

サケとカラフトマスの産卵環境

小 林 哲 夫

Some Observation on the Natural Spawning Ground of Chum and Pink Salmon in Hokkaido

Tetsuo KOBAYASHI

The natural spawning grounds of chum salmon and that of pink salmon in Hokkaido were observed. It was found that the environmental conditions of spawning ground of chum salmon are different from those of pink salmon, the chum salmon selecting in the direct spring with out regard the surface stream water. The spawning bed of chum salmon is of almost constant water temperature indicating 6.7-11.1 °C. It shows dissolved oxygen (31.3-73.9 %), low pH (6.3-6.5) and high dissolved carbon dioxide (17.8-25.2 ppm).

In case of pink salmon spawning bed was found in the water of faster velocity (34.3-112.5 cm/sec.) as compared with that of chum salmon. The pink salmon spawn in the gravel in which the surface stream water permeates sufficiently, and so the water of inter-gravel shows high dissolved oxygen (97.4-99.4 %).

I ま え が き

サケ・マスの産卵は普通一般魚類と異なり砂礫中に穴を掘り、産卵後再び埋没するという特徴が知られ、これを産卵巣あるいは産卵床と呼んでいる。

産み落とされた卵は砂礫中で他の生物の食害、あるいは出水による流失から保護され、4ヶ月～6ヶ月後に稚魚となって砂礫から脱出し、夫々の生態にもとづいた生活を営んで行く。このようなサケ・マスの産卵生態は同属でも種によって特徴があることが知られている。

サケ (*O. keta*) については、佐野 (1960) が詳細に観察し、増水、その他によって河底が変化しない限り産卵床は毎年一定場所に作られ、砂泥が少ないこと、地下水の湧出が大きな選定条件になっており、産卵床内の水温は何れも7～8°Cを示す処が多く、4°C以下の場所には全く産卵していないことを報告している。しかし、このような場所の選択にはどのようなメカニズムが働くか今の所明らかにされていない。

今回、サケ、カラフトマスの産卵条件について観察する機会が得られ、産卵機構解明の手掛りへの一助ともなればと考え、二、三の知見をここに報告する次第である。

この報告を取纏めるに当り調査に多大の御厚配を戴いた調査課長佐野誠三、また終始多大の助力を提供された調査課阿部進一、元事業第二課長沢有晃、米長優、北見支場川端肇、鎌口憲治、渡島支場の諸氏に深く感謝する。

なお、水質分析の労を煩わした道立水産孵化場吉住喜好氏に御礼申上げる。

II 調 査 方 法

サケに関する調査資料は1962～1967年の間に道南地区の知内川および遊楽部川で行なった自然産卵床並びにその地帯の調査結果である。またカラフトマスについては、岩尾別川で1965年成熟した雌50尾、雄50尾を上流域に

放流しその産卵活動、産卵床の形成場所並びに床内の条件について調査した結果である。

産卵床の条件の調査は、形成場所の流速、砂礫組成、産卵床の大きさ、産卵床内の水温、水質、溶存酸素量(O₂)、炭酸ガス量(CO₂)について調査した。

水温測定は、電気水温計、または採水時に水銀温度計を用いて行なった。産卵床内あるいは地下水の採水は塩化ビニールパイプ(口径20mm)を20~30cm挿入してビニールチューブ利用のサイフォンで採水した。溶存酸素量は、ウインクラー法による。CO₂量は微量拡散分折法で水中の全炭酸量を測定した。水質、溶存酸素、全炭酸量は全て研究室に持ち帰り分折した。なお産卵数、生卵数などに関する計数は行なわなかった。

Ⅲ 産卵場の位置並びに産卵活動

サケ、カラフトマスの産卵場の形成される場所は河川の大小、底質等色々の条件によって相違する。一般的に産卵場は大きい河川では中流域から上流域に分布し、中、小河川では川口附近から分布する傾向が認められている。産卵は河床に卵を埋めるといふ特殊性から底質は砂礫からなることが大きな条件となっている。

産卵床の作られる場の流速は第1図に示す通りである。

図に示す通り、今回の調査河川の範囲ではサケの産卵場の流速は10~43cm/秒で、主に20~30cm/秒の所に最も多くの産卵場が認められた。

一方カラフトマスの産卵床は図に示す通り、サケより明らかに速い流速の場所に所在する。その範囲は34.3~112.5cm/秒で平均72.1cm主に60~80cmの所に多く観察された。

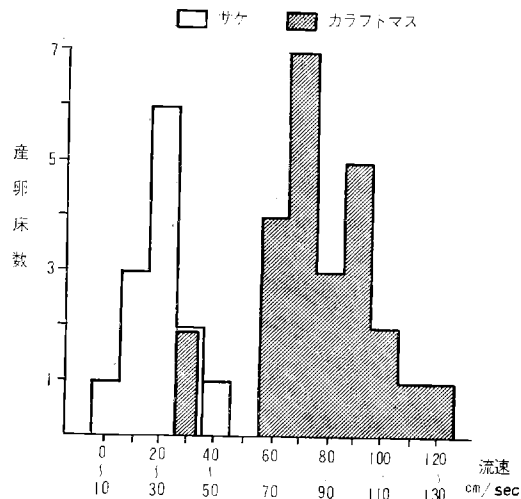
サケの産卵活動については、今回全く観察する機会がなかったが、カラフトマスについては十分観察することが出来た。

カラフトマスの産卵行動はサケと同様(佐野, 1960)、巢の造成作業は雌のみが行ない、雄はその囲りを遊泳しているのみで全く参加しない。造成作業は昼、夜の区別なく続けられた。産卵後、雄はその場を直ちに離れ、雌のみが体力の続く限りその場を離れないことが知られた。産卵床は放流点から約1kmの範囲で、29ヶ所が確認された。

産卵床の形状は流れを利用して尾で穴を掘り、被覆するため、流れの強弱も大きく影響し、場所によって卵床の長さ、幅、高さに差異が生ずる。

産卵床の大きさは長径が85~175cmで平均104cm、短径が35~90cmで平均56cm、産卵床の水深は6~34cmで平均20.2cm、卵の埋蔵の深さは20~30cmであった。

卵床の形状は全般的にサケに比べて徐々に細長くなる傾向が認められた。



第1図 産卵床数と流速との関係

Ⅳ 産卵床内の条件について

a. 水 温

サケ、カラフトマスの産卵床内の水温と産卵床の上を流れる河川水の水温の関係は第2図A、Bに示す通りである。

第2図Aに示す通り、サケの産卵床内の水温は河水温が0~5.1°Cの時でも6.7~11.1°Cと極めて高く、河水温の変化と産卵床内の水温とは全く対応しないことが知られた。このことは産卵床内の水がその上を流れる河川水の影響を全く受けない地下水系の水であることを明らかに示すものである。

河川の地下水は多くは伏流水で、その湧出場所は河川の岸辺近くに比較的多く分布する。このことがサケの産卵

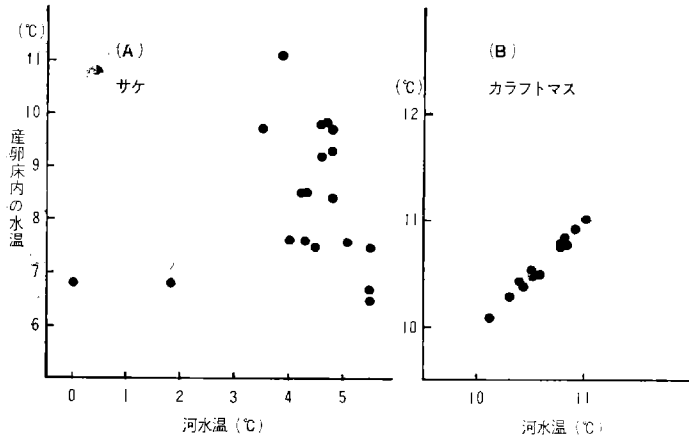
サケとカラフトマスの産卵環境

床の多くが河川の中央部より岸辺に作られる傾向をもたらすものと考えられる。

一方、カラフトマスの産卵床内の水温は河水温と全く等しく、河水温の変化に応じて変化する傾向が第2図Bよりうかがわれる。このことは卵床内の水が河水と同系統の水であることを明らかに示すものである。

b. pH, 溶存酸素量(O₂), 全炭酸量

河水、産卵床内のpH, 溶存酸素量の範囲は第1表に示す。



第2図 サケカラフトマスの産卵床内の水温と河水温との関係

第1表 pH, 溶存酸素量 (1962~1966, 10月~2月) () 飽和度%

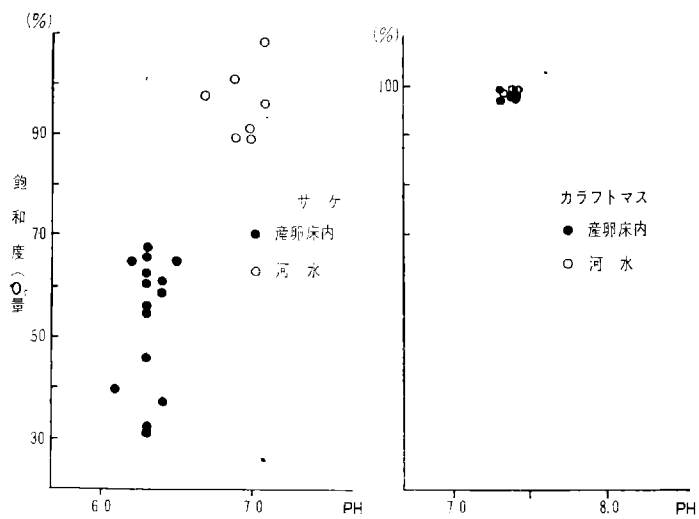
サケ	標本数	水温°C	pH	溶存酸素量 ppm(%)
河水(遊楽部川)	4	0~5.5	6.9~7.4	11.69~16.02 (82.4~109.2)
〃(知内川)	9	0.1~5.1	6.9~7.0	11.71~13.02 (82.1~101.0)
産卵床内(遊楽部川)	8	6.0~9.8	6.3~6.4	3.60~8.17 (31.3~66.2)
〃(知内川)	12	7.6~11.1	6.1~6.5	5.14~7.95 (45.0~67.6)

カラフトマス	標本数	水温°C	pH	溶存酸素量 ppm(%)
河水(岩尾別)	10	10.3~11.0	7.3~7.4	11.03 (98.0)
産卵床内()	10	10.3~11.0	7.3~7.4	10.71~11.03 (98.1~99.4)

またpHと溶存酸素量の関係は第3図に示す。酸素量は飽和度で示した。

サケについては、調査時の河水のpHが6.8~7.1, 溶存酸素量の飽和度は82.1~109.2%(11.69~16.02ppm)を示し、飽和あるいは、過飽和の状態を示す。これに対して産卵床内のpHは6.1~6.5の弱酸性で、酸素量も31.3~67.6%(3.60~8.17ppm)と河水の酸素量の1/2~2/3の低い値が示された。

またカラフトマスに関して、産卵床内のpHと酸素量とは河水のそれらとほとんど差異がなく、また測定場による相違も全くなく、サケの場合と相違してpHは7.3~7.4と弱アルカリ性、溶存酸素量は98.1~99.4%



第3図 サケカラフトマスの産卵床内のpHと溶存酸素量(O₂)の関係

(10.71~11.03ppm) の飽和状態が示された。

これらのことから、カラフトマスの産卵床内の水は明らかに河川水の滲透する水ということがうかがわれる。

次にサケの産卵床内、及びその地域の砂礫内と河水の pH、全炭酸量、酸素量との関係については第 2 表に示す通りである。

第 2 表 pH、全炭酸量、溶存酸素量 (1966, 1967年, 12月~2月)

1966年					
河川名	場所	水温(°C)	pH (RpH)	全炭酸量 ppm (炭酸ガス量*)	溶存酸素量 ppm (飽和度)
遊楽部川	河水	1.1	7.0	17.17 (4.8)	13.27 (93.5)
		5.5	6.9	12.54 (3.7)	11.69 (82.4)
	産卵床内	6.4	6.3 (6.9)	40.06 (25.2)	4.92 (39.8)
		6.0	6.4 (7.0)	37.86 (21.7)	4.85 (38.9)
		6.5	6.4 (7.0)	40.28 (23.0)	8.17 (66.2)
		6.0	6.4 (7.0)	36.97 (22.2)	6.73 (53.9)
	地下水	5.8	6.5	29.82 (15.4)	6.79 (54.1)
		6.7	6.7	27.29	11.79 (98.7)
知内川	河水	0.1	6.9	8.14 (2.6)	11.97 (82.1)
		5.5	6.1	34.78 (25.2)	9.14 (72.3)
	地下水	4.8	6.1	37.42 (27.1)	6.47 (50.3)
1967年					
河川名	場所	水温(°C)	pH (RpH)	全炭酸量 ppm (炭酸ガス量*)	溶存酸素量 ppm (飽和度)
遊楽部川	河水	1.8	7.4	6.82 (0.9)	15.20 (109.2)
	産卵床内	6.4	6.5 (7.3)	34.30 (17.8)	9.14 (73.9)
	地下水	5.7	6.3 (7.3)	48.10 (30.2)	7.06 (56.1)
		7.2	6.2 (7.3)	50.84 (31.9)	0.27 (2.2)
		7.5	6.4 (7.3)	47.54 (27.2)	0.21 (1.7)
		3.5	6.6 (7.3)	17.83 (8.2)	11.82 (88.8)
		6.8	6.4 (7.2)	33.46 (19.1)	6.90 (56.4)

註：* 猿橋, 1950による遊離炭酸ガスの換算値

pHの変化は溶解している炭酸物質によることから第 2 表の pH と全炭酸量との関係を図示すると第 4 図の通りである。

pH と全炭酸量との間に L 字曲線的関係があり、pH の低下に伴って全炭酸量の増加が認められる。RpH が 6.9 ~ 7.3 と示されることから、産卵床内の pH の弱酸性は水中の遊離炭酸ガスによることが容易に知られる。産卵床内の pH と全炭酸量は 6.3~6.5, 34~40ppm と示された。

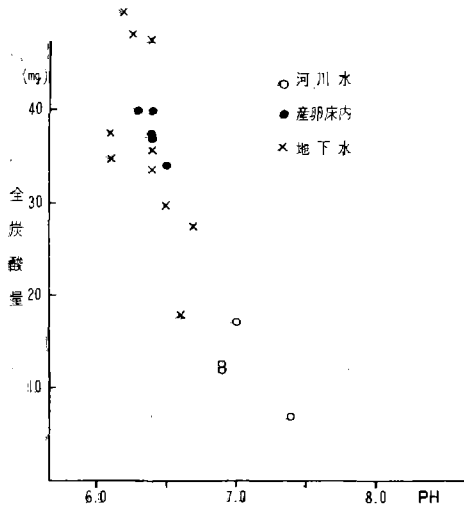
また、pH と全炭酸との関係から炭酸ガス量を計算すれば (猿橋 1950 による)、第 2 表に示した通り産卵床内の水は大凡 17.8~25.2ppm の炭酸ガスを含むことになる。

次に、第 2 表の全炭酸量と酸素量との関係を図示すれば 5 図の通りである。

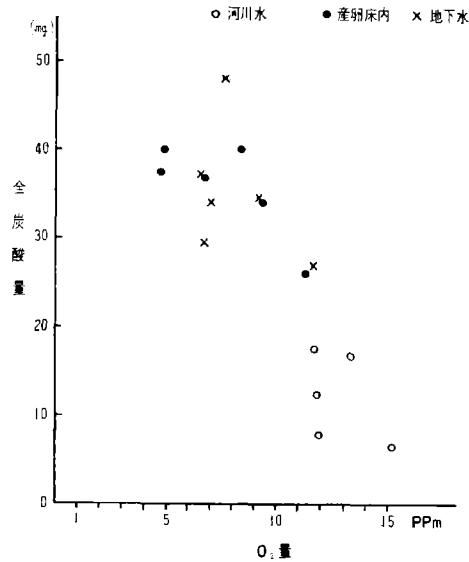
図に示される通り、全炭酸量と酸素量は逆比例関係にあり、炭酸ガスの含有量が増加すると酸素量は逆に低下することがうかがわれる。

カラフトマスの産卵床内の全炭酸量については、流水と同質と考えられたので分折しなかった。

サケとカラフトマスの産卵環境



第4図 サケの産卵場におけるpHと全炭酸量の関係



第5図 サケの産卵場における溶存酸素量(O₂)と全炭酸量との関係

c. 水 質

河水、産卵床、地下水の夫々の水質は第3表に示す。

第3表 河水、産卵床内、地下水の水質

サケ 1962~1967年、12月~2月

項 目	標本数	pH	COD	NO ₂ NO ₃ -N	NH ₃ -N ppm	CL ppm
河 水 (知内川)	4	6.7~7.0	.692~1.554	- ~ tr	0.000~0.004	3.80~14.57
〃 (遊楽部川)	3	7.1~7.4	.777~1.192	- ~ tr	0.000~0.094	6.94~18.55
産卵床内 (知内川)	11	6.2~6.5	.461~1.165	- ~ tr	0.000~0.018	2.66~13.89
〃 (遊楽部川)	6	6.3~6.5	.544~.961	- ~ tr	0.000~0.148	5.62~12.81
地下水 (知内川)	5	6.0~6.8	.544~1.230	- ~ tr	0.000~0.008	6.24~14.57
〃 (遊楽部川)	5	6.3~7.1	.470~2.01	- ~ tr	0.000~0.284	11.58~23.78

カラフトマス 1965年、10月

河 水 (岩尾別川)	1	7.3	0.96	-	0.020	34.59
産卵床内 (岩尾別川)	4	7.3~7.4	.96 ~ 1.96	-	0.004~0.018	32.57~34.25

第3表に示す通り、サケ、カラフトマスの蕃殖河川として、その流水は何れも清浄であり、また産卵床、地下水と同様水質的には清浄である。pHはサケに関しては流水より何れも低いことが、カラフトマスの産卵床内と比べて特徴的である。カラフトマスの岩尾別川の塩素量が若干高いことは、上流域に存在する温泉(塩泉)の影響とも考えられるが十分明らかでない。

V 考 察

サケ、カラフトマスは同属であるが、その生活様式が夫々相違することは容易に推察される。河川への溯上時期、産卵期はどれもカラフトマスはサケより早く、岩尾別川では、7月に溯上が始まり、産卵期は9月～10月の期間である。一方、サケの溯上は岩尾別川では10月～12月、遊楽部川でも10月～12月、産卵は10月～12月の間となる。

これら魚種の同一河川内での産卵場、産卵時期を比較調査することが出来なかったが、遊楽部川、知内川、岩尾別川での調査結果からサケ、カラフトマスの産卵場の条件に明らかに相違があり、サケは湧水の場合に産卵し、カラフトマスは河川水の滲透する場で産卵することが明らかとなった。このような場の選択のメカニズムは今の所明らかにすることは出来ないが、夫々、種の維持のためにそれら諸条件が生理、生態の面にも大きく関与するものと推測される。

サケの産卵場は湧水（伏流水）の存在する砂礫場が選ばれ、pH 6.3～6.5、溶存酸素量 31.3～73.6% (3.60～9.14ppm)、全炭酸量 34.30～40.28 (炭酸ガス量 17.8～25.2ppm) の場に産卵床が造成されることが知られた。また、水温条件が良好 (6.0～11.0) でも pH、O₂ 量が低い場 (pH 6.1 以下、O₂ 量 3.0ppm 以下) には産卵床の造成は全く認められなかった。このことはサケの産卵適地の選択の場合、単に水温条件ばかりでなく、pH、O₂ 量、あるいは CO₂ 量等の条件をも識別選択することがうかがわれる。

ソ連邦の研究者 (スミルノフ, 1954, レバニードフ, 1954, ワシリエフ, 1957 等) によっても、サケ (アキサケ) は湧水場で産卵し、pH 6.2～6.9、O₂ 量は飽和度 40～60% の範囲であることを指摘している。

魚の生活のために O₂ 量が問題となるが、仔魚期に飽和量の巧近くの 3.6ppm (飽和度 31.3) の場所でも正常に孵化発育が認められたことは、サケ卵の O₂ 量の低圧に適應する力のあることを示すものである。このことについて、クロギウス外 (1956) はベニサケ (*O. nerka*) は極めて低い酸素量、高い CO₂ 量で好調に発育し、今迄考えられていた程、O₂ 量の不足、CO₂ 量の過剰に対して敏感でない。そしてレバニードフも、サケでベニサケと同様な傾向を示すことを認めていると述べている。

また仔魚期に pH、O₂ 量が低い条件 (pH 6.6、O₂ 量 4～5 ppm) で発育したものの体重は O₂ 量の高い条件 (pH 7.0、O₂ 量 9～10ppm) で発育したものより大きい値を示す傾向が認められている (未発表)。

レバニードフ (1954) によれば水中の溶解炭酸ガス量が 20～25mg/ℓ の場合、サケ卵の発育が遅れる可能性のあることを指摘している。

しかし、何れにしても低い pH、O₂ 量と CO₂ 含有量の高い湧水 (伏流水) の湧出場が、サケの産卵の好適場として選択されることは、それら水理条件がサケの発生、並びにその後の生活過程における生理、生態の面に色々な役割を果たす可能性のあることが推察される。

一方、カラフトマスの産卵場所は、サケの場合より早い流速の砂礫場が選ばれ、産卵床内の水は湧水でなく河川水の滲透水であることが明らかとなった。

ソ連邦の研究者 (カガノフスキー 1949, スミルノフ 1964 等) によってもカラフトマスは、流速 0.3～1.4m/秒で、pH は中性～弱アルカリ性、O₂ 量も飽和度 80% 以上の砂礫場所に産卵すると報告されている。カラフトマスが湧水地で産卵しないことについて、クローヒン、クロギウス (1937) は、その水流が遅いばかりでなく、水の化学成分 (遊離炭酸ガスが多く、酸性) にも大きく原因すると報告している。ニコルスキー (1954) によると、カラフトマスの仔魚期の血液循環系の発達はサケの場合より弱く、サケに比べてカラフトマスは酸素条件の良い水が必要とすると指摘している。

また、ワシリエフ (1957) によれば O₂ 量の低い水 (6 mg/ℓ) は孵化には望ましくなく、正常な発育のためには、7～9 mg/ℓ の範囲が適量と考えられると述べている。

しかし、産卵床内を流通する水は河川水の滲透水であるため、産卵床内の水温は気温の変化に従って当然変化する。そして冬期間の極めて低い水温条件 (0～2℃) で仔魚期を過ごす結果となり、水温低下に伴う発育の遅延、停滞が必然的に生ずることになる。そのことは、西別川において、カラフトマスの天然産卵期がサケより少なくとも 1ヶ月～3ヶ月早いにも拘らず、その発生稚魚群の降海期がサケの降海期と全く同じ 4月中旬～6月の間に行なわれたこと (小林・原田, 1966) によっても十分裏書きされる。

このようにカラフトマスにとっては冬期間の水温低下による発育の遅延は、サケとは逆に種族維持のために重要な生態的要因の一ツとなる可能性も暗示される。

サケとカラフトマスの産卵環境

以上サケ、カラフトマスの産卵床内の水理条件の相違は卵の孵化、仔魚期の発育等の生理学的面にも大きな意味があると考えられるが、稚魚として降海時期、索餌活動等の生態的面とも深い関連性をもつものと考えられる。

従って、人為的にこれら種の資源管理を計る場合、生活の大部分を自然環境条件で過ごさねばならないということの認識の上から適切な管理体制の確立を計るべきであると考えられる。

VI 要 約

1. 1962～1967年の間に亘って遊楽部川、知内川でのサケの産卵条件について、1965年岩尾別川において、カラフトマスの産卵条件について夫々調査した。

2. サケの産卵は河川の砂礫地帯の湧水のある場所が選ばれていることが知られた。冬期でも産卵床内の水温は6～11°C、pH、6.3～6.5、O₂量、31.3～73.9% (3.60～9.14ppm)、全炭酸量、34.30～40.28ppm (炭酸ガス量17.8～25.2ppm)と産卵床の上を流れる水 (水温0～5.5°C、pH69～74、O₂量82.1～109.2% (11.69～16.02ppm))とその水理条件が全く相違することが明らかにされた。

3. カラフトマスの産卵はサケの場合と全く相違して、湧水場を選ばず流速が速く (主に60～80m/秒) 河川水の滲透する砂礫場に産卵床が作られる。産卵床内の水温、pH、O₂量は流水と全く同じで、河水の理化学的条件の変化と同様に変わることがうかがわれた。

4. 産卵床内の水質は、サケ、カラフトマス共、極めて清浄である。

5. 種による産卵床内の水理条件の相違は種族維持の特性と考えられ、人為的資源管理においては、それら特性の活用が望まれる。

文 献

- クロギウス、ユフ・ヴェ、イエ・エム、クローヒン、1948. ネルカ稚魚発生の豊凶について. 太平洋漁業海洋学研究所報告, 28 [昇隆一, 竹中裕一訳, ソ連文献集 (8) 1～44].
- カガノフスキー、ア・ゲ、1949. ガルブーシヤの生物学と数量動態の若干の問題. 太平洋漁業及海洋研究所報告, 31 [中山登訳, ソ連文献集 (6) 1～79].
- 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.
- レワニードフ、ヴェ・ヤ、1954. アムール産ケタの再生産強化法. 極東産サケ・マス漁業問題会誌報告 [中場稔訳, ソ連文献集 (36) 71～84].
- ニコリスキー、ゲ・ヴェ、エス・ゲ・ソーイン、1954. アムール流域のサケ・マス魚類の生物学的基礎について. ブリロード誌, 1954 (7) [油橋重遠訳, ソ連文献集 (41) 75～85].
- セムコ、エル・エス、1949. ガルブーシヤ, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum). 全ソ連邦漁業海洋学研究所, ソ連邦の有用魚類 [油橋重遠訳, ソ連文献集 (45)].
- 佐野誠三、1959. 北日本サケ属の生態と蕃殖について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 14, 21—90.
- ストレカロク、イ・イ、1963. ムイ川 (アムール江湾) におけるカルブーシヤ, *O. gorbuscha* (Walbaum) と夏ケタ, *O. keta* の産卵の観察. 魚学諸問題, 3 (2) [古瀬良訳, ソ連文献集 (55) 16—37].
- スマルノーフ、ア・イ、1964. 太平洋サケ・マスの個体発生の特徴とその資源の再生産とその関係. 極東のサケマス漁業, 1964 [崎浦浩元訳, ソ連邦文献集 (69) 45～65].
- ワシリエフ、イ・エス、ユ・ゲ・ニコロヴィツキー、1954. アムール河産夏ケタおよびガルブーシヤの発生の酸素条件と人工孵化方法との関係. 動物学雑誌, 33 (6) [古瀬良訳, ソ連文献集 (64) 41～49].
- ワシリエフ、イ・エス、1967. サケ・マス人工増殖の際の酸素状態について. 漁業誌1957, 9月号 [中山登訳, ソ連文献集 (36) 60～70].
- ワシリエフ、イ・エス、1959. サケ・マス類の産卵巣の構造と適応性について. 一般生物学雑誌, 20 (2) [油橋重遠訳, ソ連文献集 (64) 83～92].
- 半谷高久、1960. 水質調査法. 丸善, 東京.