 (圖 1)，以其獨特的生命週期和生活史聞名。近年來，兩篇重要科學報告 (Noda et al., 2021; Nakanishi et al., 2025) 揭示了石川鮭與其近親櫻鮭 (*Oncorhynchus masou masou*) 在生活史上的相似性 (圖 2)，尤其是在適應環境變化的過程中，展現出令人驚嘆的多樣性與適應力。然而，兩者之間也存在顯著差異，例如石川鮭終生保有體表的紅斑點，而櫻鮭在成熟後則失去幼魚期的側線斑點，呈現不同外觀 (圖 1 下照片)。本文總結這兩篇報告的發現，並闡述石川鮭與櫻鮭的異同，帶你一窺石川鮭從海洋到湖泊的生命旅程。

### 石川鮭的基本生活史： 部分洄游的策略

石川鮭是一種行部分洄游 (partial migration) 的魚類 (圖 2)，這意味著同一族群中的個體可能選擇不同的生活策略：一部分個體成為降海洄游魚 (anadromous)，從淡水河流游向海洋，然後洄游到淡水產卵；另一部分則滯留在淡水環境中，成為駐在殘留定居型 (resident) 的「雨子」 (amago salmon)。這種選擇通常取決於幼魚期的生長狀況。研究顯示，若幼魚在 8 月至 10 月間達到一定的體型閾值，便會在 11 月至 12 月銀化變成「五月鱒」 (Satsuki - masu salmon)，開始向海洋洄游；未達閾值的個體則留在溪流中，成為定居型的雨子。

這種部分洄游的特性讓石川鮭在面對環境變化時具有一定的適應彈性。然而，Noda 等人的研究 (2021) 發現，石川鮭的海洋洄游模式相對簡單，顯示出低變異性，這可能使其在環境波動下更為脆弱。

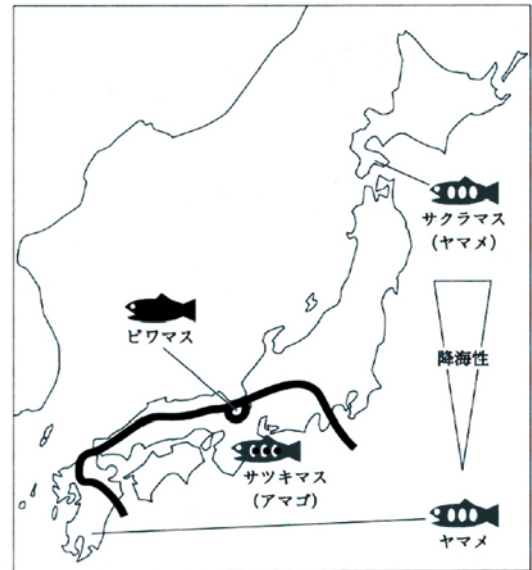


圖 1 櫻鮭是亞洲特有的鮭科魚類，分布於日本的櫻鮭有 3 亞種：櫻鮭 (サクラマス)、石川鮭 (サツキマス) 及琵琶鮭 (ビワマス)。除了琵琶鮭是陸封型只侷限在琵琶湖外，櫻鮭和石川鮭族群中既有降海型 (anadromous) 也包括陸封殘留型 (resident)。櫻鮭的陸封型叫山女 (ヤマメ) 石川鮭的陸封型叫アマゴ (雨子)。櫻鮭降海的比例從北往南逐漸減少，九州的櫻鮭只有陸封型。櫻鮭和石川鮭的地理分布以粗黑線為界。櫻鮭主要分布在日本北部，而石川鮭則於日本中南部。



石川鮭 (サツキマス)



櫻鮭 (サクラマス)

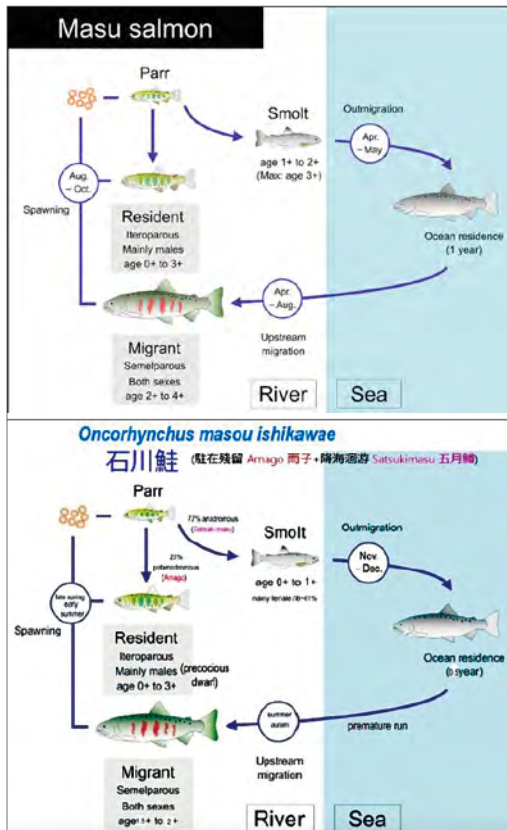


圖 2 比較櫻鮭 (上) 與石川鮭 (下) 的生活史。

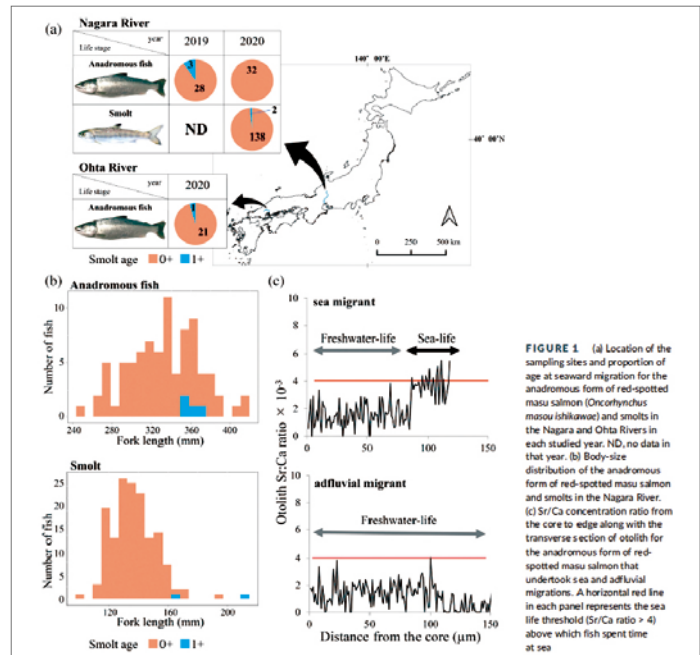


圖 3 (a) 採樣地點與石川鮭下海洄游年齡比例顯示石川鮭 (「海河洄游型」) 及其銀化 (smolts) 幼魚在岐阜長良川與廣島太田川各研究年度的下海洄游年齡比例。ND 表示該年度無資料。(b) 長良川中石川鮭及幼魚的體型分布顯示在長良川中, 石川鮭與其銀化 (smolts) 幼魚的體長或體重分布情形。(c) 石川鮭耳石橫切面中 Sr/Ca 濃度比變化呈現進行「海河洄游型」洄游與「湖溪洄游型」(adfluvial migration) 之石川鮭個體的耳石橫切面中鋇鈣比 (Sr/Ca ratio) 的變化。紅色水平線代表海洋生活的判定門檻 (Sr/Ca > 4), 超過此值表示魚曾在海洋中生活。

## 海洋洄游的侷限： 年齡與時間的限制 (圖 3, 表 1)

Noda 等人 (2021) 在岐阜縣長良川與廣島縣太田川的研究顯示, 石川鮭的海洋洄游模式有兩個顯著特徵：

### 1. 出海年齡 (Age at Seaward Migration) :

絕大多數 (95%) 的石川鮭在 0 歲 (age - 0) 時便開始出海洄游, 1 歲出海的個體非常罕見 (僅 4 例)。這與其他鮭魚物種 (如虹鱒或大西洋鮭) 相比, 變異性極低。其他鮭魚可能在 1 至 4 歲甚至更晚出海, 展現多樣的洄游模式。

### 2. 海洋停留時間 (Sea Age) :

所有研究的石川鮭在海洋中停留時間不到一年, 通常僅約 5 個月。這是因為日本南部夏季海洋溫度高達 20°C 以上, 迫使石川鮭在 6 月前返回淡水, 以避免高溫帶來的生存壓力。分析耳石 (otolith) 中的鋇鈣比 (Sr/Ca ratio) 顯示, 這些魚在海洋中的生長痕跡非常短, 進一步證實了其短暫的海洋生活。相比之下, 櫻鮭的海洋停留時間較長, 通常為 1 至 2 年, 顯示出更大的生活史變異性 (圖 2)。

表 1 2020 年在長良川和大田川捕獲的「海河洄游型」溯河魚 (石川鮭 *Oncorhynchus masou ishikawae*) 和銀化 (smolt) 幼魚的標本數量、每種性別的比例 (標本數量) 以及叉長 (平均值 ± 標準差)

	Total number of fish	Age at seaward migration		Sex ratio (number of specimens)		Fork length (mm)	
		0+	1+	Female	Male	0+	1+
<b>Anadromous fish</b>							
Nagara River	63	60	3	81% (25)	19% (6)	329 ± 32	360 ± 7
Ohta River	22	21	1	78% (14)	22% (4)	340 ± 46	350
<b>Smolts</b>							
Nagara River	140	138	2	79% (110)	21% (29)	136 ± 14	189 ± 26

1. 出海年齡單一化
  - 長良川 (Nagara River) 和大田川 (Ohta River) 兩河 95% 捕獲的個體為 0 歲 (age = 0) 出海, 僅少數為 1 歲 (age = 1), 沒有年齡更大的出海者。
  - 性比偏向雌魚 (岐阜長良川 81%、廣島太田川 78%)。性別比例偏向雌性洄游個體中雌性佔比高達 78—81%。
2. 海洋停留時間短
  - 所有檢測的「海河洄游型」個體都在一年內回到淡水。
  - 海水溫度在 6 月升至 20°C 以上, 可能限制了夏季在海的生活。
3. 存在部分河川「純淡水洄游」洄游 (potamodromous) 個體
  - 約五分之一的個體選擇在河口或主幹河川洄游 (potamodromy), 而不進入海洋。長良川中約 22.7% 個體未進入海洋, 而是移動至下游河段或河口區生長。體型與進海個體相近。
4. 遷移模式
  - 僅觀察到兩種遷移模式:
    - ① 0 歲出海 → 半年內返回
    - ② 1 歲出海 → 半年內返回

此外, 研究發現約 23% 的個體並未真正進入海洋, 而是進行了「河川洄游」(potamodromy), 即在河川主幹或河口進行短距離遷移。這些河川洄游個體的體型與海洋洄游個體相似, 顯示這種策略可能是一種適應高遷移成本的替代方案。

這種低變異性的洄游模式可能與石川鮭的地理位置有關。作為最南端的洄游性櫻鮭鮭魚, 石川鮭面臨較高的遷移成本 (如長距離遷移和高溫環境), 這限制了其洄游模式的靈活性。與其他鮭魚 (如大西洋鮭可展現超過 120 種洄游模式) 相比, 石川鮭的簡單模式使其在環境變化 (如氣候變暖) 下更容易受到影響。

## 湖泊中的新篇章： 湖泊洄游的多樣性 (圖 4)

Nakanishi 等人 (2025) 的研究揭示了石川鮭在湖泊環境中的驚人適應力。當河流被大壩阻斷，部分石川鮭轉而進行湖泊洄游 (adfluvial migration)，即從河流遷移到湖泊中生活，再返回河流產卵。這種環境轉換帶來了截然不同的生活史變化：

### 1. 湖泊停留時間 (Years of Migration)：

在日本高根 1 號人工水壩、高根 2 號人工水壩及琵琶湖等具有低溫避暑區 (季節性溫躍層) 的人工和自然湖泊中，石川鮭的湖泊停留時間顯著延長，可達 1 至 3 年，遠超海洋洄游的半年。這使得湖泊洄游個體的體型顯著增大 (可超過 600 公厘，遠大於海洋洄游個體的 400 公厘以下)。櫻鮭在湖泊環境中也展現類似的延長停留時間，但其體型增長幅度通常小於石川鮭，可能因湖泊食物資源或環境條件的差異。

### 2. 洄游時機 (Run Timing)：

海洋洄游的石川鮭通常在成熟前 (premature run) 返回河流，以避開高溫。然而，在有低溫避暑區的湖泊中，石川鮭轉向成熟洄游 (mature run)，即在性成熟後才返回河流產卵。

這一轉變可能與深水湖泊中有較低的夏季水溫有關，使魚類能延長在湖泊中的生長時間。

### 3. 性別比例的改變：

海洋洄游的石川鮭以雌性為主 (78 – 81%)，因為雌性通過洄游獲得的體型優勢對繁殖成功更重要。然而，在高根 2 號湖泊中，雄性洄游比例顯著增加，性別比例趨於平衡 (53% 雌性)。這可能與湖泊洄游的較低遷移成本 (如短遷移距離和無需適應鹽度) 有關，使雄性也能從洄游中受益。

## 石川鮭與櫻鮭的差異： 從外觀到生態

石川鮭與櫻鮭在生活史上有許多相似之處，但也存在顯著差異，反映了它們在形態與生態上的獨特性：

### 1. 體表特徵：

石川鮭終生保有鮮明的紅斑點，即使在海洋洄游或湖泊洄游後依然明顯，這是其命名「紅斑點櫻鮭」(red-spotted masu salmon) 的由來 (圖 1 下方)。相比之下，櫻鮭在幼魚期具有體側有條紋 (parr marks)，這些條紋在海洋洄游與成熟後會消失，體表轉為銀白色或在繁殖期呈現紅色、黑色等色彩變化，與石川鮭的紅斑點有明顯不同。

## 2. 海洋停留時間：

石川鮭的海洋洄游時間極短，僅約 0.5 年，這與其南部棲地的高溫環境密切相關。櫻鮭的海洋停留時間較長，通常為 1 至 2 年，這使櫻鮭在海洋中能獲得更多的生長機會，但也面臨不同的環境壓力。

## 3. 體型差異：

石川鮭在海洋洄游中的體型較小（通常小於 400 公厘），而在湖泊洄游中可達 600 公厘以上。櫻鮭的海洋洄游個體體型較大，但湖泊洄游個體的體型增長幅度通常不如石川鮭顯著，可能因湖泊食物資源或水溫條件不同。

## 4. 洄游模式的變異性：

石川鮭在海洋洄游中僅展現兩種模式（0 歲或 1 歲出海，停留 0.5 年），變異性低。櫻鮭的海洋洄游模式更為多樣，可能包括不同年齡和更長的海洋停留時間。湖泊洄游中，兩者均展現較高的變異性，但石川鮭在性別比例的改變上更為顯著。

## 5. 地理分布：

石川鮭是鮭魚屬中最南端的洄游性物種，主要分布於日本中部至南部的河流（如長良川、太田川）。櫻鮭則分布於日本北部及亞洲的東北亞地區，適應較冷的氣候，其海洋洄游模式因地理位置而具有更大靈活性。

## 保育與未來的挑戰

石川鮭的低變異性海洋洄游模式使其在氣候變暖等環境壓力下更為脆弱。然而，湖泊洄游的

發現為其保育提供了新希望。湖泊環境的低溫避暑區和豐富資源為石川鮭提供了生存的「避風港」，使其能通過延長生長時間和改變洄游策略來適應環境變化。然而，湖泊洄游也帶來了新問題，例如大壩可能阻斷洄游路徑，影響族群連通性。此外，研究指出，湖泊洄游的變異性可能受到遺傳與環境交互作用的影響。

## 結語

石川鮭的生命週期與生活史展現了自然界的複雜與奇妙。從海洋到湖泊，這種日本最南端的洄游性鮭魚以其適應力告訴我們，即使在嚴苛的環境中，生命也能找到出路。Noda 等人與 Nakanishi 等人的研究不僅揭示了石川鮭與櫻鮭的相似性與差異，也為我們理解櫻鮭鮭魚如何應對環境變化提供了寶貴的線索。對石川鮭的保育不僅是保護一個物種，更是保護自然界適應與演化的縮影。

## 參考文獻

Nakanishi, Y., Ohta, T., Iizuka, T., Kishi, D., Noda, S., Shida, T., ... & Sato, T. (2025). Divergence and shift in the migratory life history of a salmonid fish during the transition to a new environment. *Oikos*, 2025(2), e10981.

Noda, S., Ueda, R., Tanaka, T., Shirai, K., Kishi, D., & Sato, T. (2021). Anadromous red-spotted masu salmon (*Oncorhynchus masou ishikawae*), a southernmost sea-migration form of salmonid, displays low variation in both age at seaward migration and sea age. *Journal of Fish Biology*, 99(4), 1497 – 1502.

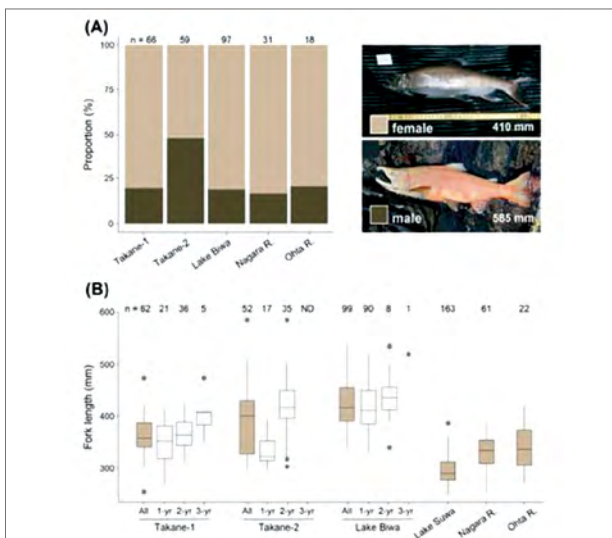
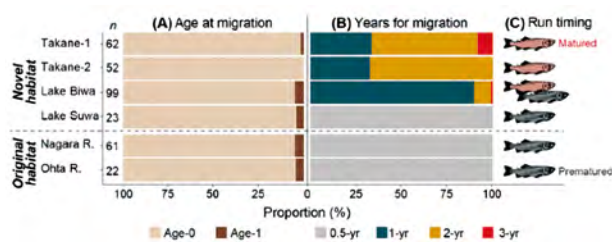
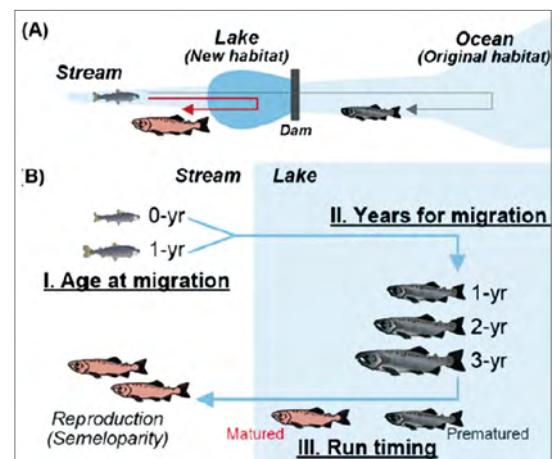


圖 4(上):各湖泊 (novel habitat) 與河川 (original habitat) 中，洄游型(「湖溪洄游型」與「海河洄游型」) 個體的洄游年齡比例 (A)、洄游年份比例 (B)，以及洄游回遷時機 (Run timing: timing of return migration) (C)。在 (A) 與 (B) 中，樣本數 (n) 相同。在 (C) 中，琵琶湖可能同時存在早熟洄游與成熟洄游的個體，因為我們無法確認早熟洄游個體的存在——所有洄游個體皆是在湖中被捕獲的。Lake Suwa(諏訪湖): 最深 7.2 公尺 Lake Biwa(琵琶湖): 最深 104.1 公尺。人工湖泊 (novel habitat 即新環境): Takane-1(岐阜縣高根第一水壩): 最深 133 公尺。Takane-2(岐阜縣高根第二水壩): 最深 69 公尺。

圖 4(下):石川鮭 (*Oncorhynchus masou ishikawae*) 洄游型(「湖溪洄游型」與「海河洄游型」) 個體的性別比例 (A) 以及體型的箱型圖 (B—C)。在 (A) 中，淺棕色代表雌性，深棕色代表雄性。雌性與雄性的代表圖像於 (A) 圖右。



石川鮭由降海洄游生活史到被壩 (dam) 阻隔於湖泊 (A) 而改變成往返於河川與湖泊 (B) 的新棲地，之生活史圖。