

北海道沿岸で漁獲されたサケの年齢と成熟度の季節変化

春日井 潔*

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場道東センター

Seasonal changes in age and maturity of chum salmon *Oncorhynchus keta* landed on fishermen's cooperative associations in Hokkaido

KIYOSHI KASUGAI*

Doto Research Center, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Nakashibetsu, Hokkaido 086-1164, Japan

The age and maturity of chum salmon *Oncorhynchus keta*, which landed on 17 fishermen's cooperative associations in Hokkaido were surveyed between 2004 and 2014. Sexual maturity based on body color of each fish was recorded, and the scales were removed from 50 females and 50 males from each survey site once a month between September and November each year. Age and proportion of mature fish were analyzed for all specimens grouped by sex, catch date (ten days interval), and survey site throughout the duration of the survey. With the change of seasons, the mean ages of the fish decreased in eastern Hokkaido, and the number of mature fish increased at the many survey sites in the Nemuro region and the Pacific Ocean coast, for both sexes.

キーワード：沿岸漁獲物, 季節変化, サケ, 成熟度, 年齢

北海道においてサケ *Oncorhynchus keta* は、おもに9～12月にかけて各地の沿岸で漁獲されるとともに、河川に遡上し、ふ化放流事業を行うために捕獲されている。北海道においてサケは地域によって漁獲・遡上時期や形態が異なることが古くから知られている（佐野・久保, 1946; 渡辺, 1955）。漁獲・遡上時期や形態のような生物学の特徴は各地域の気候や河川・海洋環境において生残を高めるために適応して形成されてきたと考えられる。このため、各地域のサケの生物学の特性を把握することは地域に合った増殖事業や資源管理を行う上で重要である。

北海道の河川に回帰遡上するサケについては、2000年以降、全道の主要な河川で捕獲期間を通して定期的に体サイズや年齢組成が調べられており、近年では、本州を含めた日本のサケについて地域毎にまとめられて解析され、地域間で体サイズ、成熟年齢、繁殖形質などに差異があることが示されている（斎藤ら, 2015）。また、集団遺伝学的な分析から北海道のサケは5地域個体群に分け

られ、それらは北海道沿岸における漁業の資源管理を行う5つの海区、すなわちオホーツク海区、日本海区、えりも以西太平洋海区、えりも以東太平洋海区、根室海区におおよそ対応している（Beacham et al., 2008; 佐藤・浦和, 2015）。

一方、来遊資源の約9割を占める沿岸漁獲物については、2004～2014年にかけて全道の主な漁業協同組合の市場で年齢組成、体サイズ（体長および体重）、成熟度が調べられている以外に長期間にわたる調査は行われていない（宮腰ら, 2015）。この調査の結果からは、沿岸漁獲物においても海区の間で年齢組成や体サイズに違いがあることが示唆されている（宮腰ら, 2015）。また、根室海区の標津で行っている年齢組成のみの調査の結果からは、沿岸漁獲物の年齢組成が季節の進行にともない変化することが報告されているが（春日井ら, 2015）、他の地域では十分に明らかになっていない。サケは性成熟の進行にともない、銀白色を呈するギンケ（銀毛）から、黒色を帯び赤色や黄色の縞模様が現れる婚姻色を呈するブナ

(ブナケ, ブナ毛) に変化する。沿岸で漁獲されるサケは、漁期早期にはギンケが多く、盛期以降にはブナが多くなることや(西野, 1981), ギンケが出現する割合は地域による違いがあることが知られている(広井, 1985; 中居, 1985)。このように北海道の沿岸域で漁獲されるサケは年齢組成や成熟度が季節や地域によって異なっていると思われる。各海区や地区の沿岸漁獲物の年齢組成については宮腰ら(2015)が、成熟度については広井(1985)が地域間に違いがあることを報告しているが、年齢組成や成熟度の季節変化については十分に報告されていない。沿岸漁獲物と近隣の河川捕獲物の年齢組成の季節変化を比較検討することにより、沿岸漁獲物と河川捕獲物の関係を明らかにする一助になると思われる。また、沿岸漁獲物の成熟度が一定の傾向を持って季節変化するのであれば、成熟度を調べることにより漁期の進行度合の推測に活用できるものと思われる。

本研究では宮腰ら(2015)が用いた沿岸漁獲物のデータを分析し、調査場所ごとに年齢組成と成熟度の季節変化を把握することを目的とした。サケの来遊尾数の季節変化が年によって異なるのと同様に、沿岸漁獲物の年齢組成や成熟度の季節変化にも年変動があることが予想される。そこで本研究では、2004~2014年の11年間のデータを束ねることにより年変動の影響を小さくし、季節変化の傾向を把握することを目指した。

材料と方法

調査場所および調査内容 2004~2014年にかけて(調査場所によっては2005年もしくは2006年に開始)、北海道沿岸の各海区、すなわち、オホーツク海区、日本海区、根室海区、えりも以東太平洋海区(以降、えりも以東)、えりも以西太平洋海区(以降、えりも以西)の各地区において1~2か所、計17か所において年齢組成と成熟度を把握する調査を行った(Fig.1; Table 1)。各調査場所においては、9~11月に原則として毎月1回調査を行い、各調査日に水揚げされたサケのうち雌雄各50個体から鱗の採取および成熟度の記録を行った。ただし、漁獲数が少ない場合は計画された個体数に満たない場合があった。

採取した鱗からは定法(宮腰, 2014)に従って年齢査定を行った。成熟度は羽田野(1985)に従い、体色に基づいて判断し、ギンケをS、うっすらと婚姻色が現れてきたものをAブナ、完全な婚姻色を呈しているものをCブナとし、AブナとCブナの間をBブナとした(以降、「ブナ」は省略)。

データ解析 本研究では地区毎の沿岸漁獲物の年齢や成熟度の大きな傾向を把握するため、各調査場所のデータを用いて雌雄別、漁獲旬別に群をつくり解析を行った。年齢は群毎に平均値を算出し、これらを各群の平均年齢とした。また、群毎に成熟魚比率を算出して、成熟度の指標とした。成熟魚比率は、中居(1985)を参考に成熟

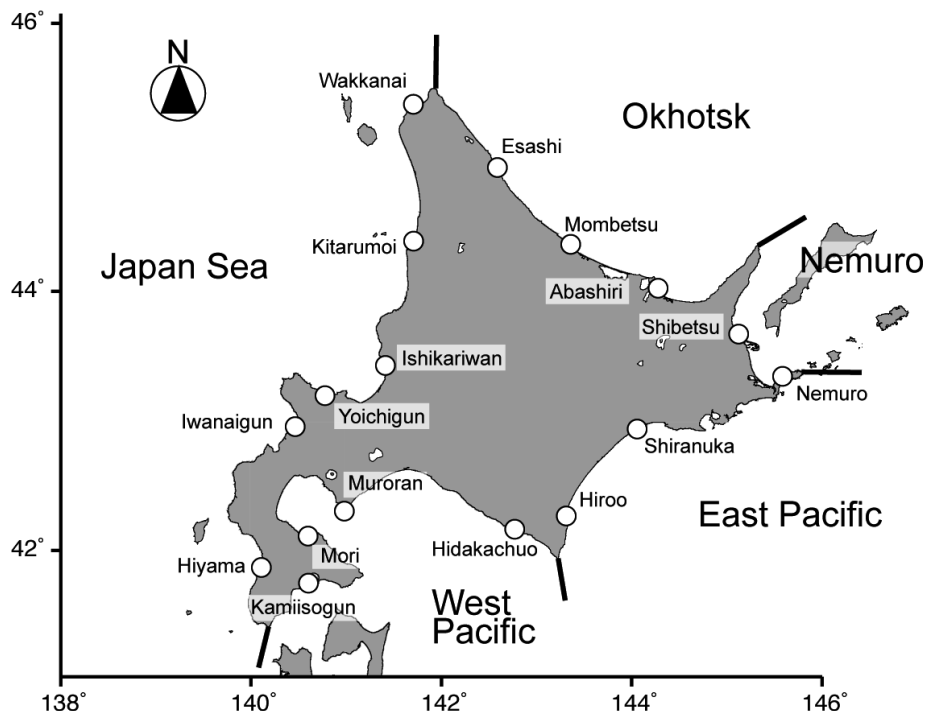


Fig.1 Regions for fishery management in Hokkaido waters and fishermen's cooperative associations where landed chum salmon were examined for age and maturity in this study.

Table 1 Number of chum salmon examined for age and maturity in this study, which were caught between 2004 and 2014 in Hokkaido. Each cell indicates the number of female/number of male, respectively.

Region	Season Survey site	September			October			November			Total
		early	mid-	late	early	mid-	late	early	mid-	late	
Japan Sea	Hiyama		400/400	50/50	400/400	150/150					2,000
	Iwanaigun	50/50	500/499		550/549						2,199
	Yoichigun		416/400	200/198	298/282	299/299					2,394
	Ishikariwan	205/245	397/454	747/743	697/693	196/204					4,581
	Kitarumoi		150/150	600/600	600/600	150/150					3,000
	Wakkanai		467/507	162/159	271/294	302/217					2,379
Okhotsk	Esashi	100/100	791/765		394/406	250/250	199/201	449/450			4,355
	Mombetsu		551/550			450/450	100/100	548/540			3,289
	Abashiri		650/650		101/96	600/600	50/50	550/549			3,896
Nemuro	Shibetsu	350/350	300/300	149/150	300/300	450/446	496/504	100/100			4,295
	Nemuro	380/397	126/150		552/547		486/493				3,131
East Pacific	Shiranuka	200/200	349/347		350/350	200/200	190/163	299/271			3,119
	Hiroo	450/450	350/350		650/649	100/100	549/551	200/200			4,599
West Pacific	Hidakachuo		349/349	150/148	100/100	649/650	150/150	200/200	522/508		4,225
	Muroran		99/100	650/650	50/50	254/346	349/349	341/350	389/385		4,362
	Mori			541/532		286/299	240/249	350/350	100/100	100/100	3,247
	Kamiisogun			547/550		483/500	50/50	50/50	450/450	50/50	3,280

の進んだBおよびCを成熟魚と定義し、下式により求めた。

$$\text{成熟魚比率} = (\text{Bの個体数} + \text{Cの個体数}) / \text{全個体数}$$

さらに、平均年齢および成熟魚比率について、それぞれ漁獲旬別に調査実施年全体（2004～2014年）の平均値を算出して、これらを旬平均年齢および旬成熟魚比率とした。

各調査場所における旬平均年齢および旬成熟魚比率の季節変化を検討するため、それぞれの漁獲旬に対する相関係数を算出した。漁獲旬は9月上旬から11月下旬までを旬毎に早い時期から順に1から9で割り当ててコード化し、解析に供した。相関係数としてSpearmanの順位相関係数（ ρ ）を用い、有意水準は0.05とした。統計解析にはR ver 3.0.2を用いた（R Core Team, 2013）。

結果

平均年齢 旬平均年齢は、多くの調査場所において季節の進行にともない低下した（Fig.2）。一方、えりも以西海区の日高中央や室蘭では雌雄ともに漁獲期間を通じて旬平均年齢は大きく変化しなかった。

漁獲旬と旬平均年齢の間の相関係数（ ρ ）は、えりも以西海区の日高中央、室蘭、上磯郡の雌を除いてすべて負の値を示した（Table 2）。中でも、日本海区の檜山、余市、および北るもいの雌、岩内郡および稚内の雄、オホーツク海区、根室海区、およびえりも以東海区の雌雄

において有意な関係を示し、季節の進行とともに旬平均年齢が低下した（Table 2）。

成熟魚比率 旬成熟魚比率は、根室海区の標津、えりも以東海区、えりも以西海区の森および上磯郡では、雌雄ともにおおむね季節の進行とともに高くなった（Fig.3）。しかし、日本海区の石狩湾では雌雄ともに季節の進行とともに減少し、オホーツク海区の枝幸では低い値のまま推移するという特徴が見られた。一方、上記以外の場所では旬成熟魚比率は大きく増減し一定の傾向を見出せなかった。

漁獲旬と旬成熟魚比率の間の相関係数をみると、日本海区の石狩湾、北るもい、および稚内の雌、檜山、岩内郡、および石狩湾の雄では負の値を示したが、それら以外の場所ではすべて正の値を示した（Table 2）。中でも、根室海区、えりも以東海区、およびえりも以西海区では、根室の雄と日高中央の雌を除きすべてにおいて有意な相関関係が得られ、季節が進むほど旬成熟魚比率が上昇した（Table 2）。

考察

河川で捕獲されるサケは遡上初期に高齢魚が多く、徐々に若齢魚が増える（小林, 1961；帰山, 1977；Salo, 1991；Quinn, 2005；Molyneaux *et al.*, 2009；春日井ら, 2015）。根室海区の標津沿岸では近隣の標津川と同様に

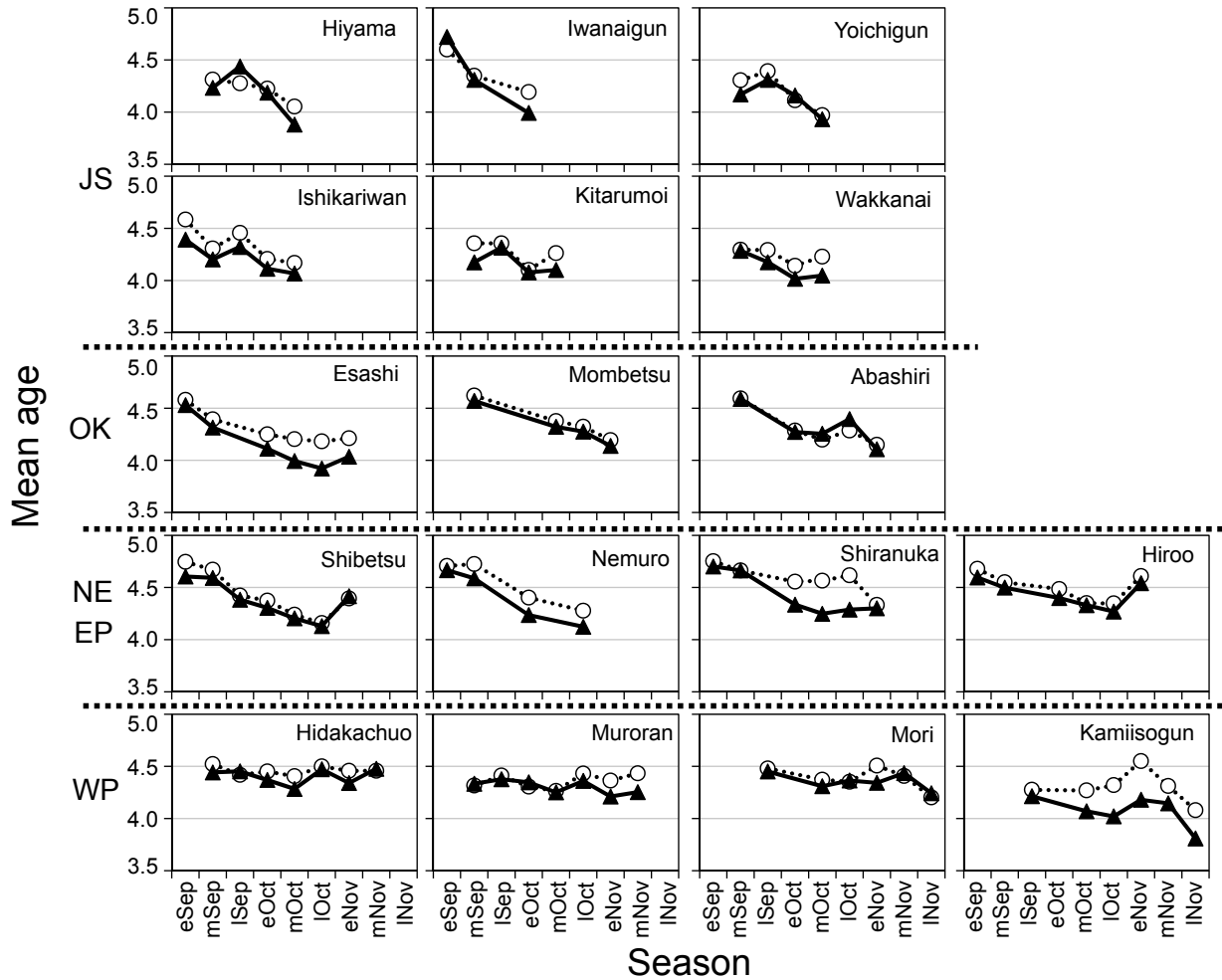


Fig. 2 Seasonal changes in the mean age of female and male chum salmon landed on each fishermen's cooperative associations of Hokkaido. Open circles and closed triangles indicate female and male, respectively. JS: Japan Sea Region; OK: Okhotsk Region; NE: Nemuro Region; EP: Eastern Pacific Region; WP: Western Pacific Region.

季節の進行にともない平均年齢が低下することが報告されている (春日井ら, 2015)。本研究では北海道東部の3海区においても季節の進行にともない平均年齢が低下することが確認された, 一方で, えりも以西海区や日本海区の一部の場所では平均年齢の低下が見られなかった (Fig.2)。えりも以西海区や日本海区では11月以降に高齢魚の比率が高くなる河川があることから (北海道立水産孵化場, 2005~2011; 北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場, 2012~2015), これらの河川に遡上するサケの年齢組成を反映しているものと考えられた。

河川で捕獲されるサケの雌では, 捕獲時に卵が受精可能な排卵状態になっていない場合には蓄養池に収容して排卵を待つ (野川, 2010)。北海道では蓄養池に収容する期間は早い時期に遡上する魚ほど長く, 遡上時期が遅くなるほど短くなる傾向がある (帰山, 1977; 奈良, 1997)。このことは, 河川の捕獲場においても早い時期には成熟が進んでいないのに対し, 季節が進むほど成熟が進んで

いることを示しており, 季節の進行とともに成熟魚比率が高くなるという本研究の結果に対応している。季節の進行とともに成熟魚比率が高くなる地域では, 漁獲量との関係を見出すことで, 成熟魚比率の変化から漁獲終了時期の見通しを推測することができるかもしれない。また, 近年の研究から, 遅い時期に遡上する魚が早い時期に接岸し漁獲されている例も明らかにされている (森田, 2017; Morita, 2019)。根室海区や太平洋側のえりも以東海区およびえりも以西海区の多くの場所において, 漁期早期に漁獲物の成熟魚比率が低いのは, 成熟の進んでいない遡上時期の遅い魚が多く含まれていることに起因する可能性がある。

本研究で得られた漁獲旬毎の平均年齢や成熟魚比率を基準として, それらからの偏差を調べることにより, 年齢組成や成熟魚比率の年変動を検討することが可能かもしれない。ただし, より詳細な解析には漁期全体にわたる連続したデータが必要であるので, 沿岸漁獲物の漁期

Table 2 Spearman's correlation coefficients between season code and mean age or proportion of mature fish for each sex of chum salmon caught at each survey site between 2004 and 2014 in Hokkaido. Shaded values are statistically significant.

Region	Survey site	Mean age				Proportion of mature fish			
		Female		Male		Female		Male	
		ρ	p value	ρ	p value	ρ	p value	ρ	p value
Japan Sea	Hiyama	-0.543	0.030	-0.460	0.073	0.160	0.569	-0.229	0.411
	Iwanaigun	-0.294	0.237	-0.583	0.011	0.124	0.624	-0.113	0.654
	Yoichigun	-0.509	0.031	-0.291	0.242	0.043	0.866	0.295	0.234
	Ishikariwan	-0.357	0.073	-0.324	0.107	-0.281	0.174	-0.099	0.638
	Kitarumoi	-0.509	0.016	-0.406	0.061	-0.056	0.804	0.437	0.042
	Wakkanai	-0.150	0.540	-0.509	0.026	-0.124	0.614	0.259	0.284
Okhotsk	Esashi	-0.455	0.011	-0.636	< 0.001	0.240	0.202	0.235	0.211
	Mombetsu	-0.858	< 0.001	-0.761	< 0.001	0.235	0.237	0.184	0.358
	Abashiri	-0.748	< 0.001	-0.748	< 0.001	0.347	0.060	0.314	0.091
Nemuro	Shibetsu	-0.798	< 0.001	-0.691	< 0.001	0.565	< 0.001	0.647	< 0.001
	Nemuro	-0.788	< 0.001	-0.859	< 0.001	0.613	< 0.001	0.258	0.194
East Pacific	Shiranuka	-0.510	0.008	-0.669	< 0.001	0.811	< 0.001	0.699	< 0.001
	Hiroo	-0.407	0.032	-0.394	0.039	0.644	< 0.001	0.388	0.042
West Pacific	Hidakachuo	0.006	0.973	-0.010	0.955	0.345	0.062	0.502	0.006
	Muroran	0.115	0.553	-0.282	0.138	0.591	< 0.001	0.512	0.005
	Mori	-0.117	0.561	-0.133	0.508	0.427	0.026	0.581	0.001
	Kamiisogun	0.100	0.620	-0.250	0.208	0.691	< 0.001	0.676	< 0.001

全体にわたる連続的なデータを蓄積してゆくことが望まれる。

謝 辞

本調査は北海道庁によるサケマス増殖事業の統括管理の一環として、水産技術普及指導所、北海道水産林務部、各（総合）振興局産業振興部水産課、さけます・内水面水産試験場（旧 北海道立水産孵化場）が共同で行いました。各機関において調査に携わった方々に深く感謝いたします。また、調査に協力していただいた各漁業協同組合、市町村役場、各管内さけ・ます増殖事業協会、北海道区水産研究所などの方々にこの場を借りて深く感謝いたします。

引用文献

Beacham, TD, Sato S, Urawa S, Khai DL, Wetklo M. Population structure and stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from Japan determined by microsatellite DNA variation. *Fish. Sci.* 2008 ; 74 : 983-994.

羽田野六男. ブナ化と成分変化. 「秋サケの資源と利用（座

間宏一・高橋裕哉編）」恒星社厚生閣, 東京. 1985 ; 68-83.

広井 修. 性成熟. 「秋サケの資源と利用（座間宏一・高橋裕哉編）」恒星社厚生閣, 東京. 1985 ; 38-52.

北海道立水産孵化場. サケ資源動態・生物統計調査, 「平成6~21年度事業成績書」, 恵庭市, 2005~2011.

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場. サケ資源動態・生物統計調査, 「平成22~26年度事業報告書」, 恵庭市, 2012~2015.

帰山雅秀. 十勝川水系におけるサケ・マスの人工再生産効率向上に関する研究-II. 1976年, 十勝川におけるサケ親魚溯上動向とその捕獲・採卵方法について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1977 ; 31 : 55-70.

春日井 潔, 安藤大成, 宮腰靖之, 虎尾 充. 標津沿岸および標津川におけるサケの年齢組成変化. 北海道水産試験場研究報告 2015 ; 88 : 55-58.

小林哲夫. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の年齢, 成長並びに系統に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1961 ; 16 : 1-102.

宮腰靖之. 北海道東部沿岸で漁獲された9歳魚のサケ. 北海道水産試験場研究報告 2014 ; 85 : 33-35.

宮腰靖之, 春日井 潔, 青山智哉, 安藤大成, 飯嶋亜内, 卜部浩一, 大森 始, 小山達也, 楠田 聡, 佐々木義隆, 實吉

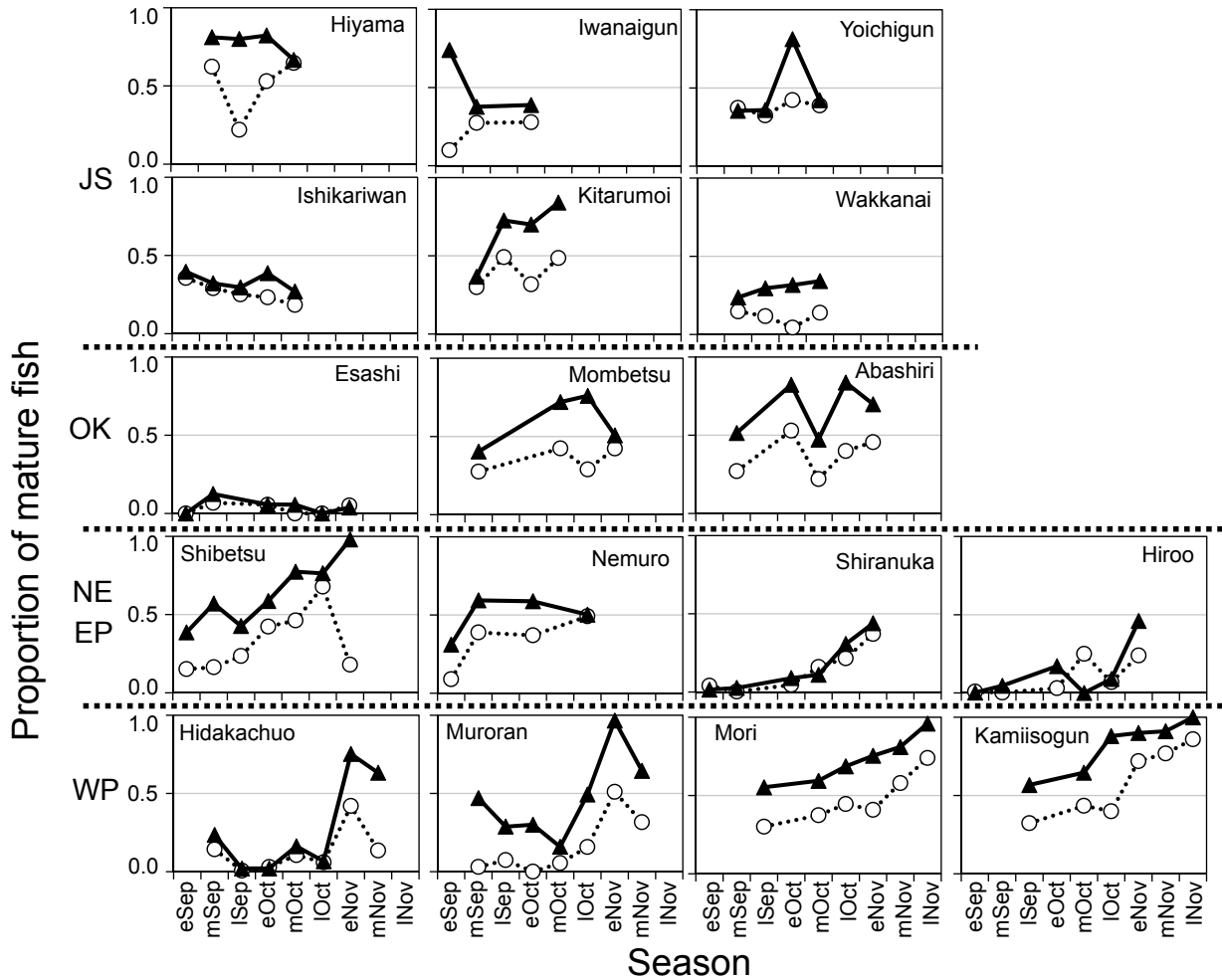


Fig. 3 Seasonal changes in the proportion of mature female and male chum salmon that landed on each fishermen's cooperative associations of Hokkaido. Symbols and abbreviations are the same as in Fig.2.

隼人, 下田和孝, 神力義仁, 竹内勝巳, 虎尾 充, 畑山 誠, 隼野寛史, 藤原 真, 宮本真人, 安富亮平, 星野 昇. 北海道沿岸で漁獲されたサケの年齢組成と魚体サイズ. 北海道水産試験場研究報告 2015 ; 88 : 81-106.

Molyneaux DB, Brodersen AR, Shelden CA. Salmon age, sex, and length catalog for the Kuskokwim Area, 2008. Regional Information Report No. 09-06, Alaska Department of Fish and Game, Anchorage. 2009 ; 77pp.

森田健太郎. サケ沿岸漁獲物の耳石温度標識魚調査. SALMON情報 2017 ; 11 : 33-35.

Morita, K. Earlier migration timing of salmonids: an adaptation to climate change or maladaptation to the fishery? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2019 ; 76 : 475-479.

中居 裕. 秋サケの市場・流通. 「秋サケの資源と利用 (座間宏一・高橋裕哉編)」 恒星社厚生閣, 東京. 1985 ; 125-136.

奈良和俊. サケ・マス類の親魚の捕獲時期別の蓄養日数調査. 魚と卵 1997 ; 166 : 13-27.

西野一彦. ブナ毛対策について. 魚と卵 1981 ; 151 : 44-51.

野川秀樹. さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史 (序説). 水産技術 2010 ; 3 : 1-8.

Quinn, TP. *The Behavior and Ecology of Pacific Salmon and Trout*. University of Washington Press, Seattle. 2005.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. URL <http://www.R-project.org/>.

斎藤寿彦, 岡本康孝, 佐々木 系. 日本系サケの生物学的特性. 水産総合研究センター研究報告 2015 ; 39 : 85-120.

Salo EO. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). In: Groot C, Margolis L (eds). *Pacific Salmon Life Histories*. UBC Press, Vancouver. 1991 ; 231-309.

佐野誠三, 久保達郎. 北海道各河川遡上鮭 (*O. keta*) の生態調査 1. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1946;1: 1-11.

佐藤俊平, 浦和茂彦. 日本系サケの遺伝的個体群構造. 水産総合研究センター研究報告 2015 : 39 : 21-47.
渡辺宗重. 北海道産鮭の卵に関する二・三の観察. 特に卵

の大きさより見たる鮭の系統について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1955 : 10 : 7-20.