

富山湾に面する漁港内におけるサクラマス^{*}の飼育試験（資料）

田子泰彦^{*1 *2}・野村幸司^{*1}・加藤 繭^{*1 *3}・川口航平^{*4 *5}・宮本康博^{*6}
遠藤 修^{*6}・村下哲也^{*6}・河合 要^{*7}
(2025 年 2 月 4 日受理)

Examination of aquaculture of masu salmon in the fishing port facing Toyama Bay (Notes)

TAGO Yasuhiko, NOMURA Koji, KATO Mayu, KAWAGUCHI Kohei, MIYAMOTO Yasuhiro,
ENDO Osamu, MURASHITA Tetsuya and KAWAI Kaname

Aquaculture of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou*, in the sea was examined in the Shinminato fishing port facing Toyama Bay. The number of 3,166 juveniles (Average body weight was 172 g) was reared at an aquaculture cage in the port at first in December in 2017, and the number of 2,800 adults (Body weights were mostly in the range of 1.0 to 1.3 kg) was harvested finally from April to May in 2018.

Key words: Masu salmon; Aquaculture; Aquaculture cage; Fishing port; Toyama Bay

*1 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural Forestry and Fisheries Research Center, 364, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

*2 現所属 庄川沿岸漁業協同組合連合会庄川養魚場 (Shougawa Hatchery, 2909, Hirokami, Imizu, Toyama 939-0256, Japan)

*3 現所属 富山県水産漁港課 (Fisheries and Fishing Ports Division, Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Department, 5-13, Sakurabashi-dori, Toyama, Toyama 930-0004, Japan)

*4 富山県農林水産総合技術センター食品研究所 (Food Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural Forestry and Fisheries Research Center, 360, Yoshioka, Toyama, Toyama 939-8153, Japan)

*5 現所属 富山県農林水産総合技術センター企画管理部 (Department of Research Planning & Management, Toyama Prefectural Agricultural Forestry and Fisheries Research Center, 1124-1, Yoshioka, Toyama, Toyama 939-8153, Japan)

*6 射水市産業経済部 (Industry and Economy Department, Imizu City, 703, Kojima, Imizu, Toyama 939-0292, Japan)

*7 ユーロフィンアーステクノ株式会社 (Eurofins Earth Techno Co. Ltd, 8-17, Hibari, Imizu, Toyama 939-0351, Japan)

富山湾（図 1）は日本海でも有数の深い水深を有するため、300m 以深の深海には日本海固有冷水（深層水）が存在する。また、その上層には対馬暖流が流れ、沿岸近くには北アルプスを起源とする山々から発した河川から淡水が流れ込む。このため、多種多様な水産上の重要種が生息または来遊し、定置網漁業を主体に多くの漁獲量を維持してきた。しかし、近年は漁獲量の減少傾向が続く、2017 年には過去 38 年（平均 23,532 トン）では最も低い 12,667 トンの漁獲量に留まったことから、沿岸漁業関係者の間では、先行きに不安感を抱く人が増えてきている。この要因もあってか、漁業関係者の間には富山湾において魚類の海面養殖を望む声が聞かれるようになった。

一方、射水市内に所在し、富山湾に面する堀岡養殖漁業協同組合（以下、堀岡漁協）はヒラメ *Paralichthys olivaceus*、トラフグ *Takifugu rubripes* を主な魚種として養殖業を営んできたが、近年、販売量が減少し、経営状況が厳しくなっていた。このため、堀岡漁協は、射水市の指導を受けて、全国的に知名度が高い富山名産「マス鮭」の原材料であるサクラマス *Oncorhynchus masou masou* の養殖を実施することによって、経営の改善を図ろうとした。大門漁業協同組合（以下、大門漁協）の増殖施設での 2 年成熟タイプのサクラマスの人工孵化事業の成功を受けて、射水市は「いみずサクラマス市場化推進協議会（以下、協議会）」を設立し、サクラマスの淡水期の飼育は大門漁協、海水期の飼育は堀岡漁協で行うことにより、市内にある増養殖施設でサクラマスの生活史を完結する養殖計画を立案した。そして、これにより生産されたサクラマスを「いみずサクラマス」と命名し、市場に販売する計画を進めた（田子 2017a,b,c）。

しかし、堀岡漁協では表層海水（水深 10m）と中層海水（水深 100m）を取水しているため、夏季の水温が 18℃を超えることから、冷水性であるサクラマスの夏を超えての飼育ができないこと、および取水量が少ないため、その生産尾数には限界があることが明らかになった。このため、新たな養殖手段として、富山湾での海面養殖への展開が期待されるようになった。

2020 年の日本のさけまスの輸入量は 250,762 トンもあり、（農林水産省 HP https://www.maff.go.jp/j/hey/kodomo_sodan/0607/03.html, 2024 年 2 月 29 日閲覧）、国産のサクラマスが消費される潜在的な余地はまだまだ大きいものと推測される。近年、北海道から九州にかけての多くの場所で、海中でのサーモン養殖が盛んに行われるようになった。しかし、海面養殖されるサケ科魚種は、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* またはギンザケ *Oncorhynchus kisutch* がほとんどで、サクラマスでは鳥取県弓ヶ浜や兵庫県淡路島など一部で行われているに過ぎない（今井 2020）。

本研究は、富山湾での魚類養殖の振興を図る目的で、サクラマスの飼育管理に関しては協議会が、飼育魚の魚体測定、食味試験および環境調査に関しては富山県農林水産総合技術センター水産研究所（以下、富山水研）が、食品科学的分析は同食品研究所が行うことで、射水市の新湊漁港（図 1）において、サクラマスの海中飼育試験を試みたので、その概要を報告する。

材料と方法

親魚の飼育方法 サクラマスの飼育試験は、2017 年 11 月 28 日から 2018 年 5 月 31 日において、富山湾に面する富山県射水市地先の新湊漁港の港内（図 1）で行った。飼育に用いた生簀は水面にフロートで浮いている鉄製の枠の一辺が 12m の正方形で、中央部には給餌用の棧橋が設置されていた（図 2）。網の深さは漁港内の水深に合わせて、5 ～ 6m とした。生簀の設置場所は新湊漁港の

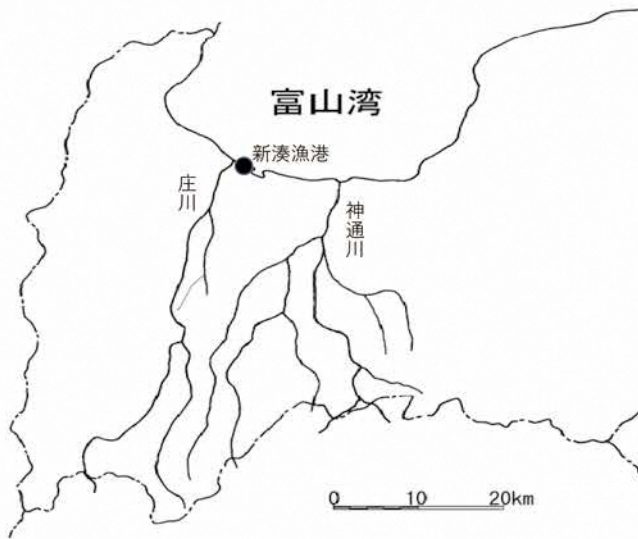


図1 富山湾と新湊漁港の位置図（左上）

図2 新湊漁港内の生簀（西側から東側を望む：右上，
南側から北側を望む：右下）



ほぼ中央で、漁船の航行の安全性を考慮して、北側に位置する防波堤にできるだけ近づけた。なお、同防波堤はコンクリートブロックを積み重ねてできたものであり、生簀周辺には漁港の入り口だけでなく、北側の防波堤からも海水が浸透していた（図2）。

飼育試験に用いたサクラマス未成魚は、射水市二口にある大門漁協の増殖場および射水市の「射水サクラマスセンター」で、2016年10月25日に採卵し、その後、孵化した稚魚を、2017年11月10日まで同所で飼育した個体で、2017年11月10日にトラック輸送により堀岡漁協の陸上飼育池に移した。同池では1日をかけて海水に馴致させ、生簀への収容日まで海水で飼育した。

漁港内の生簀に2017年11月28日に1,500尾および12月2日に1,666尾の計3,166尾のサクラマス未成魚（平均尾叉長25cm, 平均体重172g）を収容した。サクラマス未成魚への給餌は午前6～7時および午後2～3時に行い、1日に魚体重の2%の配合飼料（ペレット）を、手撒きにより与えた。土日および休日は給餌を行わなかった。給餌の際に、死亡魚を計数の上、取り上げた。2018年4月9日より「マス鮭」用の原料とするために、週に4回、毎回数十尾の取り上げを開始し、同年5月31日まで飼育した。

魚体測定 サクラマス未成魚の成長を調べるために、原則として月に1回、飼育中のサクラマス9～31尾をタモ網で取り上げ、氷冷して富山水研に持ち帰り、尾叉長、体重、体高および生殖腺重量を測定した。

食品科学的分析 海面飼育したサクラマスの食品としての価値を明らかにするために、海面飼育された個体（以下、海上飼育魚）および堀岡漁協において海面飼育個体と同期間陸上飼育された個体（以下、陸上飼育魚）を、それぞれ2018年3月25日と5月31日に取り上げ、富山県農林水産

総合技術センター食品研究所に運び、肉色と脂質の分析を行った。肉色は、三枚におろした半身の筋肉部分について、簡易型分光色差計（日本電色工業社製 NF333）を用いて L^* （明度）、 a^* （+ 赤方向，- 緑方向）および b^* （+ 黄方向，- 青方向）を測定した。脂質は、三枚におろした半身から皮を除去し、フードカッターで均質化後、ソックスレー抽出法により粗脂肪量を測定した。なお、「生食用さけます」の脂質含量を日本食品分析表から調べた。

また、両者の生および冷凍保存した個体の官能評価を 2018 年 3 月 29 日には富山第一ホテル（富山市）で、同年 5 月 21 日には射水市役所で行った。2018 年 3 月 29 日に実施した官能評価では、試料を陸上飼育生（陸生区）、陸上飼育冷凍（陸冷凍区）、海上飼育冷凍（海冷凍区）の 3 試験区とし、強さを指標として評点法にて実施した。

検査項目は「色，香り，歯ごたえ，脂の乗り，うま味，総合（嗜好）」、評価は 7 段階（非常に強い，3 点；強い，2 点；やや強い，1 点；どちらともいえない，0 点；やや弱い，-1 点；弱い，-2 点；非常に弱い，-3 点）で、36 名をパネルとした。

2018 年 5 月 21 日に実施した官能評価では、試料を陸上飼育生（陸生区）、陸上飼育冷凍（陸冷凍区）、海上飼育生（海生区）、海上飼育冷凍（海冷凍区）の 4 試験区とし、2 点嗜好試験法（食品の官能評価・鑑別演習 1999）にて、30 名をパネルとした。試料はいずれの試験とも筋肉部分を刺身状にスライスしたものをを用いた。

環境調査 海中飼育試験を実施する前後での生簀周辺の水質および底質の環境を把握するために、2017 年 10 月 11 日、2018 年 3 月 8 日および 5 月 28 日に、富山水研の栽培漁業調査船「はやつき」（19 トン）を用いて水質調査および底質調査を行った。水質調査は、生簀周辺の 1 地点において表層および底層を採水し、分析に供した。採水は、表層はバケツにより、底層はバンドーン型採水器

表 1 水質調査地点

調査月	緯度 (N)	経度 (E)	水深 (m)
2017 年 10 月	36° 47.05′	137° 05.57′	6.7
2018 年 3 月	36° 47.04′	137° 05.56′	6.7
2018 年 5 月	36° 47.05′	137° 05.56′	7.0

表 2 水質の分析項目と分析方法

分析項目	方法
水色	フォーレル・ウーレ水色計によった。
透明度	セッキ板によった。
水温	棒状水銀温度計によった。
塩分	サリノメーター 601MK-Ⅲ（YE0-CAL 製）によった。
水素イオン濃度 (pH)	JIS K 0120 12.1
浮遊物質 (SS)	昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 9
化学的酸素要求量 (COD _{Mn})	JIS K 0120 17
溶存酸素量 (DO)	JIS K 0120 32.1
全窒素	JIS K 0120 45.4
全リン	JIS K 0120 46.3.1

により海底直上約1mにおいて行った。採水地点の位置を表1に、分析項目と方法を表2に示した。採水した地点においては水質多項目分析計CTD（RINKO-Profiler ASTD102 JFEアドバンテック社）により、水温、塩分、溶存酸素（DO）、濁度およびクロロフィル蛍光強度について海底直上（約35cm上）まで鉛直測定を行った（図3）。

底質調査は、生簀周辺の1地点においてスミス・マッキンタイヤー型採泥器（採取面積1/20m²）により採泥を行い（図4）、底質について分析した。採泥地点の位置を表3に、分析項目と方法を表4に示した。

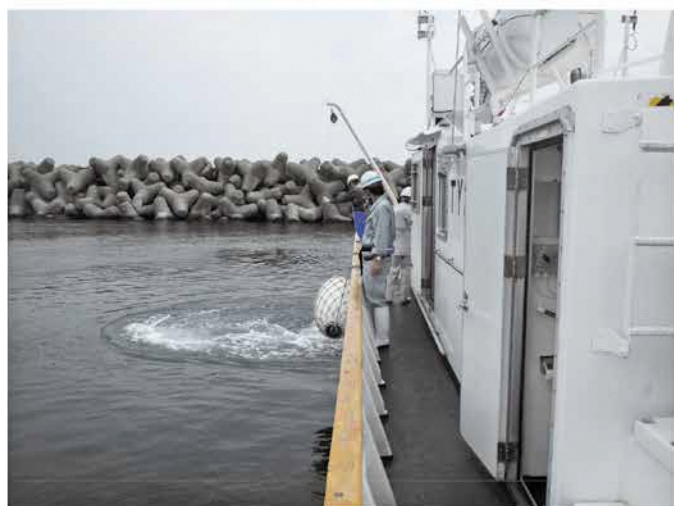


図3 CTDによる水質測定



図4 採泥器による採泥作業

表3 底質調査地点

調査月	緯度(N)	経度(E)	水深(m)
2017年10月	36° 47.04′	137° 05.58′	6.3
2018年3月	36° 47.04′	137° 05.56′	6.7
2018年5月	36° 47.04′	137° 05.56′	6.8

表4 底質の分析項目と方法

分析項目	方法
泥温	棒状水銀温度計によった。
泥色	標準土色帖（農林水産省農林水産技術会議事務局監修）によった。
水素イオン濃度（pH）	底質調査方法Ⅱ.4.4
強熱減量	底質調査方法Ⅱ.4.2
硫化物	底質調査方法Ⅱ.4.6
過マンガン酸カリウムによる	底質調査方法Ⅱ.4.7
酸素消費量（COD _{sed} ）	
全窒素	底質調査方法Ⅱ.4.8.1.2
全リン	底質調査方法Ⅱ.4.9.1

生簀で飼育中の水温を把握するために、2018年1月6日には1時間間隔で水温を記録できるロガー（ONSET社製 Tidbit V2）を生簀網の水面付近に設置した。

結 果

水質および底質の環境 表層および底層の水質分析の結果をそれぞれ表5, 6に示した。表層の水質は、サクラマス飼育試験の開始前に行った2017年10月の結果と比較し、飼育試験期間中に行った2018年3月および飼育試験期間末に行った2018年5月の結果は、pH, SS, COD_{Mn}, 全窒素, 全リンの値について顕著な変化はみられなかった。また、DOの値について試験開始前の2017年10月に比較し、飼育試験期間中の2018年3月および2018年5月調査の結果には低下がみられなかった。表層のpH, DOおよびCODの値は、公共用水域の水質汚濁に係る環境基準（海域）（以下「環境基準」と示す。）A類型の基準値（pH：7.8以上8.3以下，DO：7.5mg/L以上，COD_{Mn}：2mg/L以下）の範囲にあり，全窒素および全リンは概ね環境基準II類型の基準値（全窒素：0.3mg/L以下，全リン：0.03mg/L以下）の範囲にあった。なお，水質調査地点の水色および透明度は，いずれの調査においても6および6mで，海底がほぼ見える状況であった。

底層の水質は，飼育試験開始前の2017年10月の結果と比較し，飼育試験期間中の2018年3月および飼育試験期間末の2018年5月の結果は，pH, SS, COD, 全窒素, 全リンの値について顕著な変化はみられなかった。また，DOの値について2017年10月の結果に比較し，2018年3月および2018年5月の結果には低下はみられなかった。底層のpH, DOおよびCOD_{Mn}の値は，環境基準B類型の基準値（pH：7.8以上8.3以下，DO：5mg/L以上，COD_{Mn}：3mg/L以下）の範囲にあり，全窒素および全リンは概ね環境基準I類型の基準値（全窒素：0.2mg/L以下，全リン：0.02mg/L以下）の範囲にあった。

水質鉛直測定結果を図5に示した。水温は，2017年10月には23.8～24.3℃に，2018年3月には7.5～10.4℃，2018年5月には16.6～18.0℃にあった。塩分は，2017年10月には30.70～

表5 水質の測定結果（表層）

調査月	水温 ℃	塩分	pH	SS mg/L	DO mg/L	COD _{Mn} mg/L	全窒素 mg/L	全リン mg/L
2017年10月	24.1	30.71	8.2	2	7.6	2.0	0.17	0.015
2018年3月	7.9	16.32	8.1	3	10.8	1.3	0.32	0.026
2018年5月	18.3	23.77	8.1	3	8.1	1.5	0.26	0.022

表6 水質の測定結果（底層）

調査月	水温 ℃	塩分	pH	SS mg/L	DO mg/L	COD _{Mn} mg/L	全窒素 mg/L	全リン mg/L
2017年10月	23.7	33.17	8.2	3	7.0	2.1	0.14	0.014
2018年3月	10.6	33.39	8.1	3	9.4	1.7	0.17	0.022
2018年5月	16.6	33.65	8.1	3	8.0	1.4	0.13	0.014

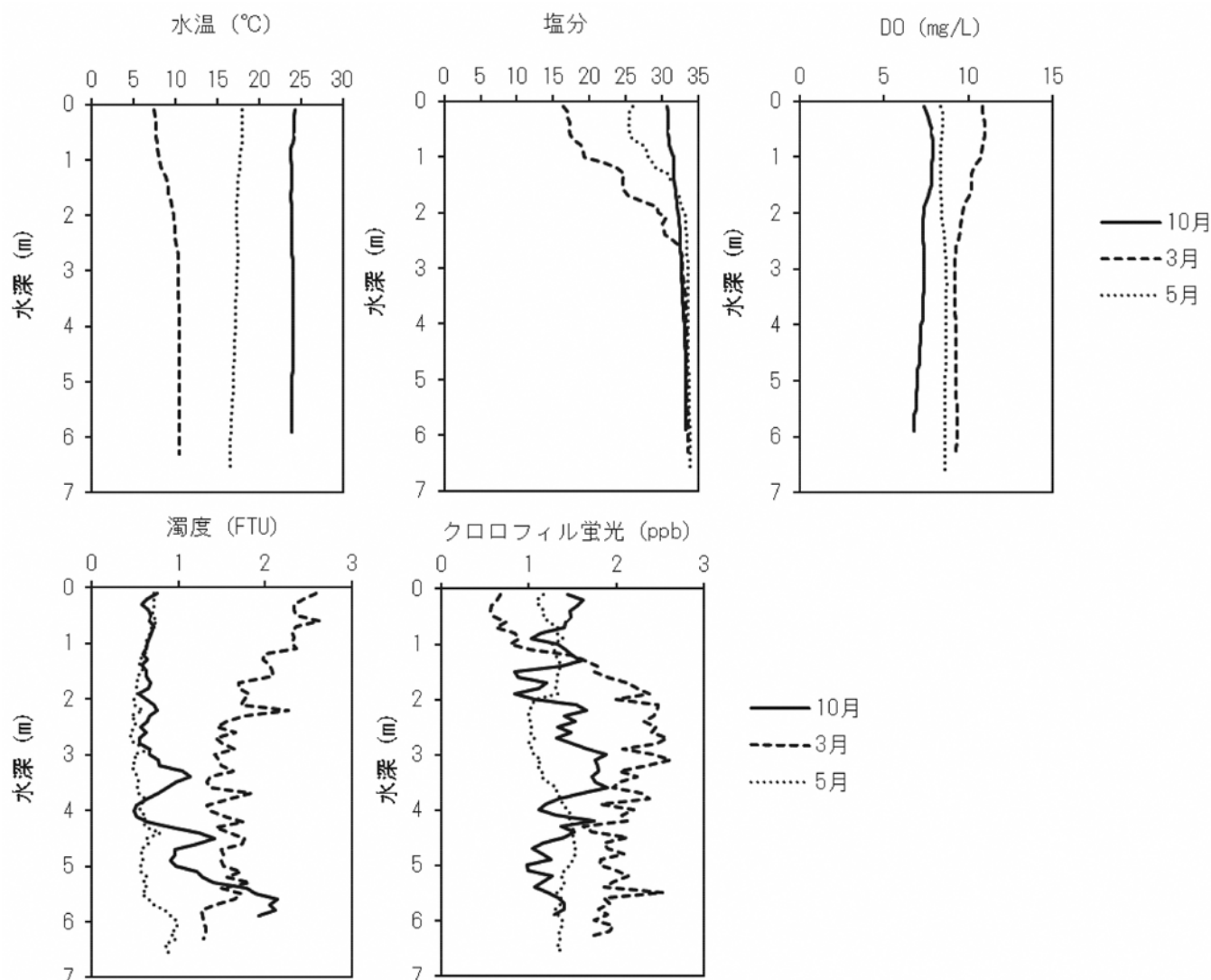


図5 鉛直方向の水質測定結果

33.30, 2018年3月には16.42～33.61, 2018年5月には25.39～33.82にあり, 3m以浅は汽水の状態にあった。DOは6.8～11.0mg/Lに, 濁度は2017年10月では0.45～2.62FTUに, クロロフィル蛍光強度は0.56～2.61ppbにあった。

底質分析の結果を表7に示した。底質は, 飼育試験前の2017年10月の結果と比較し, 飼育試験期間中の2018年3月調査および飼育試験期間末の2018年5月調査の結果は, pH, 強熱減量, 硫化物, COD_{sed} , 全窒素および全リンの値について顕著な変化はみられなかった。また, 硫化物および COD_{sed} の値は, いずれの調査においても水産用水基準の基準値(硫化物: 0.2mg/g・dry 以下, COD_{sed} : 20mg/g・dry 以下)を下回った。

生簀の水温変化を図6に示した。2018年1月6日～5月31日においては, 水温は, 多くの期間で10～15℃に分布した。最低水温は, 3月7日6時の5.7℃, 最高水温は5月27日17時の19.3℃であった。

表 7 底質の測定結果

調査月	泥温 ℃	泥色	pH	強熱減量 %	硫化物 mg/g	COD _{ced} mg/g	全窒素 mg/g	全リン mg/g
2017年10月	24.0	暗オリーブ	7.7	4.8	0.05	7.6	0.76	0.52
2018年3月	10.5	オリーブ黒	8.0	4.3	0.01	7.5	0.64	0.57
2018年5月	17.6	オリーブ黒	7.7	4.5	<0.01	7.2	0.63	0.55

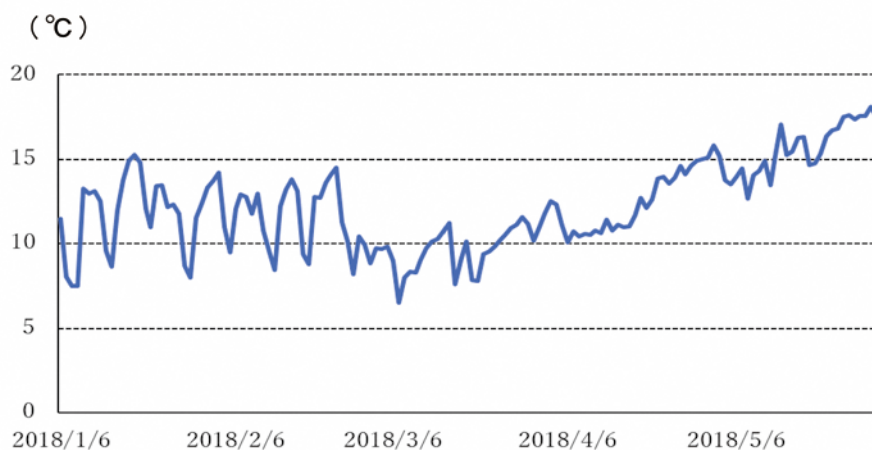


図 6 データロガーで測定した生け簀上部の水温変化

サクラマスの収穫率，体サイズ，成熟度および性比 海面生簀に 2017 年 11 月 28 日と 12 月 2 日に合わせて 3,166 尾収容したサクラマスは，2018 年 4 月 9 日以降，1kg を超えた個体から，週に 3 日ほど，1 日に 20 ～ 30 尾の試験収穫を行い，同年 5 月 31 日には飼育を終え，生簀にいたすべての個体を収穫した（図 7）。4 ～ 5 月に 1kg を超えたサクラマスは 2,800 尾であった。

本海面飼育試験において，本研究によるサンプリングや試験収穫を除いた死亡魚は 307 尾で，飼育開始から終了までのサクラマス飼育個体の収穫率は 88.7% ($[3,166-307]/3,166 \times 100$)，4 ～ 5 月の 1kg を超える個体の収穫率は 88.4% ($2,800/3,166 \times 100$) であった。なお，本生簀での最大収容密度は $3.3\text{kg}/\text{m}^3$ ($1\text{kg} \times [3,166-307] \text{ 尾 } / [12\text{m} \times 12\text{m} \times 6\text{m}]$) であった。



図 7 生簀で飼育したサクラマス親魚の収穫

海面生簀で飼育したサクラマスの子叉長、体高、体重および GSI を表 8 に、経月変化を図 8 に示した。飼育開始時の体重は 172g、子叉長は 25cm で、その後、両者ともに増加傾向となり、4 月測定時には体重は 1,000g を超え、子叉長は 40cm を超えた。5 月 31 日の海中飼育終了時には、体重が 1,261g、子叉長 44cm に達した。飼育終了時に陸上飼育魚についても魚体測定を行ったところ、体重は 1,168g、子叉長は 42cm であり、海中飼育魚と陸上飼育魚との間に有意差は見られなかった (t - 検定, 各 $p > 0.05$)。

体重に占める生殖腺重量指数 (GSI) は、海中飼育開始から 4 月までは 0.2 から 0.4 の間で推移していたが、海中飼育終了時は 1.8 に上昇した。各月にサンプリングした個体のうち最大 10 尾について、生殖腺の形態による雌雄の判別を行ったところ、全体の測定尾数に占める雌の割合は 47%、雄の割合は 53% であり、雌雄比はほぼ 1 対 1 であった。

表 8 海面飼育したサクラマスの子叉長、体高、体重および GSI

採取日	子叉長 (cm)	体高 (cm)	体重 (g)	GSI	測定尾数
2017年11月29日	25.0±2.0	5.1±0.5	171.7±42.6	0.4±0.4	20
2017年12月4日	24.5±2.4	5.5±0.7	205.9±65.5	0.3±0.4	19
2018年2月26日	34.4±2.3	9.2±0.7	651.7±145.5	0.2±0.3	13
2018年3月27日	38.2±2.7	8.9±0.7	735.6±140.3	0.4±0.3	9
2018年4月17日	42.1±2.4	10.4±0.6	1051.0±166.0	0.3±0.2	20
2018年5月31日	43.7±3.6	10.7±1.0	1261.4±265.1	1.8±1.8	31

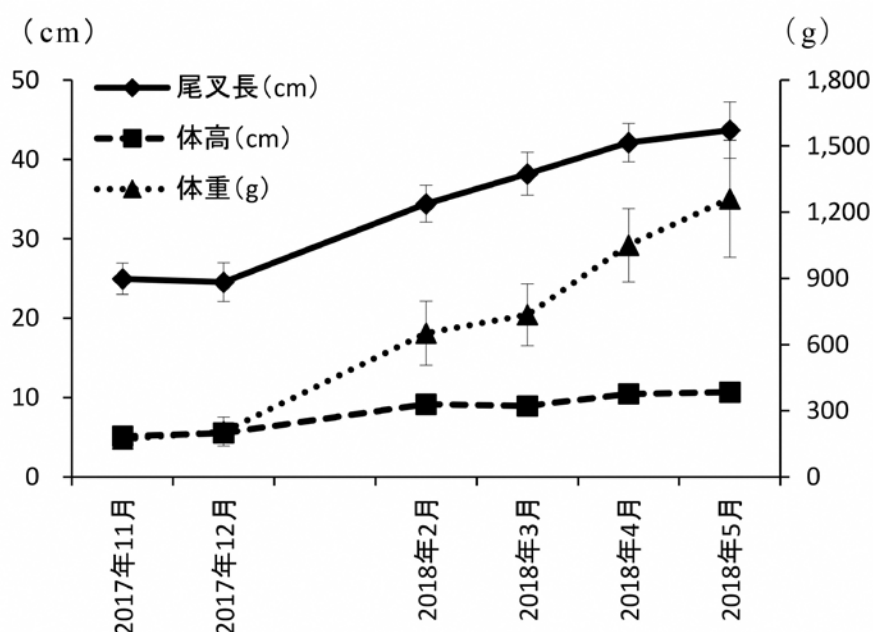


図 8 海面飼育したサクラマスの子叉長、体高および体重の変化

食品学的分析および官能検査 海上飼育魚の肉色は、明るさ（白さ）の指標となる L^* が3月から5月にかけて低下し、5月が3月に対して有意に低い値であった（ t -検定, $p<0.01$ ）。また、赤みの指標となる a^* は3月から5月にかけて上昇し、5月が3月に対して有意に高い値であった（同, $p<0.01$ ）。陸上飼育魚についても同様の傾向であった。同じ月の海上飼育魚と陸上飼育魚の間に有意差は見られなかった（表9）。

脂質含量は、海上飼育魚、陸上飼育魚ともに概ね 10～15g/100g の範囲であり、他の生食用養殖さけ・ます類（表10）と比較しても、ほぼ同等の脂質含量であった。海上飼育魚と陸上飼育魚の間に有意差は見られず（ t -検定, $p>0.05$ ）、採取時期による差も見られなかった（ t -検定, $p>0.05$ ）。

表9 海面飼育したサクラマスの身色および脂質含量

試験区	採取日	L^*	a^*	b^*	粗脂肪(g/100g)	分析尾数
海上	3月27日	43.1±3.1	7.4±0.9	14.6±1.5	13.6±2.5	5
	5月31日	29.0±4.3	11.0±2.2	13.0±3.8	10.5±4.5	5
陸上	3月27日	51.9±2.6	5.6±0.4	14.9±1.5	15.3±0.3	2
	5月31日	35.6±4.0	11.1±2.0	14.5±2.8	13.1±2.3	5

表10 生食用さけます類の脂質含量（日本食品標準成分表）

魚種名	脂質含量(g/100g)
からふとます	6.6
ぎんざけ(養殖)	12.8
さくらます	7.7
しろさけ	4.1
たいせいようさけ(養殖)	16.1
べにざけ	4.5
ますのすけ	12.5
にじます(海面養殖)	10.8

2018年3月29日に実施した官能検査では（図9）、評点法による分析の結果、脂の乗りについて全ての試験区間で有意差（二元配置による分散分析法（吉川 1965）、陸生 0.03, 陸冷凍 -0.21, 海冷凍 0.56; 図10）が見られた。他の項目では有意差が見られず、いずれの試験区とも同様の評価を示す傾向が見られた。香りと歯ごたえについては、全ての試験区で低い傾向が見られ、総合評価では全ての試験区で高い傾向が見られた。

2018年5月21日に実施した官能検査は、海生区と海冷凍区（試験1）、陸生区と陸冷凍区（試験2）それぞれについて2点比較法による試験を行った（図9, 表10）。試験1については、色、歯ごたえ、うま味、総合評価について海生区が有意に高い評価であった。一方、試験2についてはいずれの試

験区でも有意差が見られなかった。4 試験区全ての中から最も良いものを選択する質問を行ったところ（試験3）、色、香り、歯ごたえ、うま味および総合評価について海生区を選択した者が最も多かった。試験3の結果について、海（海生区+海冷凍区）と陸（陸生区+陸冷凍区）および生（海生区+陸生区）と冷凍（海冷凍区+陸冷凍区）について、それぞれ2点比較法により検定を行ったところ、色の濃さ、歯ごたえ、うま味および総合評価について、海が陸よりも有意に高く、色の濃さ、歯ごたえおよび総合評価について生が冷凍よりも有意に高かった（表11）。



図9 官能検査の実施状況（左：富山第一ホテル、右：射水市役所）

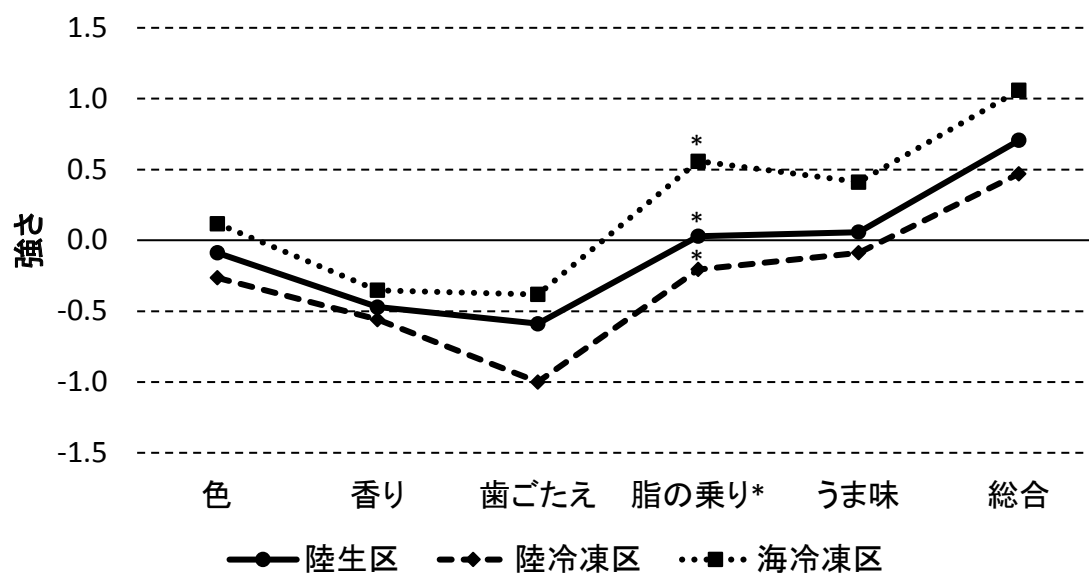


図10 海面飼育したサクラマスの肉質の官能検査結果（2018年3月）

表 11 海面飼育したサクラマスの肉質の官能検査結果 (2018 年 5 月)

	試験区	色の濃さ	香りの強さ	臭みの強さ	歯ごたえ	脂の乗り	甘味	うま味	総合評価
試験1	海生区	20*	15	9	27*	11	14	19**	19**
	海冷凍区	3	8	8	2	13	10	7	7
	判定困難	7	7	12	1	6	6	4	4
試験2	陸生区	13	8	6	16	7	11	11	10
	陸冷凍区	7	11	10	7	13	11	9	8
	判定困難	10	11	14	7	10	8	10	12
試験3	海生区	9	4	3	11	2	3	5	19
	海冷凍区	1	3	2	1	5	3	3	4
	陸生区	1	1	1	1	1	2	0	0
	陸冷凍区	1	2	3	0	2	1	1	3
	未回答	18	19	19	17	20	20	20	2
	海(海生区+海冷凍区)	10**	7	5	12*	7	6	8**	23*
	陸(陸生区+陸冷凍区)	2	3	4	1	3	3	1	3
	生(海生区+陸生区)	10**	5	4	12*	3	5	5	19**
	冷凍(海冷凍区+陸冷凍区)	2	5	5	1	7	4	4	7

* $p < 0.01$ ** $p < 0.05$

考 察

水質および底質の環境 データロガーを用いた生簀付近の水温範囲は、2018 年 1 月 6 日～5 月 31 日の期間は 5.7～19.3℃にあった。また、富山水研による漁場環境調査では、2017 年 12 月 4 日の庄川前の水温が 12.0℃、定置漁場環境調査では、2017 年 12 月 14 日の庄川前の水温が 9.0℃であったことから(加藤 2018)、サクラマス飼育期間中の生簀の水温は 6～20℃にあったと想定され、これはサクラマスの飼育には適した水温(Brett 1952, 真山 1992)であったと考えられる。

表層の水質では、サクラマス飼育試験の開始前、飼育試験期間および飼育試験期間末に分析した値を比較すると、pH, SS, COD_{Mn}, 全窒素, 全リンの値について顕著な変化はみられず、DO の値についても、試験開始前に比較し、飼育試験期間中および飼育試験期間末の値には低下がみられなかった。また、表層の pH, DO, COD, 全窒素および全リンは概ね環境基準を満たしていた(表 5)。

底層の水質では、飼育試験開始前、飼育試験期間中および飼育試験期間末の分析値を比較すると、pH, SS, COD, 全窒素, 全リンの値について顕著な変化はみられず、DO の値についても、試験開始前に比較し、飼育試験期間中および飼育試験期間末の値には低下がみられなかった。底層の pH, DO, COD_{Mn}, 全窒素および全リンは概ね環境基準を満たしていた(表 6)。

全窒素および全リンの値は、2018 年 3 月および 2018 年 5 月では底層と比較し表層が高かった。2018 年 3 月および 2018 年 5 月の表層塩分は、底層と比較して低く 30 未満であり(表 5, 6)、また、鉛直観測においても 2018 年 3 月および 2018 年 5 月では 2m より浅い水深で 30 未満の塩分が観測された(表 5, 図 6)。これらのことから表層付近において調査地点周辺に位置する河川水の影響を受けた可能性が示唆され、全窒素および全リンの値が底層に比較し高くなったと推測される。

底質では、サクラマス飼育試験の開始前、飼育試験期間および飼育試験期間末に分析した値を比較すると、pH, 強熱減量, 硫化物, COD_{sed}, 全窒素および全リンの値について顕著な変化はみられ

ず，硫化物および COD_{sed} の値は，いずれの調査においても水産用水基準の基準値を下回った。

以上のことを考え合わせると，サクラマス飼育試験期間の前後を通じて表層と底層の水質および底質は，環境基準および水産用水基準の化学的指標は各基準値の範囲にあり，網生簀を用いた漁港内におけるサクラマスの飼育は，周囲の水質および底質環境に，ほとんど影響を及ぼさなかったものと考えられる。

サクラマスの魚体の大きさと肉質 海上飼育魚は，約半年間の飼育期間中，月1回の魚体測定毎に成長する傾向を示し，尾叉長では約1.7倍（13.7cm増加の43.7cm），体重では約7.3倍（1,090g増加の1,246g）に成長した。一方で，筋肉中の脂質含量は3月から5月にかけては増加する傾向は見られず，むしろ減少傾向にあった。GSIが4月まで低く，5月に上昇したことから，5月以降は産卵に向けて筋肉中の脂質含量が減少していく可能性が示唆される。身色は，3月から5月にかけて赤みが増加し，明るさ（白さ）が減少する傾向が見られた。これは，2018年2月11日から使用した飼料（サーモンEP6号，8号，10号：日清丸紅社および日本海：フィード・ワン社）にアスタキサンチンが含まれていたため，これを毎日摂食することにより，筋肉にアスタキサンチンの赤色が沈着し，サクラマスらしい赤さが増加したと考えられる（伊藤 1993）。

堀岡漁協が同時期に同漁協で陸上飼育したサクラマス（1～2kg）を2018年4月に新湊漁協の魚市場において競りにかけたところ，2,000～3,000円/kgの値が付いた。本海面飼育のサクラマスも堀岡漁協が陸上飼育したサクラマスと尾叉長と体重に有意な差が見られなかったことから，もし，海面飼育のサクラマスも同様に競りにかければ，同等な値がついたものと推測される。本試験で飼育したサクラマスは1～2kgで，神通川などで漁獲されるサクラマスの2～4kg（田子2002）に比べ魚体が小さく，「マス鮭」の原料には適していないように思える。それでも，協議会の努力と技術により，いみずサクラマスを使用した「マス鮭」が作成されているので（図11），本試験で飼育したサクラマスのうち，2kgサイズの個体は「マス鮭」の原料としても十分に使用できるものと考えられる。



図11 「いみずサクラマス」を用いて作成された「マスの鮭」

味覚の官能検査 3月における官能検査では，海面飼育したサクラマスの肉色について，いずれの試験区とも良くも悪くもない評価となっており，この時点では標準的な生食用サケマス類の身色であったと推測され，5月には標準を上回る身色になったものと考えられる。脂の乗りやうま味につ

いても、3月時点では標準的なものと同様の傾向であったと推測され、3月以降は出荷に適した品質であったと判断できる。

5月に実施した官能検査では、海面飼育したサクラマスの生個体と冷凍を解凍した個体の比較および海面飼育個体と陸上池飼育（堀岡漁協）個体について比較を行った。生個体と冷凍個体については、海面飼育では「色の濃さ」、「歯ごたえ」、「うま味」について生個体が冷凍個体よりも有意に高い評価であり、総合評価でも有意に高い評価であった。陸上飼育についても同様に生の評価が高い傾向は見られたが、有意差は見られなかった。このことから、本試験で飼育したサクラマスは冷凍個体よりも生個体の評価が高いと考えられる。

4つある試験区の中で最も良いものを選択する質問においては、試験1で有意差が見られた全ての項目について、海面飼育の生個体が最も高い評価であった。このように、陸上飼育よりも海上飼育の評価が高い傾向があり、冷凍よりも生鮮の評価が高いことから、海上飼育魚を生で利用することで、付加価値を最も高めることができると考えられる。

海面飼育の利点 陸上飼育では、飼育池の造成、上屋の整備、飼育水を確保するための設備、飼育水維持のための電気代、飼育池の掃除などの人件費などに多額の資金を要する。加えて、飼育水量には制限があり、飼育尾数も限られてくる。一方、海面飼育では、生簀の購入には多少の資金が必要であるものの、陸上の飼育池の整備に比べれば、極めて安価である。漁港内に設置可能であれば、波浪等で破壊される心配がほとんどないので、生簀を支えるアンカーなどの設備も軽量、少量で済む。加えて、飼育水量はほぼ無制限で、日々の清掃も不必要である。給餌においても、定置網漁業者などに、市場への往来の際に依頼すれば、陸上飼育よりも安価に抑えることができる。また、サクラマスの飼育による周囲の環境へ影響はほとんど認められなかったことに加え、サクラマスの場合は約半年の飼育期間なので、さらに影響は少なくなるものと推測される。生簀においても、飼育期間外となる半年間は陸上で保管できるので、漁網のいたみなどが減り、メンテナンスも十分にできる。このように、飼育水の確保と経費においては、海面飼育は陸上飼育に比べ、かなりのメリットを有していると思われる。

また、海面で定置網により漁獲されたサクラマスや河川で投網や釣りなどで漁獲されたサクラマスには、アニサキスや広節裂頭条虫などが寄生している可能性があるため生食はできず、刺身や握りにするには、一旦、 -30°C 以下で3日間ほどの凍結が必要となる。しかし、堀岡漁協の施設のように陸上飼育した場合や本試験のように、漁港内で配合飼料を与えて飼育した場合には、それら寄生虫が存在する可能性がほとんどないため（竹澤 2019）、生食が可能となる。天然水域で漁獲される2～3kgサイズのサクラマスに比べて魚体は小さいが、生の刺身として食することができる。また、身色も天然物に勝るとも劣らないくらい赤く、綺麗であることから、1kgサイズであってもその潜在的な需要は高いものと推測される。さらに、同じ1kgサイズでも陸上飼育のそれに比べ、「色の濃さ」、「歯ごたえ」、「うま味」などで評価が上回ったことから（表11）、陸上池での飼育よりも、海面で飼育した方が、飼育環境が良好になり、食べ味も良くなる可能性が示唆される。

養殖事業への展開 本試験において、新湊漁港内でサクラマスの飼育を実施した「いみずサクラマス市場化推進協議会」は、それまで海面養殖に携わったことはなく、また、サクラマスに給餌を行ったのは、魚の飼育の経験がない定置網漁業に従事する漁業者たちであった。それでも、11月末に3,166尾のサクラマス未成魚を海面生簀に収容して飼育し、翌年の4～5月において、1kgを超え

るサイズのサクラマス²を2,800尾収穫し、収穫率は88.4%と高い数値であった。

同漁港内の水域は防波堤や消波ブロックで守られているため、波浪の高い冬季においても静穏な環境にあること、今回の試験での最大生息密度は $3.3\text{kg}/\text{m}^3$ であり、サクラマス親魚は $10\text{kg}/\text{m}^3$ は飼育できるとされていることから(河村 2008)、同生簀ではこの2～3倍の密度での飼育が可能と推測されること、本試験に用いた規模の生簀は同漁港内に数個の設置が可能であること、サクラマスの飼育に従事する漁業者たちは回を重ねるごとにその飼育技術が向上することなどを考慮すると、同漁港の水域には数万尾のサクラマスを安定的に生産する能力があると考えられる。また、同漁港に接して存在する新湊市場では、昼も競りが行われており、同漁港内で飼育したサクラマスを計画的に出荷することが可能であり、漁協の収入や観光の面においても大きく貢献できる可能性がある。

水産庁は漁港内の水域(泊地)においても、魚類の畜養や養殖のために活用できるという方針を示しており(水産庁 2021)、実際、隣県の石川県志賀町の富来漁港では、西海サーモンとしてニジマスの海面飼育が行われている(志賀町 HP https://www.town.shika.lg.jp/kankou/pHoto/special_product/special_product_shikamachi_serect_umi.html 2024年2月16日閲覧)。今後、漁獲量のさらなる減少など、さらに厳しい局面に本県の海面漁業が直面した場合、漁港内におけるサクラマスの養殖事業は、それを打開してくれる大きな糸口になる可能性を秘めている。

謝 辞

本研究におけるサクラマスの飼育に当たっては、堀岡養殖漁業協同組合、新湊漁業協同組合および大門漁業協同組合各位のご協力を頂いた。飼育生簀周辺の採水と採泥には富山県農林水産総合技術センター水産研究所の栽培漁業調査船「はやつき」(当時)職員の協力を頂いた。本研究の多くは「生産性革命に資する地方創生拠点整備事業(総務省)」によった。ここに心を込めて感謝の意を表する。

文 献

- Brett, J. R. 1952. Temperature tolerance in young Pacific salmon, genus *Oncorhynchus*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **9**, 265-323.
- 今井 智 2020. 閉鎖循環システムを用いた新しいサーモン養殖用種苗の生産方法. 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 第17回成果発表会要旨.
- 伊藤良仁 1993. 海洋生物のカロテノイド代謝と生物活性. 水産学シリーズ 94. 恒星社厚生閣, 東京, pp.69-79.
- 加藤 繭 2018. 平成29年度漁場環境保全推進事業調査報告書, 富山県農林水産総合技術センター水産研究所, 1-44.
- 河村 博 2008. 海中飼育 サクラマス. 湖沼と河川環境の基盤情報整備事業報告書「豊かな自然環境を次世代に引き継ぐために サクラマス, ビワマス, 地方種」, 日本水産資源保護協会, 東京, pp. 306-315.

- 真山 紘 1992. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報, **46**, 1-156.
- 水産庁 2021 「漁港施設の有効活用ガイドブック」, 水産庁 HP.
- 食品の官能評価・鑑別演習 1999. 公益社団法人 日本フードスペシャリスト協会 編, 建帛社, 東京, pp.12-16.
- 田子泰彦 2002. サクラマス生息域である神通川へのサツキマスの出現. 水産増殖, **50**, 137-142.
- 田子泰彦 2017a. 射水サクラマスの誕生. 「内水面漁業の未来は明るいか」アクアネット, 2017 年 9 月号, 80-81.
- 田子泰彦 2017b. 歩き出した射水サクラマス. 「内水面漁業の未来は明るいか」アクアネット, 2017 年 10 月号, 82-83.
- 田子泰彦 2017c. 止まらないサーモン養殖の流れ. 「内水面漁業の未来は明るいか」アクアネット, 2017 年 11 月号, 80-81.
- 竹澤野葉 2019. 魚病対策. 平成 30 年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報, 122-123.
- 吉川誠次 1965. 「食品の官能検査法」光琳書院, 東京, pp. 105-112.