

サケの生活史と 気候変動



北海道大学国際本部 特任教授 帰山 雅秀

Key words サケ / 気候変動 / バイオマス動態 / 温暖化 / 生態系サービス

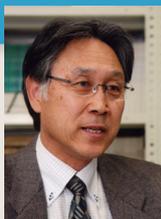
サケ属魚類（サケ類 *Oncorhynchus* spp.）は、淡水を起源とし海と淡水を往き来する通し回遊魚です。その中でもシロザケ (*O. keta*) は生活史の大半を海洋で過ごします。ここではわが国のシロザケを中心に生活史と環境との関係、特に海洋における気候変動との関係について紹介します。

シロザケの生活史戦略と回遊ルート

行動生態学では、生活史パターンや行動などの形質を戦略、各個体が選択可能な生活史や行動を戦略の表現型として戦術と定義されます。生活史戦略は、繁殖や生存などの生活史に関する形質が自然選択により適応的に進化した結果とみなされます。動物は、ある個体が2つ以上の戦略をとることはできませんが、条件に応じて2つ以上の戦術をとり得ます。このような戦略を条件戦略といいます。サケ類の生活史戦略は、餌や生息空間などの資源が得られれば残留し、得られない場合は移動（降海）という、まさしく残留と移動の2つの戦術に基づく条件戦略です。もともと淡水起源であっ



遊楽部川における産卵期シロザケのペア(左:♀,右:♂)



かえりやま まさひで
帰山 雅秀

北海道大学国際本部 特任教授

北海道大学水産学部卒、水産学博士、水産庁北海道さけ・ますふ化場研究室長、北海道東海大学工学部教授、北海道大学大学院水産科学研究院教授。2013年 北海道大学国際本部 特任教授、現職。専門:生態学、特に海洋生態学と魚類生態学。現在の関心事:サケの生態学的研究。受賞歴:日本水産学会進歩賞(2006年)、日本動物学会論文賞(1998年)

Author 著者



たサケ類は、このような生活史戦略をとりながら、いかに早い発育段階で海洋生活へ適応するかという方向で進化してきたとみなすことができます。シロザケは、サケ類の中でもカラフトマス (*O. gorbuscha*) について進化した種とみなされます。

日本のシロザケは、産卵床から浮上すると、あるいは孵化場から放流されると直ちに降海して、沿岸で数カ月過ごし [1]、初夏までにはオホーツク海へ回遊します [2]。晩秋までオホーツク海に生息して成長したシロザケ幼魚は、北西亜寒帯環流域に移動して海での最初の越冬を行います [3]。翌春、彼らはベーリング海へ回遊し、活発な摂餌行動をとり、成長します [4]。日本のシロザケは、2年目以降の越冬をアラスカ湾で過ごし [5]、春季から秋季まではベーリング海で生活します。生殖巣の成熟が始まると、東カムチャツカ半島ぞいに千島列島を南下し、母川へ回帰し産卵します [6]。サケ類は産卵後すべての個体が死亡する「一回繁殖型」の生活史パターンをとります (図1)。1870年から2013年の長期間における北海道に回帰するシロザケの来遊パターンをみますと、シロザケは1970年代後半から著しく増加してきましたが、2000年頃に約6千万個体のピークをむかえた後、減少傾向に転じ、現在では3~4千万個体で推移しています (図2)。

長期的な気候変動とサケ類のバイオマス動態

サケ類のバイオマスは、長期的な気候変動とよくリンクします。太平洋では10年以上の長い周期で大気と海洋が連動して変動しますが、その気候変動指数として太平洋十年規模振動指数 (PDO) があります。PDOがプラスのとき、海表面の水温 (SST) は平年より北太平洋中央部で低く、北太平洋東部では高くなる傾向を示します。北太平洋におけるサケ類のバイオマスはPDOがプラスに転じると増え、マイナスになると減ります (図3)。

PDOは、冬季のアリューシャン低気圧の強さと深く関係しており、アリューシャン低気圧が強くとプラスに、弱くとマイナスに変化します。ベーリング海を含む北太平洋東部では、アリューシャン低気圧の勢力が増すと偏西風が強まり、亜寒帯海流とその続流であるアラスカ海流やアラスカ沿岸流を強めます。沿岸流は渦流を増やし、潮汐と相乗的に作用して沿岸水を攪拌し、底層に沈殿していた大量の栄養塩 (窒素やリンなど) を表層へ運びます。その栄養塩はアラスカ海流やアラスカ環流によってアラスカ湾全域へ分布します。同様に、ベーリング海東部でもアリューシャン低気圧の強化によって冬嵐が活発となり、海水の鉛直混合が著

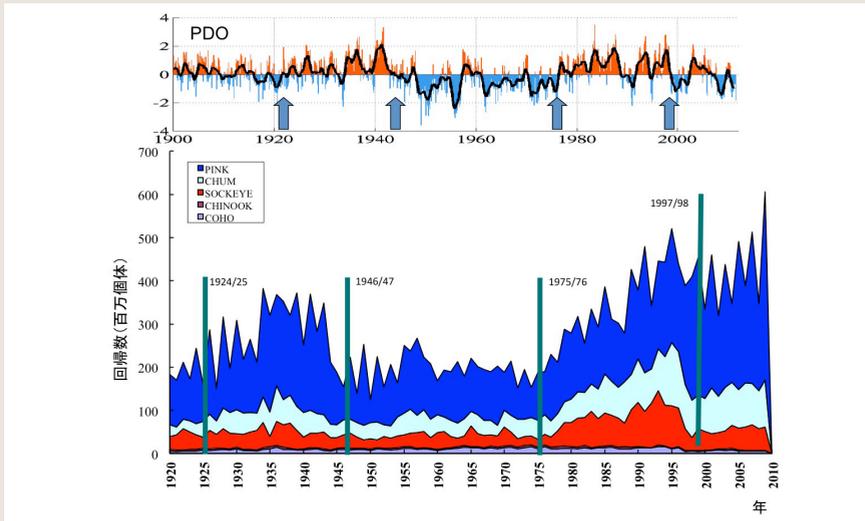


図3 北太平洋におけるサケ類の回帰数とPDOの経年変化. 矢印と棒は気候レジームシフトの年. Pink: カラフトマス, Chum: シロザケ, Sockeye: ベニザケ, Chinook: マスノスケ, Coho: ギンザケ.

しくなり、底層の栄養塩が表層へ拡散します。また、反時計回りの低気圧の渦は南方から湿った暖気と暖水呼び込み、アラスカ湾やベーリング海東部の表層水温を押し上げます。このようにアリューシャン低気圧は、アラスカ湾やベーリング海の生物生産力に大きく影響します。すなわち、冬の嵐がサケ類にとって至福の恵みをもたらし、北の海では風が吹けばサケ類が増えることになります。

PDOがプラスからマイナスへ、あるいはマイナスからプラスへ中長期的に変化することを「気候レジーム（体制）がシフトする」といいます。PDOは1975/76年以降プラスの傾向が強くなり、その間サケ類は増えてきましたが、1997/98年以降はマイナスに転じる場合が多くなってきました。1997/98年は20世紀最強の「スーパー・エルニーニョ」が起こり、それが次のレジームシフトをもたらしました。北太平洋全体のサケ類の漁獲量は、ロシアのみカラフトマスとシロザケの増加が著しいために全体で高い水準を維持していますが、環境収容力は確実にピークを越え、それを境にベニザケは減少し、わが国のシロザケも同じ傾向をたどってい



ます。北米大陸のワシントン州やオレゴン州のサケ類も同様の傾向を示します。どうも南方のサケ類はこの期を境に減少傾向へ向かっているようにみえます。北太平洋におけるサケ類の環境収容力は、どうやら 1970 年代後半から続いてきたこれまでの「よき時代」から、次の気候レジームの転換で変わりつつあるようです。

温暖化とサケ類のバイオマス動態

最近の温暖化は、人間活動に起因する CO₂ 増加によるグリーンハウス効果に起因するようです (IPCC 第 5 次評価報告書)。ここではそのメカニズムについては述べませんが、温暖化が確実に進行しているのは事実です。海洋の SST は、1900 年から 2011 年までに日本海で 1.2 ~ 1.7°C / 100 年、太平洋で 0.6 ~ 1.3°C / 100 年上昇しました。

良きにつけ悪しきにつけ、温暖化がサケ類にも影響を及ぼしています。1990 年代に大量に回帰した北海道のシロザケは、そのプラスの影響を受けていた可能性が高いようです。サケ類は降海直後と海洋での最初の越冬時に著しく減耗すると考えられています。孵化放流されている日本系シロザケの場合、降海直後の減耗はある程度孵化場でカバーされており降海直後の減耗は野生魚に比べるとかなり軽減されていると考えられます。日本系シロザケは数カ月の沿岸生活の後、夏季と秋季をオホーツク海で過ごし成長します。そして北西亜寒帯環流域で最初の越冬をむかえます。したがって、オホーツク海で過ごす秋季までの成長量が日本系シロザケのその後の生残りに著しい影響を及ぼすことになります。

1940 年代から 2000 年代はじめまでに回帰した石狩川系シロザケ親魚の鱗を分析し、1 年目の成長量をバックカリキュレーション法により推定すると (図 4)、北海道系シロザケは 1990 年代から 2000 年はじめにかけ 1 年目の成長が著しくよいことがわかります。またその成長量と生残率との間には顕著な正の相関が観察されました。このことはオホーツク海での成長が良ければ良いほど生残率が高いことを示しています。一方、1 年目の成長量はオホーツク海の夏季と秋季の SST と正の相関を、冬季の海水面積と負の相関を示します。なぜ北海道系シロザケは 1990 年代 ~ 2000 年代はじめにオホーツク海で成長が良かったのでしょうか？そこでこのメカニズムを様々な気候変動指数を用いてパス・モデルにより調べました。その結果、地球表面の気温偏差 (SAT) が直接オホーツク海の夏・秋季の SST に作用して高め、それが北海道系シロザケの生残率を高め個体群サイズを増