

カラフトマス 日本系

(Pink Salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*)



成熟したカラフトマス（天塩川水系頓別坊川9月上旬）上段：雄、下段：雌

最近の動き

日本系カラフトマスの沿岸における 2013 年の漁期中（7～12 月）の漁獲尾数は 277 万尾で前年度比 142% であった。1994 年以降、偶数年が豊漁年で奇数年が不漁年というパターンがしばらく続いていたが、2003 年以降にこの豊漁・不漁年の関係が逆転した。しかし、最近 5 か年は豊漁不漁のパターンは不明瞭になり、かつ沿岸漁獲数は減少傾向にある。2014 年は 132 万尾（速報値）となっており、前年比では 47% と半減し、前偶数年比でも 67% と減少し、過去 30 年間で最も少ない沿岸漁獲数に転じた。

利用・用途

カラフトマスは塩蔵品のほか、生鮮でも利用されている。サケより小振りなことからチャンチャン焼きにもよく利用されている。加工品としては缶詰が多いが、魚卵製品として筍子（ます子）がある。一部の産地では、オホーツクサーモンというブランド名でも呼ばれている。

漁業の概要

日本系カラフトマスは、我が国の河川と沿岸で先史時代から漁獲されてきた。北洋さけ・ます漁業では、日本系カラフトマス以外の系群も漁獲していた。しかし、系群識別が不可能なためその混合率の推定は困難で、日本系カラフトマスの沖合域での漁獲量を確定することはできない。我が国では 1970 年代以降、沖合域での漁獲量は徐々に減少し、近年では主に沿岸域で漁獲される（図 1）。沿岸域では、主に 7～9 月に北海道北東部のオホーツク海岸（根室海峡を含む）の小型定置網によって漁獲される。北海道の沿岸漁獲数は毎年 7 月以降のものが大半を占めるが、6 月以前にも春カラフトマスと呼ばれる系群不明の資源が沿岸で少数漁獲されている（春カラフトマスの割合：平均 1.8%、範囲 0.1～7.5%）。本州においても主に 6 月以前に系群不明の資源が沿岸で少数漁獲されているが、年によっては沿岸漁獲量の約 2～4 割を本州が占める年もある。沖合域では、主に 4～7 月に日本

国 200 海里内で太平洋小型さけます流し網船（14 トン未満）によって漁獲される（永沢 2011）。近年、我が国から放流されるカラフトマスの一部に耳石標識が施されており（付表 1）、日本国 200 海里内の流し網漁業の漁獲物から毎年一定数の耳石温度標識魚が発見されている。従来、春季にこの水域を回遊するカラフトマスは全てロシア系と考えられてきたが、これらの結果から、日本系カラフトマスも含まれていることが明らかとなった。2013 年のます類の海面での漁獲量（カラフトマスの他にサクラマスを含む）は 9,000 トン（海面漁業（魚類）の 0.31%）である（農林水産省 2014）。また、2013 年における沿岸及び沖合（ロシア 200 海里内を除く）でのカラフトマスの漁獲量は、それぞれ 3,518 トン及び 1,331 トンであった（Sasaki *et al.* 2014）。2013 年は本州太平洋側の沿岸漁獲量が 733 トンと多く、全沿岸漁獲量の 21% を占めた。なお、最近 5 年間（2009～2013 年）の漁獲量は 0.5～1.7 万トンである。

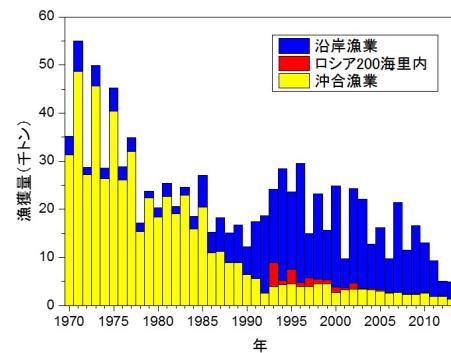


図 1. 日本の漁業におけるカラフトマスの漁獲量経年変化

生物学的特性

日本系のカラフトマスは、主にオホーツク海（根室海峡を含む）に流入する北海道北東部の河川に産卵のため遡上する。北海道以外での遡上は稀であるが、青森県と岩手県の河川では毎年一定数の遡上有るほか（星合・佐藤 1973、原子 1989）、福島県の河川においても時折確認されている（稻

葉 2005)。日本海側では、北海道の八雲町熊石地区を流れる見市川を遡上の南限とする記録があるにすぎないが(疋田・寺尾 1967)、新潟県の荒川でも確認されている(飯田真也氏、日本海区水産研究所、私信)。産卵期は 8 ~ 10 月であり、雌が河床の砂礫に穴を掘って産卵し、雄が放精した後、雌が再び埋め戻す。サケやベニザケと比較すると、流速が早い浅瀬で産卵する(小林 1968a、Fukushima and Smoker 1998)。また、カラフトマスは河川水の浸透する砂礫層に産卵し、湧水を選ぶサケとは大きく異なる(小林 1968a)。翌年の 3 月下旬 ~ 6 月に尾叉長 3 ~ 4 cm の稚魚が砂礫中から夜間に浮上し、河川ではあまり餌を捕食せず直ちに海へ下る(小林・原田 1966、小林 1968b、Heard 1991、虎尾ほか 2010)。そのため、一部の大河川を除くと、カラフトマスの稚魚は一晩で浮上から降海までを終える(Heard 1991)。そのため、サケの稚魚とは異なり、日中は河川でほとんど稚魚が見られず、夜間にのみ降下中の稚魚が見られる。サケやサクラマスの稚魚とは異なり、カラフトマスの稚魚はパーマーク(幼魚斑)を有しない(図 2)。卵から海に下るまでの自然種苗の生存率は 0.1 ~ 43.4% であり、年変動や河川間変異が非常に大きい(Heard 1991)。卵から稚魚までの生存率は平均 7.1%、稚魚から親魚までの生存率は平均 2.5% と推定され、海洋生活期の方が減耗率は高い(Bradford 1995)。しかし、死亡率の年変動については、64% が淡水生活期に起因すると推定されている(Bradford 1995)。産卵床の掘り返しによる卵の流出が大きな死亡要因となる可能性があり(Fukushima et al. 1998)、産卵場における雌の密度が 1.4 尾 / m² を上回ると掘り返しが顕在化するという指摘がある(Esin et al. 2012)。一方、人工孵化種苗の採卵から放流までの生存率は約 80% であり、採卵から翌年の春まで給餌飼育されたカラフトマス稚魚は、河川に放流されると速やかに降海する。これまで沖合で実施してきた標識放流により、降海したカラフトマスは、オホツク海を経て北西太平洋に回遊し(高木ほか 1982)(図 3)、広く分布することが確認されている(図 4)。また、特に奇数年の方がより東方に回遊する傾向がある(図 4)。



図 2. 夜間に捕獲されたカラフトマスの野生稚魚(5 月下旬)
上: 斜里町ウトロのベレケ川、下: 斜里川支流の札弦川。

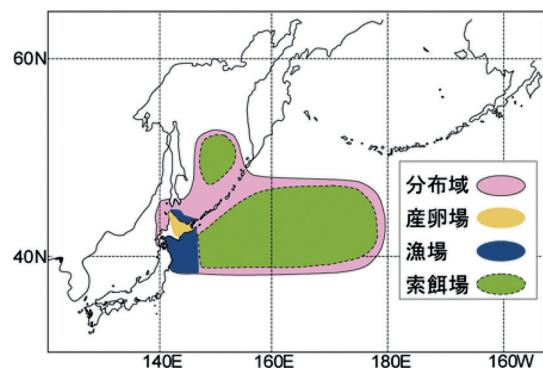


図 3. 日本系カラフトマスの主な分布域(高木ほか 1982 を改変)

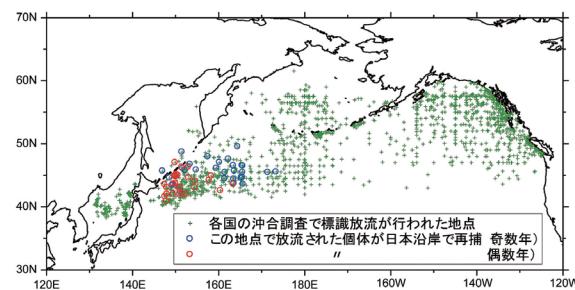


図 4. 標識放流(1956 ~ 2010 年)によって確認された日本系カラフトマスの沖合分布域

河川生活期中の摂餌は盛んではないが主に水生昆虫(ユスリカの幼虫等)を捕食する。海洋生活期中には動物プランクトン(オキアミ類、端脚類、カイアシ類、翼足類、十脚類幼生等)とマイクロネクトン(ホッケ等の幼稚仔魚、イカ類等)を捕食する(小川・名角 1959、小林・原田 1966、高木ほか 1982)。外洋では主に表面水温 4 ~ 11℃ の範囲に分布し、移動速度は平均 31.5 km/day と推定されている(箱山・坂本 1995)。

カラフトマスは、サケと同様、幼魚期には鳥類や魚類(アメマス、オショロコマ、スケトウダラ、サクラマス等)、未成魚・成魚期には大型魚類(ネズミザメ、ミズウオダマシ等)や海産哺乳類(ゼニガタアザラシ、オットセイ、カマイルカ等)に捕食される(Heard 1991、Nagasawa et al. 2002)。体長 30 cm 以上の沖合での自然死亡係数 M はおよそ 0.2/yr で(Heard 1991)、1 年間の生存率に換算するとおよそ 82% と推定される。

季節性を考慮した von Bertalanffy 成長曲線は、

$$L = 68.9 \left(1 - e^{- \left[0.0651 \sin \left(\frac{2\pi(t-16.1)}{12} \right) + 0.0536 \sin \left(\frac{2\pi(t-9.50)}{4.81} \right) + 0.0722(t-4.89) \right]} \right)$$

で示され(Haddon 2001)、極限体長は 68.9 cm、成長係数は 0.0722 である。図 5 は表 1 に示す年齢ごとの尾叉長及び体重にこの成長式をあてはめたもので、海洋生活期において、成長と停滞が何回も繰り返されるかあるいは体サイズ依存の減耗(特に冬季 1 ~ 2 月)が生じていることが示唆される。

カラフトマスは、ほとんど全てが満 2 年で成熟する(ごく稀に 1 年(虎尾 2014)、3 ~ 4 年(Kwain 1987))。そのため、偶数年と奇数年で繁殖集団が分かれしており、資源量は

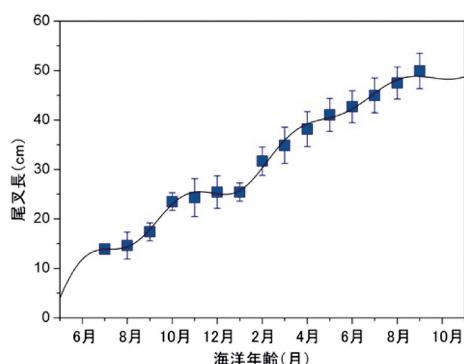


図 5. カラフトマスの月別平均尾叉長土標準偏差 (Ishida *et al.* 1998 より抜粋) と成長曲線

表 1. カラフトマスの月別平均尾叉長と平均体重 (Ishida *et al.* 1998 より抜粋)

年齢	尾叉長(cm)	体重(kg)
0歳 7月	13.9	0.03
8月	14.6	0.04
9月	17.4	0.06
10月	23.5	0.14
11月	24.3	0.15
12月	25.4	0.17
1歳 1月	25.4	0.15
2月	31.7	0.32
3月	34.9	0.41
4月	38.2	0.58
5月	41.0	0.78
6月	42.7	0.92
7月	45.0	1.13
8月	47.5	1.32
9月	49.9	1.52

隔年で変動を示す場合がある。アロザイム分析によると、同じ河川で産卵する偶数年と奇数年のカラフトマスよりも、同じ年に産卵する日本とアラスカのカラフトマスの方が遺伝的には近縁である (Hawkins *et al.* 2002)。国内においてもミトコンドリア DNA の分析によって、同一河川内でも偶数年と奇数年で遺伝的に異なることが確認されている (山田ほか 2012)。他のさけ・ます類と比較すると、河川間の遺伝的分化があり大きくないことから、母川回帰性は低いと考えられている。北米の標識放流調査によると迷入率は 5% 前後と推定される事例が多いが (Thedinga *et al.* 2000, Mortensen *et al.* 2002)、これまで日本において人工ふ化放流されたカラフトマスで標識放流を実施した例では、一定の母川回帰性を有していることが確認されているもの (佐野・小林 1953、北海道さけ・ますふ化場 1955, 1973, 1976、虎尾 2009)、地域や年によっては 95% 以上という高い迷入率も推定されている (藤原 2011)。その一方、北海道東部の当幌川においては、支流レベルで母川回帰性を持つことも示唆されている (虎尾ほか 2011)。また、北米のカラフトマスでは、Probing と呼ばれる川覗き行動が知られており、プリンスウィリアム湾の河川に遡上した親魚の平均 2.4% (最大 11.7%) は再び海へ下り別の河川で繁殖したと推定されている (Maselko *et al.* 1999)。日本においても、北海道北部の間牧川で放流したカラフトマス親魚が 20 km 離れた徳別

川で再捕獲され、その間に川と海を何度も行き来していたことがアーカイバルタグに記録されていた (森田ほか、未発表)。そのため、カラフトマスの母川回帰率を正しく推定するためには、河川捕獲された親魚ではなく、繁殖後の親魚を分析に用いる必要があると指摘されている (Thedinga *et al.* 2000)。

カラフトマスは、6 ~ 10 月になると産卵のために沿岸域へ近づき、沿岸漁業の対象となる。河川遡上の時期は地域によって変異があり、卵の移植試験の結果から、移植先の河川でも移植元の遡上時期や蓄養期間に類似すると指摘されている (小林ほか 1978、真山 1985)。また、日本系のカラフトマスにおいても、遡上時期や地域間で形態的な変異が指摘されている (星野ほか 2008、下田ほか 2010、安藤ほか 2010)。遡上親魚の多くは人工ふ化放流のために捕獲されるが自然産卵も多く観察されている (宮腰 2006、横山ほか 2010、飯田ほか 2014)。成熟時の体サイズは尾叉長 32 ~ 70 cm、体重 0.3 ~ 5.0 kg である。性比はほぼ 1 : 1、平均孕卵数 1,300 ~ 1,700 粒、平均卵径 6.4 ~ 6.9 mm である。

資源状態

1990 年代以降の北太平洋全体のさけ・ます類の資源状態は歴史的に高い水準にあり (Irvine *et al.* 2009)、日本沿岸で漁獲される日本系カラフトマスの資源量も 1990 年以降高い水準にあると考えられてきたが、近年 4 か年は連続して漁獲量が低迷している。

我が国における 1969 ~ 2014 年漁期の日本系カラフトマスの沿岸漁獲数、河川捕獲数、稚魚放流数、稚魚放流体重を図 6 及び付表 1 に示す。なお、ここでは毎年 7 月以降に日本沿岸に来遊する資源を日本系と仮定した。稚魚放流尾数は、1970 年代には 5,000 万尾前後で大きく年変動したが、1980 年代以降は 1.4 億尾前後で安定している。ただし、2013 年 (2012 年級群) の放流数は種卵不足のため 1.0 億尾と少ない。稚魚放流体重は、1980 年代から 1996 年にかけて大型化したが (Kaeriyama 1999)、1996 年以降は再び小型化している。沿岸漁獲数と河川捕獲数の合計である来遊漁獲数は、1970 年代後半から 1980 年代前半には約 100 万尾であったが、1990 年代には 500 万尾以上となった。1994 年から 2002 年までは、偶数年には 1,500 万尾、奇数年には 700 万尾前後と偶数年が多かったが、2003 年以降、来遊漁獲数の豊漁年と不漁年のパターンが逆転した。しかし、2011 年以降は豊漁年と不漁年のパターンが不明瞭になっている。1991 年以降、沿岸漁獲数は 380 万尾を下回ることはなかったが、2012 年に 196 万尾と大きく減少し、2013 年は 277 万尾、2014 年は 132 万尾とさらに減少し過去 30 年間で最低値となった。北海道さけます・内水面水産試験場が網走沿岸で実施しているサケ・マス幼稚魚調査においても、近年はカラフトマス稚魚の採集尾数が減少傾向にあり (北海道総合研究機構 2013)、今後の動向を注視する必要がある。なお、日本沿岸に来遊したカラフトマスは主に小型定置網で漁獲されるが、1970 年代以降は漁獲の中心であるオホーツク海沿岸の小型定置網数に大きな変化はなく、沿岸における漁獲努力量はほぼ一定と考えられる (Morita *et al.* 2006a,b)。

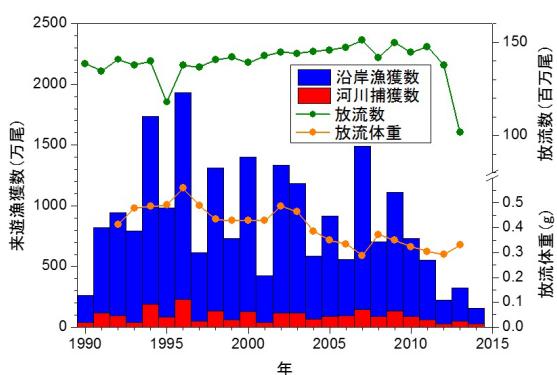


図 6. 日本系カラフトマスの沿岸漁獲数、河川捕獲数、放流数と放流体重の推移（歴史的データは付表 1 参照）

2014 年漁期（7 月以降）に沿岸漁獲されたカラフトマスの平均体重は 1.69 kg であり、平年値（1.54 kg）と比べて大型であった（図 7）。また、漁獲数が少ない年ほど平均体重が大きくなる傾向が認められる ($r = -0.434, p = 0.0435$)。2014 年春季に沿岸漁獲された系群不明のカラフトマスの平均体重は 1.38 kg と前年よりも小型であったが、春カラフトマスの平均体重は近年大型化する傾向にある（図 7）。

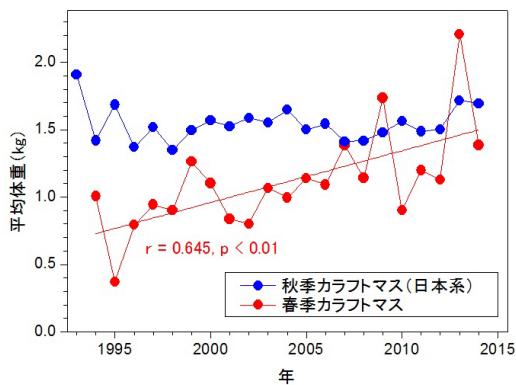


図 7. 日本沿岸で漁獲されたカラフトマスの平均体重の経年変化

カラフトマスの親魚の来遊時期及び稚魚の降河時期は、近年ロシアや北米など世界的に早まる傾向にあり（Taylor 2008, Kovach *et al.* 2012, 2013）、北海道においても漁獲時期が早まる傾向が認められている（図 8）。漁獲時期は偶数年と奇数年で隔年変動し、特に偶数年で漁獲時期が早まる傾向にあるが、このパターンはサハリン南部や国後・択捉島で見られる傾向とよく一致している（Kaev *et al.* 2007, Kaev and Romasenko 2007、森田 2015）。

現在、カラフトマスの資源量は、低位水準、減少傾向にあるといえる。沿岸漁獲数は 1980 年代後半から急激に増加したが、その原因として、①ふ化放流事業の成果、②1980 年代後半の暖冬化、③沖合域の漁獲死亡率減少などが関与していた可能性が指摘されている（Kaeriyama 1999, Morita *et al.* 2006a,b）。1969～2003 年の経時変動については、繁殖期の降水量と越冬期の気温に相関があることが知られており（Morita *et al.* 2006a）、1992 年級群及び 2001 年級群の

資源増加率が高かったことは繁殖期の河川流量が多かったことと対応を示している（森田ほか 2013）。近年の資源減少は、親魚量の減少及び河川・海洋環境の変化に起因すると考えられる。2014 年の漁獲数が著しく低迷した原因としては、2012 年の親魚量が少なかったこと、2012 年級の放流数が少なかったこと、2012 年の繁殖期の降水量が少なかったこと及び海洋生活期の自然死亡の増加が考えられる。また、カラフトマスが多く遡上する知床半島では 2012 年 11 月の降水量が著しく多く、自然産卵は行われたものの多くのカラフトマスの産卵床が流出したことが確認されており（植田和俊氏、パブリックコンサルタント、私信）、これも 2014 年の来遊数が減少した原因の一つとして考えられる。

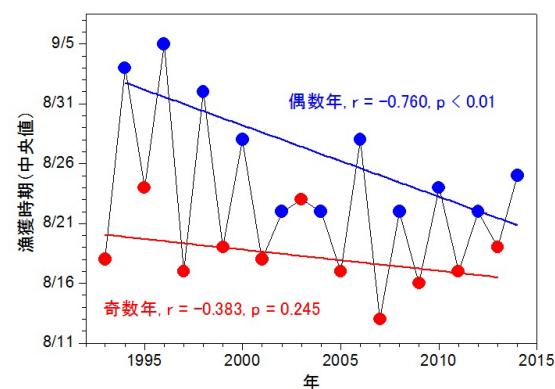


図 8. 日本系カラフトマス（漁期 7 月以降）の平均漁獲時期の経年変化

沖合の漁獲圧が減少した 1990 年以降の来遊漁獲数の経時変動をモデル化するため、オホーツク沿岸地域における降水量と気温をパラメータに含めたゴンペルツの再生産曲線を推定した（Morita *et al.* 2006a）。用いた気象データは、カラフトマスが主に分布するオホーツク海沿岸の宗谷岬から納沙布岬までの範囲で、対象となる時系列が揃う地点（気温 33 地点、降水量 37 地点）の平均値を用いた（気象庁、過去の気象データ・ダウンロード <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obssl/index.php>）。

ゴンペルツの再生産曲線：

$$N_t = N_{t-2} \exp(8.440 - 0.461 \ln N_{t-2} + 0.00456 R + 0.271 T)$$

$$n = 25, \quad R^2 = 0.63$$

ここで、 N_t は t 年の来遊漁獲数（＝沿岸漁獲量 + 河川捕獲数）、 R は 2 年前の 9 月の降水量、 T は前年からの 1 月と 2 月の平均気温である。カラフトマスの来遊漁獲数は、成熟年齢が満 2 歳ということから、産卵親魚となる 2 年前の来遊漁獲数に強く影響を受け、さらに、繁殖期の河川流量が多く、かつ暖冬であるほど、再生産効率が高まることが示唆された。特に 2 年前の 9 月の降水量と来遊漁獲数の間には比較的高い相関がある（図 9）。このような環境要因とカラフトマスの資源変動の相関関係は北米などで古くから報告されており（Wickett 1958, Heard 1991）、繁殖期の河川流量が多いほど親魚の河川遡上を促進させ好適な産卵場の面積を増やす効

果があるほか、暖冬は河川凍結による卵期の死亡を軽減させると考えられる。

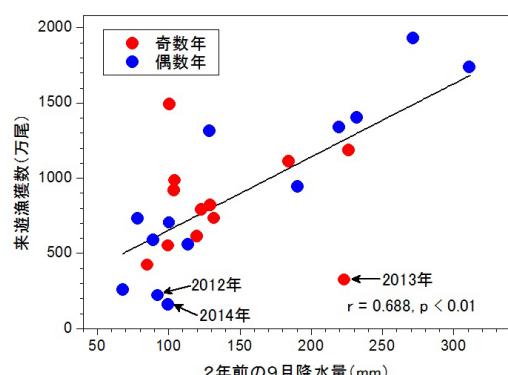


図 9. 日本系カラフトマスの来遊漁獲数と 2 年前の 9 月の降水量の関係

カラフトマスを含むさけ・ます類の資源変動は、エルニーニョの発生や、アリューシャン低気圧勢力の強弱による北西太平洋での餌生物量の増減などの沖合の海洋環境の影響が指摘されている (Beamish and Bouillon 1993、東屋ら 2001)。また、生活史の中では海洋生活初期の沿岸滞泳期での減耗が最も大きいと考えられている (Ricker 1976)。カラフトマスを含むオホーツク海の魚類群集は気候レジームシフトの影響を受けていると指摘されており (ラドチェンコ 2013)、実際、カラフトマスの漁獲量は生活史の一時期において同所的に分布するオホーツク海南部のスケトウダラ資源と長期スケールで逆位相の関係を示し (図 10)、2005 年以降はスケトウダラ資源が増加に転じている (山下ほか 2014)。さらに、近年は回帰時の高水温が親魚の接岸の障壁になっている可能性もある。カラフトマス親魚を用いた実験では水温 19℃ で 10 日後の死亡率が有意に高まることが報告されているが (Jeffries *et al.* 2013)、2013 ~ 2014 年 8 月に北海道北部でアーカイバルタグ標識放流したカラフトマスに記録された沿岸水温は平均で 18 ~ 20℃ に達していた (森田ほか 未発表)。したがって、カラフトマスの資源変動の予測精度をさらに向上させるためには、幼稚魚の沿岸生活期・索餌及び越冬期の沖合生活期・回帰親魚の沿岸来遊期を通じた海洋生活期に影響を与える環境変動要因を考慮する必要がある。

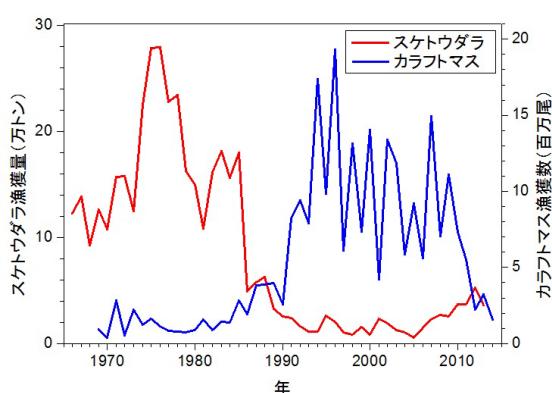


図 10. 日本系カラフトマスの来遊漁獲数とオホーツク海南部におけるスケトウダラ漁獲量 (山下ほか 2014) の変遷

管理方策

上述のゴンペルツの再生産曲線を用いて、2015 年の日本系カラフトマスの来遊漁獲数を推定すると、約 510 万尾となる (図 11)。しかし、過去 4 年間は予測された漁獲数よりも大きく下回っており、現状の予測モデルでは考慮されていない環境要因が近年はマイナスに作用している可能性が高い。最近年から 1 年ずつデータを減らして、過去の推定値がどのように変化するかを調べるレトロスペクティブ解析を行った結果、最近年の資源増加率を過大に予測していることが分かった (図 12)。したがって、2015 年も推定値を下回る可能性が高いと考えられ、最近 4 か年の過大推定度合から判断すると推定値の 40% 減の 300 万尾程度となると予測される。現在、日本系カラフトマスは低位水準で減少傾向にあると考えられることに加え、資源の変動が大きいことから、一定の河川遡上数 (主にふ化放流に使用される河川捕獲数が目安) を保持することが重要であると判断される。このような産卵親魚量一定に準じる方策に従い 2015 年の持続的沿岸漁獲数を求めることとすると、遡上の目安となる河川捕獲数 (高位水準時の年平均) は約 100 万尾である。したがって、持続的沿岸漁獲数は予測来遊漁獲数から河川捕獲数を減じた 200 万尾と計算される。実際には、漁期中における沿岸漁獲の状況に応じて、河川遡上数を確保するように漁獲圧を調整することが妥当であると考えられる。

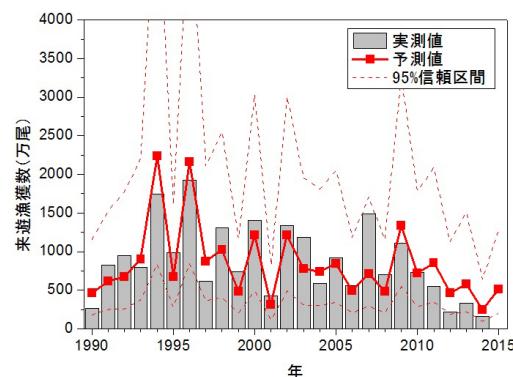


図 11. 日本系カラフトマスの来遊漁獲数の実測値と予測値の関係

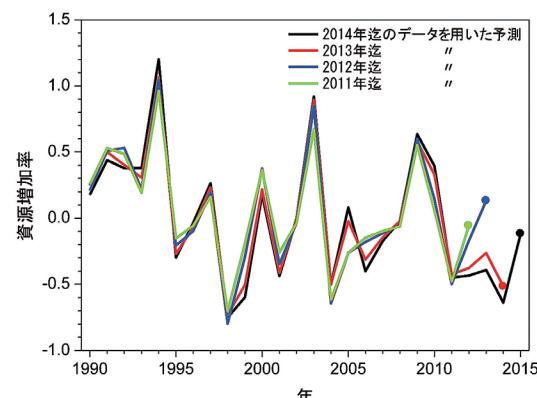


図 12. ゴンペルツ再生産曲線における資源増加率のレトロスペクティブパターン
資源増加率 = $\ln (t \text{ 年の来遊漁獲数} / t-2 \text{ 年の来遊漁獲数})$

現在、日本系カラフトマスの人工ふ化放流は、地方自治体等が策定する増殖計画に従って実施されている。今後も資源の持続的利用を図るために、水産庁、地方自治体、漁業団体及びさけ・ます増殖団体の緊密な連携協力が必要である。一方、カラフトマスの漁業資源に対する自然産卵の重要性は從来から示唆されており (Morita *et al.* 2006a)、2011～2012 年に沿岸漁獲物から抽出した標本に占める耳石温度標識の混入率から推定した結果では、北海道のふ化場から放流されたカラフトマスの資源添加率は 16.6～22.4% であると推定された (Ohnuki *et al.* In press)。即ち、人工ふ化放流魚による資源添加率は 2 割ほどにすぎず自然産卵群が漁業に大きく寄与している。これらのことから、ふ化放流に使用しない親魚の再放流及び自然産卵河川の環境整備等を含め、多面的な方法で再生産のための資源管理を行うことが望ましい。人工ふ化放流に加えて、自然再生産もバランス良く併用することで、カラフトマス資源の増殖と保全に取り組むことが喫緊の課題であると考えられる。

また、北太平洋では他の沿岸国起源のカラフトマスが混在して分布するため (高木ほか 1982)、国際資源管理の対象となっている。このことから、沿岸各国と協同して海洋域における環境収容力や高次生物生産の調査研究を進め、索餌域である北太平洋の生物生産を考慮した資源管理方策を開発する必要がある。

執筆者

北西太平洋ユニット

さけ・ますサブユニット

北海道区水産研究所 さけます資源部

繁殖保全グループ

森田 健太郎・大熊 一正

北海道区水産研究所 さけます資源部

永沢 亨

参考文献

- 東屋知範・石田行正・上野康弘・渡邊朝生. 2001. カラフトマスの生存率と海面水温との関係. 北水研報告, 65: 9-14.
- 安藤大成・藤原 真・宮腰靖之・神力義仁・隼野寛史・中嶋正道. 2010. 鰓耙数の変異を用いた北海道の 3 河川におけるカラフトマスの集団評価. 水産育種, 40: 19-28.
- Beamish, R.J., and Bouillon, D.R. 1993. Pacific salmon production trends in relation to climate. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 1002-1016.
- Bradford, M.J. 1995. Comparative review of Pacific salmon survival rates. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52: 1327-1338.
- Esin, E.V., Leman, V.N., Sorokin, Yu.V., and Chalov, S.R. 2012. Population consequences of mass coming of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* to the northeastern coast of Kamchatka in 2009. J. Ichthyol., 52: 369-378.
- Fukushima, M., and Smoker, W.W. 1998. Spawning habitat segregation of sympatric sockeye and pink salmon. Trans. Am. Fish. Soc., 127: 253-260.

- Fukushima, M., Quinn, T.J., and Smoker, W.W. 1998. Estimation of eggs lost from superimposed pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) redds. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 55: 618-625.
- 箱山洋・坂本亘. 1995. 外洋におけるカラフトマスの回遊行動と水温・日長との関係. 日本水産学会誌, 61: 137-141.
- 原子保. 1989. 青森県太平洋域および下北半島沿岸域で採捕されたサケ科魚類について. 昭和 62 年度青森県内水面水産試験場事業報告書, 48-50.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall. 406 pp.
- Hawkins, S.L., Varnavskaya, N.V., Matzak, E.A., Efremov, V.V., Guthrie III, C.M., Wilmot, R.L., Mayama, H., Yamazaki, F., and Gharrett, A.J. 2002. Population structure of odd broodline Asian pink salmon and its contrast to the even-broodline structure. J. Fish. Biol., 60: 370-388.
- Heard, W.R. 1991. Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). In: Groot, C. and Margolis, L. (eds.) Pacific salmon life histories. UBC Press. 119-230 pp.
- 疋田豊彦・寺尾俊郎. 1967. 千歳川で再びカラフトマス捕らる. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 21: 77-79.
- 星合愿一・佐藤隆平. 1973. 本州太平洋岸の安家川に溯上したカラフトマスについて. 魚類学雑誌, 20: 125-126.
- 星野 昇・藤原 真・春日井 潔・宮越靖之・竹内勝巳. 2008. 北海道におけるカラフトマスの集団構造: 奇数年回帰群に見られる漁獲動向および形態的特徴の地域変異. 北海道水産孵化場研報, 62: 1-14.
- 北海道さけ・ますふ化場. 1955, 1973, 1976. 昭和 28 年度、昭和 46 年度、昭和 49 年度 事業成績書. 水産庁北海道さけ・ますふ化場, 札幌.
- 北海道総合研究機構. 2013. 網走沿岸におけるサケ稚魚の生態に関する研究. In 平成 23 年度 道総研さけます・内水面水産試験場事業報告, 恵庭市. 32 p.
- 北海道総合研究機構. 2014. 根室海区におけるカラフトマスの回帰特性に関する研究. In 平成 24 年度 道総研さけます・内水面水産試験場事業報告, 恵庭市. 27-29 p.
- 藤原 真. 2011. カラフトマスの放流効果は? 北水試だより, 82: 17-19.
- Irvine, J.R., Fukuwaka, M., Kaga, T., Park, J.H., Seong, K.B., Kang, S., Karpenko, V., Klovach, N., Bartlett, H., and Volk, E. 2009. Pacific Salmon Status and Abundance Trends. (NPAFC Doc. 1199, Rev. 1) CSRS, Working Group on Stock Assessment, NPAFC, Vancouver. 153 pp.
- 飯田真也・宮腰靖之・加藤毅・徳田裕志・藤原真・安藤大成. 2014. 北海道オホーツク海側のウライ設置河川および非設置河川におけるカラフトマスの自然産卵. 水産増殖, 62: 129-136.
- 稻葉修. 2005. 淡水魚類. In 小林清治 (監修), 原町市史 第 8 卷 特別編 I 「自然」. 福島県原町市. 692-747 pp.
- Ishida, Y., Ito, S., Ueno, Y., and Sakai, J. 1998. Seasonal growth patterns of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in

- offshore waters of the North Pacific Ocean. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 1: 66-80.
- Jeffries, K.M., Hinch, S.G., Sierocinski, T., Pavlidis, P., and Miller, K.M. 2013. Transcriptomic responses to high water temperature in two species of Pacific salmon. *Evol. Appl.*
- Kaeriyama, M. 1999. Hatchery programmes and stock management of salmonid populations in Japan. In: Howell, B.R., Moksness, E. and Svåsand, T. (eds.) *Stock enhancement and sea ranching*. Blackwell Science Ltd., Oxford. pp. 153-167.
- Kaev, A.M., and Romasenko, L.V. 2007. Possible causes and effects of shifts in trends of abundance in pink salmon of Kunashir Island, a population near the southern limit of its range in Asia. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 4: 319-326.
- Kaev, A.M., Antonov, A.A. Chupakhin, V.M., and Rudnev, V.A. 2007. Possible causes and effects of shifts in trends of abundance in pink salmon of southern Sakhalin and Iturup Islands. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 4: 23-33.
- Kovach, R.P., Gharrett, A.J., and Tallmon, D.A. 2012. Genetic change for earlier migration timing in a pink salmon population. *Proc. R. Soc. B.* 279: 3870-3879.
- Kovach, R.P., Joyce, J.E., Echave, J.D., Lindberg, M.S., and Tallmon, D.A. 2013. Earlier migration timing, decreasing phenotypic variation, and biocomplexity in multiple salmonid species. *PLoS ONE* 8: e53807.
- 小林哲夫. 1968a. サケとカラフトマスの産卵環境. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 22: 7-13.
- 小林哲夫. 1968b. カラフトマス稚魚の降海期について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 22: 1-5.
- 小林哲夫・原田滋. 1966. 西別川におけるサケ・マスの生態調査 II カラフトマス稚魚の降海移動, 成長, 食性. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 20: 1-10.
- 小林哲夫・阿部進一・尾崎豈志. 1978. 遊楽部川におけるサケ・マス生態調査 3. カラフトマスの回帰について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 32: 1-8.
- Kwain, W. 1987. Biology of pink salmon in the north American Great Lakes. *Am. Fish. Soc. Symp.* 1: 57-65.
- Maselko, J.M., Wertheimer, A.C., and Thedinga, J.F. 1999. Estimating probing behavior of pink salmon. In: *Proceedings of the 19th Pink and Chum Salmon Workshop*, Juneau, National Marine Fisheries Service. pp. 40-48.
- 真山紘. 1985. カラフトマス一放流による遺伝形質混乱の危機. In 沖山宗雄・鈴木克美 (編), 日本の海洋生物 侵略と搅乱の生態学. 東海大学出版会. 27-35 pp.
- 宮腰靖之. 2006. 網走市周辺におけるカラフトマスの遡上状況調査. 魚と水, 42: 45-48.
- Morita, K., Morita, S.H., and Fukuwaka, M. 2006a. Population dynamics of Japanese pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*): are recent increases explained by hatchery programs or climatic variations? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 63:55-62.
- Morita, K., Saito, T., Miyakoshi, Y., Fukuwaka, M., Nagasawa, T., and Kaeriyama, M. 2006b. A review of the Pacific salmon hatchery programs on Hokkaido Island, Japan. *ICES J. Mar. Sci.*, 63: 1353-1363.
- 森田健太郎・大熊一正・永沢亨. 2013. カラフトマス 日本系. In 水産庁 (編), 平成 24 年度国際漁業資源の現況. 水産庁・水産総合研究センター.
- 森田健太郎. 2015. 水温に左右されるサケ科魚類の生活～地球温暖化の影響を考えるために～. *Salmon 情報*, 9: 3-11.
- Mortensen, D.G., Wertheimer, A.C., Maselko, J.M., and Taylor, S.G. 2002. Survival and straying of Auke Creek, Alaska, pink salmon marked with coded wire tags and thermally induced otolith marks. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 131: 14-26.
- Nagasawa, K., Azumaya, T., and Ishida, Y. 2002. Impact of predation by salmon sharks (*Lamna ditropis*) and daggertooth (*Anotopterus nikparini*) on Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) stocks in the North Pacific Ocean. *N. Pac. Anadr. Fish Comm Tech. Rep.*, 4: 51-52.
- 永沢亨. 2011. 日本のさけます流し網漁業. 日本水産学会誌, 77: 915-918.
- 農林水産省. 2014. 平成 25 年漁業・養殖業生産統計. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/> (2014 年 11 月 30 日)
- 小川良徳・名角辰郎. 1959. カラフトマスの胃中から得たホッケの稚魚について. 日本水産学会誌, 24: 893-895.
- Ohnuki, T., Morita, K., Tokuda, H., Okamoto, Y., and Ohkuma, K. Numerical and economic contributions of wild and hatchery pink salmon to commercial catches in Japan estimated from mass otolith markings. *N. Am. J. Fish. Manage.* In. Press.
- ラドチェンコ, V. 2013. 気候変動とそのオホーツク海の生態系への影響. In 桜井泰憲・大島慶一郎・大泰司紀之 (編), オホーツクの生態系とその保全. 北海道大学出版会. 147-152 pp.
- Ricker, W.E. 1976. Review of the rate of growth and mortality of Pacific salmon in salt water, and non-catch mortality caused by fishing. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 1483-1524.
- 佐野誠三・小林哲夫. 1953. 遊楽部川に於ける樺太鱈 (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) の回帰に就いて. 孵化場試験報告, 8: 1-9.
- Sasaki, K., Saito, T., and Nagasawa, T. 2014. Preliminary statistics for 2013 commercial salmon catches in Japan. (NPAFC Doc. 1515) Hokkaido National Fisheries Research Institute, Sapporo. 2 pp.
- 下田和孝・神力義仁・春日井潔・星野昇. 2010. 北海道産カラフトマスの形態変異. 日本水産学会誌, 76: 20-25.
- 高木健治・K. V. アロー・A. C. ハート・M. D. デル. 1982. 北太平洋の沖合水域におけるカラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) の分布及び起源. 北太平洋漁業国際委員会研究

報, 40: 1-178.

Taylor, S.G. 2008. Climate warming causes phenological shift in pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, behavior at Auke Creek, Alaska. *Global Change Biol.*, 14: 229-235.

Thedinga, J.F., Wertheimer, A.C., Heintz, R.A., Maselko, J.M., and Rice, S.D. 2000. Effects of stock, coded-wire tagging, and transplant on straying of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in southeastern Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57: 2076-2085.

虎尾 充. 2009. カラフトマスは生まれた川に帰ってくるのか? 試験研究は今, 636: 1-3.

虎尾 充. 2014. 北海道根室海峽沿岸河川で捕獲された小型カラフトマス(短報). *北水試研報*, 86: 151-154.

虎尾 充・竹内勝巳・佐々木義隆・春日井潔・村上 豊・永田光博. 2010. 当幌川におけるカラフトマス放流魚と野生魚の降河生態. *北海道水産孵化場研報*, 64: 7-15.

虎尾 充・永田光博・佐々木義隆・竹内勝巳・春日井潔. 2011. 北海道東部当幌川水系におけるカラフトマス天然産卵集団の存在(短報). *北水試研報*, 80: 45-49.

Wickett, W.P. 1958. Review of certain environmental factors affecting the production of pink and chum salmon. *J. Fish. Res. Board Can.*, 15: 1103-1126.

山田 綾・越野陽介・工藤秀明・阿部周一・荒井克俊・帰山 雅秀. 2012. ミトコンドリア DNA 分析によるカラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha* 集団構造の年級群間比較. *日本水産学会誌*, 78: 973-975.

山下夕帆・田中寛繁・千村昌之・船本鉄一郎. 2014. 平成 26 年度スケトウダラオホーツク海南部の資源評価. In 平成 26 年度 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産総合研究センター.

横山雄哉・越野陽介・宮本幸太・工藤秀明・北田修一・帰山雅秀. 2010. 知床半島ルシャ川におけるカラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha* の産卵遡上動態評価. *日本水産学会誌*, 76: 383-391.

カラフトマス(日本系)の資源の現況(要約表)

資源水準	低位
資源動向	減少
我が国の漁獲量(最近5年間)	0.5~1.7万トン 平均:1.0万トン(2009~2013年)
管理目標	現在の資源水準の維持
目標値	平均沿岸漁獲数(過去10年) 6百万尾
資源の現状	2014年の沿岸漁獲数/目標値=0.22
管理措置	産卵親魚量一定方策 持続的河川捕獲数 1.0 百万尾 稚魚放流 1.4 億尾 幼魚・未成魚期・成魚期 EEZ 外、成魚期河川内禁漁
管理機関・関係機関	NPAFC・日ロ漁業合同委員会
最新の資源評価年	—
次回の資源評価年	—

付表 1. 日本系カラフトマスの放流数（万尾）、耳石標識数（内数）、沿岸漁獲数（7～12 月）及び河川捕獲数（万尾）

年	放流数	耳石標識 [*] 放流数 (内数)	沿岸漁獲数 (7～12 月)	河川捕獲数
1969	2146.9		85.9	10.3
1970	6455.6		32.9	4.3
1971	1587.3		253.5	27.4
1972	13968.7		47.0	5.0
1973	2039.0		204.8	20.2
1974	8909.1		111.5	12.1
1975	5246.0		148.3	14.7
1976	6586.4		105.3	8.8
1977	3755.8		71.0	11.6
1978	5039.0		71.9	4.7
1979	2339.8		59.7	15.3
1980	6943.3		79.6	6.8
1981	2791.8		137.0	19.4
1982	10270.3		76.2	11.9
1983	5727.7		105.1	37.7
1984	15279.0		111.0	26.6
1985	10029.0		224.0	58.9
1986	12425.1		152.7	39.6
1987	12563.8		298.7	84.1
1988	13592.3		332.0	54.4
1989	13209.0		338.5	60.0
1990	13851.7		222.2	37.5
1991	13459.8		704.1	117.4
1992	14082.4		846.9	94.9
1993	13784.7		754.3	38.8
1994	13982.1		1548.1	190.7
1995	11792.0		903.5	82.0
1996	13768.9		1701.3	228.5
1997	13670.6		562.0	52.3
1998	14055.2		1181.9	130.5
1999	14208.9		670.5	63.9
2000	13906.9	98.5	1278.2	126.3
2001	14272.4	282.0	382.6	40.7
2002	14478.2	260.0	1219.2	118.1
2003	14402.8	433.7	1065.6	118.2
2004	14509.5	137.3	521.9	65.3
2005	14590.3	225.1	828.7	89.4
2006	14720.4	598.9	465.2	94.2
2007	15123.9	1496.9	1347.3	143.6
2008	14181.1	3416.1	612.4	91.7
2009	14977.4	2502.0	979.2	131.5
2010	14468.5	2848.6	644.0	87.2
2011	14760.5	2515.4	493.3	59.2
2012	13777.1	2396.9	195.6	25.7
2013	10162.2	2086.2	277.2	47.7
2014	未確定	3094.2	131.6	26.5

*耳石温度標識と ALC 標識を含む