



内陸部における高級海産魚の養殖

— 飛騨とらふぐが地域に与える効果 —

河 田 幸 視

概要 魚介物に対する需要が高まる一方で、海産魚の乱獲が心配されることから、養殖に対する期待が世界的に高まっている。本稿は、従来の養殖が有する様々な問題点を解消しつつ、地域活性化にも資する取り組みとして、閉鎖循環式陸上養殖を用いた飛騨とらふぐに着目し、その概要を紹介する。

キーワード 飛騨とらふぐ、閉鎖循環式陸上養殖、地域活性化

原稿受理日 2017年9月13日

Abstract Currently demands for sea foods have increased; however, there are concerns about the decrease in marine biology due to overfishing. This concern has enhanced the expectation for aquacultural production worldwide. We overview *Hida torafugu*, which adopts a closed recirculation system for culturing puffer fish on land. This is one of the excellent cases of inland aquaculture that contributes not only to removing several issues concerning typical aquaculture, but also contributes to regional revitalization.

Key words *Hida torafugu*, closed recirculation system for culturing on land, regional revitalization

1. はじめに⁽¹⁾

Larsen and Roney (2013) によれば、平成23 (2011) 年に、少なくとも近代においては初めて世界の養殖魚生産量は牛肉生産量を凌駕し、平成24 (2012) 年には、養殖魚生産量は6,600万トン、牛肉生産量は6,300万トンとなって、その差はさらに開いた。さらに Larsen and Roney (2013) は、平成25 (2013) 年に、養殖魚消費量が天然魚消費量を初めて凌駕しそうであることも報じた。世界的には1980年代後半頃から天然魚生産量が頭打ちとなり、また、過剰漁獲 (overfished) と評されるストックの割合が経年的に増加傾向にある中で、養殖が果たす役割は高まっている (FAO, 2016)。World Bank (2013) は、私たちが消費する魚に占める養殖魚の割合は、2030年までには3分の2を占めると予測している。

日本では、海面漁業は沿岸漁業、沖合漁業、遠洋漁業に分けられ、この順に外延的に拡大をする歴史を辿ってきた。なかでも沿岸漁業では、長期に亘って持続的な利用がなされてきたとされる (Lou, 2014)。しかし、『漁業・養殖業生産統計』に示されるように、漁業・養殖業全体 (内水面を含む) では、昭和59 (1984) 年の1,282万トンをピークに生産量は減少傾向にある。海洋水産資源の状態は、満限ないし過剰漁獲と評価される割合が高く、そのため、「養殖業の持続的発展を目指すことが水産物供給を確保する上で特に重要な課題で」(p. 3) あると、平成25 (2013) 年度の『水産白書』(水産庁, 2013a) は指摘している。

このように、養殖に対する期待は高まっている。しかしながら、公共の用に供する水面でなされる養殖は、後述するように、多様な問題を孕んでいる。また、世界的には養殖魚生産量は増加傾向にあるものの (FAO, 2016)、日本における「養殖業生産量は、昭和63 (1988) 年の143万トンをピークに」(p. 14) 減少傾向にあり、海面魚類の養殖業生産量も、平成7 (1995) 年の28万トンをピークに減少傾向にある (水産庁, 2013a)。そうした中で、従来の枠を超えた養殖のあり方が模索されつつある。

本稿は、このような背景の下でなされている多様な新しい取り組みの中から、内陸部における高級海産魚の養殖に着目する。日本では、人口減少と高齢化が今後さらに進展する

(1) 本稿は、2017年7月25日にマレーシア国のプトラ世界貿易センターで開催された World Aquaculture Society Asian-Pacific Aquaculture 2017: Transforming For Market Needs でおこなった口頭報告、および、同28日にプトラ大学バイオサイエンス研究所でおこなった公開講演で、Fish Brand Creations: Progressive Aquacultural Approaches that Contribute to Regional Development のタイトルで報告した内容の一部に、大幅な加筆・修正を加えて作成したものである。

ことから、十分に利用されていない資源（あるいは、利用が減少した資源）をうまく活用しつつ地域を活性化する手法が望まれている。漁業と係っては、産業廃棄物の活用の側面を持つフルーツ魚の養殖（深田，2016）、遊休施設の活用の側面を持つ温泉トラフグの養殖（野口，2016）、休耕田を活用するホンモロコの養殖（七條，2011）、既存の地域産業の改善の側面を持つ稲田養魚（鶴田，2012）など、多様な取り組みが散見される。⁽²⁾ その中で、本稿は、岐阜県を中心に展開をしている飛騨とらふぐに注目する。⁽³⁾

飛騨とらふぐは、独自に開発された閉鎖循環式陸上養殖で育てられる。このことによって、従来の海面養殖等でしばしば課題となってきた、1) 参入障壁（漁業権等）の問題、2) 環境問題、3) 養殖魚の価格低迷問題、4) 養殖魚の疾病問題を大幅に改善できる。さらに、5) 水温を調整することで海面養殖よりも成長を促進でき、また、6) 未利用資源や遊休施設の活用も視野に入れることが可能である。以上の6点は、（閉鎖循環式）陸上養殖のメリットである。⁽⁴⁾

これらに加え、飛騨とらふぐの取り組みは、次の点で優れている。まず、多様な地域への適用がしやすい点である。その理由として、比較的小規模の水槽でも実施可能なため、イニシャルコストを低く抑えることが可能、特殊な環境条件を必要としない（例えば、その地域の水を活用できる）、飛騨以外の地域でもこの方法を採用できる、などを挙げることができる。次に、飛騨とらふぐの取り組みの背後にあるポリシーについてである。上述の通り、養殖魚の価格低迷が問題になっており、昨今では、トラフグについても高級魚というイメージがかなり払しょくされ、大衆化、低価格化が進んでいる（高森ほか，2012）。こうした中で、飛騨とらふぐの取り組みでは、大量の観光客を引き込んでの薄利多売を避け、長期的な視野に立ってブランドを育成している。その背後では、飛騨とらふぐを地域

(2) すべての特徴を網羅したり、必ず当てはまる特徴を述べているわけではない。例えば、フルーツ魚の場合、果実等の産業廃棄物を必ず使っているわけではない。これらの取り組みにかかわる文献は多数あるが、ごく一部に絞った。

(3) 飛騨とらふぐという名称にあわせて、本稿では「飛騨」ではなく「飛騨」を用いる。

(4) 水産庁（2013b）では、陸上養殖のメリット・デメリットが次のように整理されている。原文を若干改変して引用する。まず、メリットは、1) 飼育環境の人為的管理が可能（気候・気象等の影響を受けにくい、生産性の向上、品質の向上が可能）、2) 魚種の制約を受けずにブランド化が可能（北海道におけるトラフグ養殖の取り組み等）、3) 「養殖＝葉漬け」というイメージからの脱却、4) トレーサビリティ対応が容易、5) 効率的な給餌が可能（適正量の給餌、安定した飼育環境）、6) 環境への影響の軽減（排水処理等の管理が可能、飼育水が少量、逃亡による遺伝的攪乱がない）、7) 場所の制約が少ない（区画漁業権等の漁業法の制約がない）、8) 作業量の軽減（海上で漁船・漁具を用いた作業がない）である。次に、デメリットは、1) 施設整備のイニシャルコスト、電気使用料等のランニングコストが高額（最大のネック）、2) 複数の機材を使用するため故障等のリスクが相対的に高い、3) ウイルス、魚病等が持ち込まれた場合や、停電等のトラブルが発生した場合に大きな被害が発生する可能性がある、である。

にとって特徴のある産品として確立させることで、地域外からの集客、視察・見学ツアーといった形で地域経済を活性化させることが明確に意識されている。

以下では、まず2節において、日本における養殖の現状を概観し、現在直面している課題や、トラフグ養殖の状況を見る。次に、3節では、飛騨とらふぐの概史を見たいうえで、生産、流通・消費について整理する。4節では、飛騨とらふぐが地域に与える効果を整理する。

2. 養殖の現状

2.1. 日本の養殖

水産動植物の養殖は、主に藻類、貝類を対象とする無給餌養殖と、主に魚類、甲殻類を対象とする給餌養殖とに分けられる（水産庁，2013a）。後者に属する魚類養殖業は、日本では高度経済成長期の生活水準や所得水準の向上の下で発展してきた（小野・中原，2009）。海面魚類の養殖は、日本では昭和3（1928）年に香川県の安土池において初めて成功したとされる（松岡，1993；水産庁，2013a；山本，2015）。^⑤『漁業・養殖業生産統計年報』の中の「養殖魚種別収獲量累年統計 全国（昭和31年～平成24年）」（農林水産省，2017）では、魚類については、ぎんざけ（昭和54年以降，年平均収獲量11,593トン），ぶり類（昭和36年以降，118,618トン），まあじ（昭和45年以降，2,891トン），しまあじ（昭和45年以降，1,652トン），まだい（昭和36年以降，43,731トン），ひらめ（昭和58年以降，4,795トン），ふぐ類（昭和36年以降，2,269トン），くろまぐろ（平成24年以降，12,393トン），その他の魚類（3,271トン）の記載がある。

先述の通り，わが国の魚類養殖業は多様な課題を抱えている。本稿で注目したいのは，次の4点である。1つは，参入障壁の問題である。海面や河川のように公共の用に供する水面を利用する養殖は，区画漁業権に基づいて営まなければならないと漁業法で定められている（水産庁，2013b）。^⑥ 2つは，環境問題である。所有権が設定されていない水面の場合には漁場利用に規制が働かずオープン・アクセスの悲劇（いわゆる，コモンズの悲

⑤ 松岡（1993）では、「安土池」となっている。

⑥ 陸上養殖の場合でも，漁業権のために問題が起きることが指摘されている。「取水管を設置することによって，操業が妨げられる場合や，排水が漁場水質を汚濁する場合は，漁業権の侵害に当たるが，取水管を設置することのみをもって漁業権の侵害に当たるとは言い難い」（p. 70）にも拘らず，「漁場は全て漁業権者のもの」と誤って解釈され」（p. 70）の結果，陸上養殖のための取水が一律に漁業権の侵害と見なされてしまいかねない（規制改革会議，2008）。

劇）が発生し、これは、養殖の文脈では、給餌養殖であるがゆえの漁場汚染のような環境問題をもたらさう（小野・中原，2009）。3つは、養殖魚の価格低迷問題である。海面魚類養殖業では、2000年頃から魚価が右肩下がりとなって低迷し、経営が苦境に立たされている（小野，2007）。トラフグについても、2000年頃から価格が低迷していることが、多くの文献で指摘されている（例えば、三木，2016）。4つは、養殖魚の疾病問題である。近年は、抗菌性薬剤を用いた治療からワクチンを用いた予防に防疫体制が転換され、生産額に占める被害額の割合、被害額とも減少傾向であるが、多様な課題が残っている（中西・松浦，2016）。トラフグについては細菌，ウイルス，寄生虫による疾病が多くあるものの、使用できる医薬品は少ない（山口県水産振興課，2012；肖ほか，2013）。

2.2. トラフグの養殖

フグの養殖⁽⁷⁾に先がける動きとして、昭和8（1933）年に山口水試によって、また、昭和10（1935）年頃には岡山県の業者によってトラフグの蓄養⁽⁸⁾が試みられた（藤田，1988；古川・岡本，1966）。養殖の試みは、昭和13（1938）年頃に産卵親魚を種苗として、瀬戸内海で始められた（藤田，1996）。昭和29（1954）年には、長崎水試によって人工孵化から稚魚までの飼育養成がなされた（藤田，1962；柴田・青野・町田，2006）。商業的なフグ類の養殖は、ブリの養殖開始と同時期の昭和33（1958）年頃に、小規模なものが開始された（水産庁，2013a）。中原（1973）によると、昭和30（1955）年頃から天然フグが高価を呼ぶようになり、その結果、フグ養殖への関心が高まったという。昭和31（1956）年頃からフグ養殖は急速に進展し、昭和39（1964）年には、フグ養殖が始まって以来の種魚不足に陥った（古川・岡本，1966）。上述の通り、昭和36（1961）年以降は、『漁業・養殖業生産統計年報』（農林水産省，2017）にフグ類の生産量が記載されている（図1）。種苗生産は、昭和39（1964）年に山口県内海栽培センターで大量生産に成功したのが嚆矢とされる（廣吉，1993）。昭和48（1973）年には人工苗種由来の当歳トラフグに商品価値が認められ、それを契機に西日本各地で人工苗種による養殖が活発化し、さらに、昭和54（1979）年に養殖フグが初めて南風泊市場上場され、それ以降、養殖トラフグは銘柄となっている（藤田，1988）。山口県下関市の南風泊市場における取扱高を参考にすると、1980年代後半

(7) 参照した文献での表記の制約があり、フグという表記を使っている場合があるが、トラフグと読み替えておおよそよいであろう。

(8) 蓄養とは、「魚介類を市場に出荷する前に値段調整等のために一時的に、あるいは、漁ろうの餌にするために出港するまで一時的に生簀の中で生かしておくこと」（金田，2003，p. 17）である。

から養殖魚の出荷量は大きく増加し、平成元（1989）年頃には外海物の水揚量を超えたと考えられる。

しかしながら、1990年代に入ると、バブル経済の崩壊、阪神・淡路大震災などの影響によってトラフグ養殖量は伸び悩み、また、魚価も下がった（佐藤・小嶋，1995；古川，2003；三木，2016）。三木（2016）によれば、1990年代後半からは、次第に中国産養殖トラフグの輸入量が増加し、⁽⁹⁾ 2000年代前半にはホルマリンの薬浴問題⁽¹⁰⁾ が明るみに出て輸入魚への大幅シフトが起こったものの2000年代後半には輸入量は急減し、こうした中で、2000年代には、「90年代とは明らかに異なる水準まで価格が下が」（p. 5）っている。

従来、日本におけるトラフグの養殖は海面生簀であったが、平成10（1998）年頃からヒラメ用のかけ流し式陸上養殖タンクにトラフグを入れての養殖が臨海部でなされるようになった（田嶋，2012）。⁽¹¹⁾ 三木（2016）は、「統計的な把握が困難であるが、近年、トラフグの陸上養殖がトラフグ養殖において一定程度の位置と評価を得るようになってきている」（p. 6）と指摘している。陸上養殖には、「かけ流し式」と「閉鎖循環式」とがあり（水産庁，2013b）、最近の陸上トラフグ養殖では、場所を問わずに設置可能な閉鎖循環式⁽¹²⁾ に注

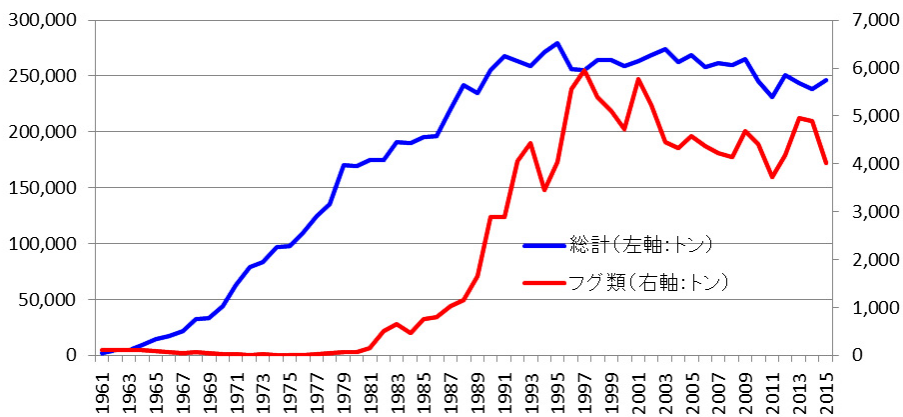


図1 フグ類及び魚類養殖収穫量の経年変化

注：農林水産省（2017）『漁業・養殖業生産統計年報』を基に、筆者作成。総計は、貝類、海藻類などを除く養殖魚類の合計。

(9) 林（2003）によると、下関唐戸魚市場株式会社では、南風泊市場において平成8（1996）年から中国を含む輸入フグ（中国のものについては、中国で2年魚以上育てられたもの）の扱いを開始している。

(10) 詳しくは、例えば、野口・荒川（2003）をみよ。

(11) 反対に、中国では、トラフグの海面養殖は少なく、陸上養殖中心である（林，2003；田嶋，2012）。

(12) 閉鎖循環式陸上養殖については、詳しくは、山本（2015）をみよ。

目が集まっている。卵管理，種苗生産，親魚養成，養殖の全てが閉鎖循環式で実現可能であり，閉鎖循環式によるトラフグの完全養殖は技術的には確立している（今井ほか，2015）。

3. 飛驒とらふぐ

以下，3節の内容のほとんどは，断りがない限り，平成29年7月10日に株式会社飛驒海洋科学研究所（岐阜県飛驒市古川町是重2-2-8：以下では適宜，海洋研と略す）でおこなったヒアリング調査と，その後不定期におこなったメール等での補足調査に基づいて，筆者がまとめたものである。飛驒トラフグの取り組みを客観的に位置づけるために，筆者が事後的に適宜関連する研究を引用し脚注等に補った。また，これに先立つ平成29年6月16日に，創作料理 八光苑（岐阜県高山市国府町：以下では適宜，八光苑と略す）においても，飛驒とらふぐの養殖に関するヒアリングの機会があり，その際に得た知見も一部反映している。

3.1. 概 史

「飛驒とらふぐ」は，海洋研の代表取締役深田哲司氏らによって開発された，内陸部でのトラフグ養殖技術を用いて生産されたトラフグのことである。平成21（2009）年8月に，深田氏らによって飛驒とらふぐ研究所が設立され，翌平成22（2010）年に飼育に用いる海水の研究が始まり，平成23（2011）年には，初代の養殖プラント^③が古川町内に設置された（表1参照）。この養殖プラントにおいて，深田氏の知人の釣り人が富山県で捕獲したクサフグを用いた養殖実験と，近畿大学水産研究所白浜実験場から入手したトラフグの稚魚を用いた養殖実験とが，ほぼ同時期に開始された。平成24（2012）年には，トラフグ130匹が無事に生残して成魚となり，養殖実験は成功裡に終了した。平成25（2013）年には，飛驒市から，廃園となった鷹狩保育園の建物を3年間無償で貸与され，二代目の養殖プラントが設置された。平成26（2014）年の春には，深田氏主宰の飛驒とらふぐ研究会が運営する飛驒とらふぐ道場が古川町内に開店し，1日10品限定で3000円という破格の料金での飛驒とらふぐ料理の提供が始まった。平成27（2015）年7月には，飛驒とらふぐ研究所が法人化し，名称が株式会社飛驒海洋科学研究所に変更された。事務所は現在の場所に移動

③ 本稿では，養殖プラントは，飛驒とらふぐを養殖するのに必要な，水槽，浄化槽，それらを接続するパイプ類などの養殖設備一式を指すものとする。なお，初代，二代目，三代目の養殖プラントという表現は正式なものではなく，本稿において説明のために便宜的に用いるものである。

し、三代目の養殖プラントが設置されて、現在に至っている。平成29（2017）年秋には里山での孵化実験（60万匹）が始まる予定であり、翌春からは完全養殖が実現する見込である。

飛騨とらふぐ道場の取り組みは、地域の料理人が交代で料理を提供し、来店者に料理の評価をしてもらうことで飛騨とらふぐを用いた料理に対するニーズや改善点を把握しようとするユニークなものであったが、破格の価格だけを目的に来店するケースが増加したため、平成27（2015）年の春に閉店となった。しかし、この過程で飛騨とらふぐの知名度がさらに高まるという効果があった。さらに、飛騨とらふぐ道場の取り組みの中で生まれた「ふぐの時不知」が、共通で広めるべき飛騨とらふぐ料理として採用された。「飛騨とらふぐ」は、平成25（2013）年5月24日に商標登録されている。

表1 飛騨とらふぐに関する主要な出来事

時 期	主要な出来事
平成21年	・ 飛騨とらふぐ研究所設立
平成22年	・ 海水の研究を開始
平成23年	・ 初代の養殖プラントが完成 ・ 知人の釣り人から得た富山産クサフグを用いて養殖実験を開始 ・ 近畿大学水産研究所白浜実験場から得たトラフグの稚魚を用いて養殖実験を開始
平成24年	・ 飛騨地方で初めて130匹のトラフグの陸上養殖に成功
平成25年	・ 飛騨市から廃園の保育園（旧鷹狩保育園）を養殖施設として無償で貸与され、二代目の養殖プラントを設置 ・ 「飛騨とらふぐ」を商標登録
平成26年	・ 飛騨とらふぐ道場がオープン
平成27年	・ 飛騨とらふぐ研究所が法人化し、名称を株式会社飛騨海洋科学研究所に変更 ・ 三代目の養殖プラントを研究所内に設置
平成29年	・ 来春からの完全養殖に向けて里山での孵化実験を秋に開始予定

注：飛騨海洋科学研究所（2017）および飛騨海洋科学研究所でのヒアリングを基に、筆者作成。

3.2. 生産

① 養殖プラント

養殖プラントでは、海洋研によって開発された閉鎖循環式陸上養殖が用いられている（写真1）。海洋研に加え、八光苑、奥飛騨温泉郷平湯温泉ひらゆの森（岐阜県高山市奥飛騨温泉郷）、飛騨金山ぬく森の里温泉 道の駅かれん（岐阜県下呂市金山町）、明治庵（新潟県上越市）の4施設にも設置されている（表2参照）。このうち、明治庵のトラフグは「景虎ふぐ」と命名されている。加えて、長野県においても、現在、養殖プラントを設置する計画がある。

内陸部における高級海産魚の養殖（河田）

養殖プラントは、水槽と浄化槽（浄化装置）からなり、不測の事態に備えて必ず予備の水槽が準備されている。飼育中に斃死する個体が出る一方で、個々の個体は増体するために、当初1基の水槽で飼っていたものを、最終的には3基程度の水槽に分ける。最も難しいのは浄化槽での窒素の処理である。浄化槽では、バクテリアを用いた生物分解をおこなっている。



写真1 飛騨海洋科学研究所の養殖プラント

注：2017年7月10日に飛騨海洋科学研究所で筆者撮影

表2 飛騨とらふぐ養殖プラント一覧

施設名	住所	プラント概要
飛騨とらふぐ研究所 (初代の養殖プラント)	岐阜県飛騨市古川町	<ul style="list-style-type: none"> 平成23年設置 10トン水槽×2基 8トン浄化槽×1基
飛騨とらふぐ研究所 (二代目の養殖プラント)	岐阜県飛騨市古川町 (旧鷹狩保育園)	<ul style="list-style-type: none"> 平成25年設置 25トン水槽×3基 12トン水槽×5基 8トン浄化槽×5基
飛騨海洋科学研究所 (三代目の養殖プラント)	岐阜県飛騨市古川町	<ul style="list-style-type: none"> 平成27年設置 25トン水槽×5基 12トン水槽×7基 浄化槽×6基
創作料理 八光苑	岐阜県高山市国府町	<ul style="list-style-type: none"> 平成23年設置 8トン水槽×2基 8トン浄化槽×1基
奥飛騨温泉郷平湯温泉ひらゆの森	岐阜県高山市奥飛騨温泉郷	<ul style="list-style-type: none"> 平成24年頃設置 8トン水槽×3基 8トン浄化槽×1基
飛騨金山ぬく森の里温泉 道の駅かれん	岐阜県下呂市金山町	<ul style="list-style-type: none"> 平成26年頃設置 7トン水槽×2基 1トン浄化槽×1基
明治庵	新潟県上越市	<ul style="list-style-type: none"> 平成28年設置 10トン水槽×2基 6トン浄化槽×1基

注：飛騨海洋科学研究所でのヒアリングを基に、筆者作成。

② 成長・生残

飛驒とらふぐの稚魚は、当初から近畿大学水産研究所白浜実験場に由来するものを使用している。ただし、現在は、近大由来のものは約4割で、残りの6割は九州（一部は四国）の養殖場由来の稚魚を用いている。これらはいずれも、基本的に天然親魚に由来する。海洋研の出荷サイズは、約800g（30cm程度）である。参考のために、天然魚の成長を表3にまとめた。

飛驒とらふぐは、海面養殖の個体よりも成長が早くなる傾向がある。その理由の1つは、水槽のトラフグの密度である。養殖を開始した初期の段階では、現在よりもさらに密度が低かったために成長が早く、海面養殖と比較して約半分の期間で800g程度に成長し、出荷された。現在は、密度が高まっているため、1年半～2年（海産の7割）程度の期間で出荷体重に成長する。2つは、水温である。海面養殖では冬季に海水温が下がり成長が阻害されるが、飛驒とらふぐの場合は水温を16～20℃に調整しているため、成長が阻害されない。これら以外にも、例えば、後述する低塩水の飼育水の効果が考えられる。⁴⁾

生残率は、最良で80%程度になることがあるが、通常は60%程度である。トラフグはうろこがないため、表皮の病気に罹患しやすい。養殖をはじめた初期の段階では、表皮の病気が散見されたが、現在は改善されている。病気の発生数を抑制できる理由の一つは、井戸水の使用と考えられる。

表3 天然トラフグの発育段階と体長・体重

年齢	月齢（月）	全長（mm）	体重（g）	発育段階
0 齢	3 か月（8 月）	120	31	稚 魚
	4 か月（9 月）	162	75	幼 魚
	5 か月（10 月）	198	139	
	6 か月（11 月）	230	217	
	11 か月（4 月）	230	217	
1 齢	（5 月）	270	345	未成魚
2 齢	（5 月）	352	962	成 魚

注：全長及び体重は、檜山（1981）p. 44の表4の計算値、発育段階は、佐藤・小嶋（1995）p. 111の表5を用いた。なお、檜山（1981）、佐藤・小嶋（1995）とも、産卵期は5月の想定である。

(4) 仔稚魚期のトラフグを低塩分の飼育水で育てた場合、成長が早く、生残率が高くなることが既存研究で報告されている（韓ほか、1995；多賀・山下、2011など）。低塩分の飼育水の使用は、海面養殖やかけ流し式陸上養殖では実施が困難であり、閉鎖循環式陸上養殖によって可能となったものである（今井ほか、2010、2012）。

③ 水

海洋研の養殖プラントでは、地下 50m からくみ上げた井戸水を使用しており、塩分濃度は 0.00% である。この井戸水に、メーカーに依頼して製造したオリジナルの人工海水の素、16 種類のミネラルを加え、殺菌処理を施して人工海水を作り、養殖に用いている。塩分濃度は 0.9%（海水の約 3 分の 1 の濃度）に調整される。⁽⁵⁾ 使用する水に限定はなく、例えば、八光苑では山麓からの湧き水が用いられている⁽⁶⁾。作成する人工海水の組成が決まっており、使用する水に合わせてミネラルの配合を調整する。ただし、海洋研では、河川水は疾病を招きやすい等の懸念があるため使用していない。対して井戸水は、一般に硬水でミネラル分が多く、溶存酸素が少ない。そのために、生物が生息しにくく、寄生虫等に起因する問題が起きにくいと考えられる。

さらに、水づくりのために、海洋研が独自に開発をしたセラサプリ（10kg で売価 3,980 円）を飼育水に付加している。セラサプリは飛騨金山で産出する麦飯石に近い成分組成であり、殺菌作用も有している。7 トンの水槽であれば、1 か月くらいを目途に 200～300g 程度を、飼育水の状態に応じて投与する。

水温は、前述の通り 16～20℃ に調整される。トラフグは、12℃ になると摂餌をしなくなる。⁽⁷⁾ また、水温の上昇に従って溶存酸素量が減少し、トラフグの場合は 25℃ を上まわると酸素量が不十分になる。水温の低下に対しては、ボイラーでの加熱（不凍液を加熱し、水槽の水を温める）と空調で対応する。水温はひとたび上昇すると、対応が困難である。初代の養殖プラントの時期は、水温の上昇に対して氷を投入する、水を全量入れ替える、といった方法が模索された。現在は、空調によって水温の上昇を未然に防いでいる。

④ エ サ

エサは、市販されている日清丸紅飼料㈱の「おとひめ EP-0」（1.3mm）～「おとひめ EP-8」（8.0×6.8mm）であり、主たる原材料はイワシである。八光苑では、取材時は 8 トン水槽で成魚手前の大きさのもの約 75 匹を飼育中であり、午前と夕方に 1 回ずつ、手のひ

(5) 低塩分の飼育水を用いたトラフグの養殖は、飛騨とらふぐに限らず、閉鎖循環式陸上養殖を用いた他のトラフグの養殖でも採用されている。低塩分で飼育する理由としてしばしば挙げられるのは、天然の仔稚魚期のトラフグが干潟や河口域のような低塩分の水域を利用する（例えば、田北・Intong, 1991）、という事実である。

(6) 八光苑の店舗案内パンフレットの記載に基づく。

(7) 藤田（1988, p. 75）は、当歳魚が 15～16℃ 以下では摂餌が衰えること、藤田（1996, p. 17）は「13～14℃ 以下では殆んど摂餌しなくなり成長も止まって海底の砂泥中に埋没して越冬」することを指摘している。

らサイズ程度のカップで半分程度を与えていた。

飛驒とらふぐのブランド作りの模索過程で、エサを飛驒産のものにこだわるべきとして、自前プラントを有する事業者の中に酒かすを試したところがあり、トラフグによる摂餌も確認されたという。しかし、残存したエサが水中で溶解し、酒かすが浄化槽に詰まったことや、トラフグの摂餌がさほど芳しくなかったため、一時的な試みに終始した。

⑤ ストレス

一般に、トラフグの養殖では、相互の「噛み合い」がみられ、成魚の尾びれに損傷が残ることが多い。このため、養殖魚は複数回に亘って歯切りをおこない、漁獲した天然魚は生簀に放す前に歯切りをするのが通例である（松岡，1993；中島・新田，2005）。⁽⁸⁾しかし、飛驒とらふぐには噛み合いがみられないため、歯切りはしない。噛み合いがみられないのは、塩分濃度が低い飼育水を用いる等の独自の養殖方法を採用する結果、トラフグにかかるストレスが低くなるためと、海洋研では考えている。塩分濃度が高くなると、トラフグはより獷猛になり噛み合いが起りやすくなる。逆に弱った場合には、海洋研では飼育水の塩分濃度を0.9%から1.2%に引き上げて、トラフグを活発にさせている。

トラフグは、ストレスがかかると身が赤くなるという。飛驒とらふぐは、「透けるような白身と甘み」が特徴である（飛驒海洋科学研究所，2017）。⁽⁹⁾身が赤くなっていないことが、飛驒とらふぐがストレスにさらされていない証左の一つといえる。天然物のトラフグの場合、延縄にかかった後、長時間その状態で放置される結果、魚体に多大なストレスがかかり、魚肉質が低下すると考えられる。⁽¹⁰⁾

(8) 養殖トラフグの噛み合いは、例えば、鈴木・岡田・神谷（1995）が詳しい。大上・鈴木（1982，p. 83）によると、噛み合いは「体長の差が大きい程、激しい減耗が起こる」。韓・松井・古市・北島（1994）によれば、仔魚と稚魚が同じ水槽内に混在する場合に、後者が前者の体軀などに致命的な影響を加え斃死率を高めるが、ほぼ全個体が稚魚になると逃避行動が発達して、致命傷の割合は減少する。

(9) 鈴木（1996）は、フグは、「「ふく刺し」にした時に皿の模様が透けて見える程薄くひくので、身（肉）の色が透明またはあめ色のものが好まれ」「放流物は天然物より少し見劣りがするのだが、価格の差の原因になっているようで」と指摘している。表4に示すように飛驒とらふぐの価格は直近で5,000円/kgであり、養殖されたトラフグの相場に比べて高い。その理由の1つとして、身の色を指摘できるかもしれない。

(10) 漁獲時のストレスが魚肉質に影響をするという指摘は多い。例えば、関サバや関アジは一本釣りをすることで、漁獲時のストレスを軽減しているという指摘がよくなされる。

3.3. 流通・消費

① 流通

飛驒とらふぐの流通は、海洋研の養殖プラントで生産した成魚の正規取扱契約店への供給と、自前のプラントを持つ奥飛驒温泉郷平湯温泉ひらゆの森（岐阜県高山市奥飛驒温泉郷）からの奥飛驒温泉郷での供給に限られており、スーパー店頭での販売や、インターネットでの販売はおこなわれていない。この他に、八光苑、飛驒金山ぬく森の里温泉道の駅かれん、および明治庵では、自前の養殖プラントで育成したトラフグを使用している。これらの自前の養殖プラントで育成したトラフグは、店舗内での使用が求められ、スーパー等に卸すことは原則禁じられている。

一般にトラフグは、「秋の彼岸から春の彼岸まで」と言われるように、旬がある食材である。しかし、飛驒とらふぐの場合は通年に亘って養殖できるため、一年を通して供給可能であり、また、オフ・シーズンにあたる夏場にも、近隣都市部（名古屋市、富山市等）居住者の来店がある。その結果、飛驒とらふぐに対する需要は通年に亘ってほぼ平坦で、夏場もやや減少する程度である。平成24（2012）年の飛驒とらふぐの養殖成功以降の、海洋研の養殖プラントからの出荷量と価格とを表4に示す。ヒアリング調査時点では、海洋研からの月あたり出荷量は400～500匹程度であった。また、表4には、他地域からの来客者数（食事目的の来客者数で、視察は除く）も示した。

海洋研では、宿泊施設（旅館、ホテル）や飲食店と正規取扱契約を結んでいる（表5参照）。岐阜県では、フグの処理にはフグ処理者の設置が求められるが、「身欠き」（有毒部位を除去した状態）のフグを用いて調理や加工をおこなう場合には、フグ処理者の設置は不要である。このため、出荷先にフグ処理者がいる場合には、「マル」（首の部分で^{しめ}めた状態）^①で出荷し、いない場合には身欠きで出荷をする。飛驒とらふぐは、フグ毒はほとんど有していないと考えられるものの、天然産親魚由来の稚魚を用いているため、完全に無毒とは言えない。雄と雌の区別は容易ではなく、出荷段階では区別していない。^② 内臓以外の部位は、身、ヒレ、表皮、骨とも全て用いられている。内臓が全体に占める割合が高く、歩留まりは45%程度である。

① マル（丸魚のことで、丸とも表記する）には、活物と^め物がある（廣吉、1993）。高森他（2012, p. 74）は、「関西では「マル」という符丁で呼ばれる活魚での流通が主流」としている。

② 長尾・山田・菅沼（1993, p. 57）も、「トラフグの外部からの雌雄判別や熟度鑑別も、雌雄の形態が似ているため産卵期においても困難である」としている。

表4 飛驒とらふぐの出荷量、キロ単価、他地域からの来客者数

	出荷量	キロ単価	他地域からの来客者数（概数）
平成24年	130匹	3,800円	20人
平成25年	800匹	3,800円	40人
平成26年	2,000匹	4,000円	800人
平成27年	3,000匹	4,500円	2,000人
平成28年	4,500匹	4,800円	4,000人
平成29年	2,000匹	5,000円	—

注：飛驒海洋科学研究所による。平成29（2017）年は、6月までの実績値。身欠きの場合は、加工費として500円が上乗せされる。

表5 飛驒とらふぐの扱がある飲食店等の一覧

所在地	概要	件数
岐阜県飛驒市	旅館，居酒屋，食事処	6件
岐阜県高山市	食事処等	4件
岐阜県恵那市	食事処	1件
岐阜県下呂市	食事処	1件
愛知県名古屋市	食事処	1件

注：筆者作成。飛驒とらふぐを過去に扱っていても、平成29（2017）年現在は扱いを取りやめている施設は、飛驒海洋科学研究所でのヒアリングを参考にして除外した。筆者が把握した施設のみであり、飛驒とらふぐを扱っている施設を網羅していない可能性がある。なお、明治庵の景虎ふぐは除いている。

② ブランド

先述の通り、飛驒とらふぐは、飛驒の地や飛驒の水で養殖したトラフグ，という意味ではなく、飛驒海洋科学研究所の方法で養殖したトラフグのことを指す。このため、飛驒地方以外にも適用できる。自前の養殖プラントを有する場合、基本的には海洋研から稚魚を入手する。しかしながら、八光苑については、自前のプラントの成魚が不足した時に、稀に海洋研からの補充では不足するケースが発生し、そのような場合には九州から半年程度育てたトラフグを入手することがある。そのケースでは、3か月以上飛驒とらふぐ用の海水で育てることを、飛驒とらふぐブランドとして扱うための条件としている。

③ 消費

飛驒とらふぐは、現地に足を運ばないと食べることはできない。これは、海洋研が飛驒

とらふぐを内陸トラフグのブランドとして育てるだけではなく、飛騨とらふぐを目的とする来訪による地域への経済効果も重視するためである。表4に、他地域からの来客者数をまとめた。年を追って来客者数が増えていることがわかる。

飛騨とらふぐを用いた料理は多様である。飛騨とらふぐが食べられる地域は出張で来る人が比較的多いことから、一切れ数百円程度にして幅広い人に提供できるようにし、美味しさを知った来店者が、次回には飛騨とらふぐを躊躇なく食べられるようにする工夫をしている店舗もある。²³トラフグは、フグ料理の筆頭にあげられる食材であるため、高価なフグ料理を提供する店舗もある。同一店舗であっても、飛騨とらふぐを用いた多様なメニューを提供していることがある。このため、飛騨とらふぐ料理の価格帯は幅広い。平成29（2017）年4月には、JR 飛騨古川駅の近くに「やんちゃ屋台村」がプレオープン、5月にグランドオープンし、複数の店舗で飛騨とらふぐが提供されている。

4. 飛騨とらふぐが地域に与える効果

4.1. 閉鎖循環式養殖のメリット

飛騨とらふぐが地域に与える効果という観点からみた時に、閉鎖循環式養殖のメリットとして最も重要な点は、内陸部における海産魚の養殖を可能にしていることである。その結果、飛騨とらふぐの取り組みが、地域に様々な効果をもたらすと見える。そこで、初めに閉鎖循環式養殖のメリットをまとめる。先述の通り、従来の養殖の問題点は、漁業権等の参入障壁の存在、環境問題の発生、価格低迷の問題、養殖魚の疾病の問題であった。これらは、閉鎖循環式陸上養殖を用いることで、大幅に改善できる。

まず、漁業権については、閉鎖循環式では公共の用に供する水面を用いず、また、海面等からの恒常的な取水も不要であるため、問題にはならない。次に、環境問題については、海面養殖はもちろん、かけ流し式陸上養殖でも取水の形で海水を利用するが、閉鎖循環式では同一水を循環させ、循環水の損失はわずかであるので資源利用の面での負荷はほとんどない。同様に、排水を海に流さないため、汚染問題も起こらない。低価格問題は、飛騨とらふぐの場合はブランドとして育成し、スーパー等での安易な販売をおこなわないことで、高いキロ単価を実現している。加えて、独自の養殖技術を用いて生産した結果、一般的な養殖トラフグとは魚肉質が異なり、そのことも高いキロ単価を実現する要因となって

²³ これは、「高級品」や「稀少品」のイメージを保ちつつ、「消費者の手が届く価格」という当たりが今後、期待される需要」という三木（2016, p. 7）の推察に符合する取り組みといえよう。

いる可能性がある。海面での養殖トラフグは、南風泊市場などの既存の市場に出され、養殖物として扱われるのが通例と考えられる。仮に、飛驒とらふぐをこうした市場に出せば、他の養殖物と同様に扱われ、また、オフ・シーズンには供給しづらいなど、多くの問題に直面するであろうことは想像に難くない。立地を考えた場合も、既存の市場を通すことは運送費や鮮度の点で不利に働く。飛驒とらふぐの取り組みは、このような慣行的な流通経路を避けつつ、内陸部でも実施可能な養殖方法という閉鎖循環式のアドバンテージをうまく活用する事例といえよう。最後に、養殖魚の疾病問題は、閉鎖循環式を採用して井戸水等を使うことで、外部からの影響を受けにくく、抑制しやすい。ただし、疾病が起こった場合には、閉鎖循環式であるために、むしろ病気は伝播しやすくなる。

これらに加え、水温を調整しているために冬季の成長の停滞がなく、海面養殖よりも成長が速い。先述の通り、海面養殖の7割程度の期間で出荷体重に成長する。また、未利用資源や遊休施設の活用も可能である。飛驒とらふぐの場合、奥飛驒温泉郷において飼育水の水温を、源泉（約60℃）の熱を用いて保持する余剰熱の活用がなされている（小島，2017）。また、海洋研が二代目の養殖プラントを旧鷹狩保育園に設置していたのは、地域の遊休施設の活用の例といえる。

4.2. 汎用性の高さ

飛驒とらふぐの取り組みは、同様の他の取り組みと比較して汎用性が高く、多様な地域への適用がしやすいと考えられる。その理由は、第一に、イニシャルコストを抑制しやすいためである。既に複数の飲食店が独自のプラントを有しているように、比較的小規模の水槽を使うことが可能であり、その場合には、イニシャルコストをある程度低く抑えられる。第二に、特殊な環境条件を必要としないためである。上述の漁業権が不要であること以外にも、その地域の水を活用できる、気温や立地に左右されないといった点で、制約が少ない。さらに、飛驒とらふぐを飛驒地方の産品と位置づけるのではなく、養殖方法の名称とすることで、飛驒以外の地域でもこの方法を採用できることが重要な点である。第三に、エサは市販されている一般的なものを使用するなど、飼育に必要なものも入手しやすいものが用いられているためである。

汎用性が高いとはいえ、他地域で容易に真似ができるものにはなっていない。飛驒とらふぐの特徴の一つといえるストレスの低いトラフグを作出する海水や、閉鎖循環型養殖の詳細については部外者には伏せられており、飛驒とらふぐの取り組みが安易に広がって、ブランドとしての価値を減じる事態を招かないように配慮がなされている。

4.3. 地域への効果

最後に地域への影響についてみる。これは、飛騨とらふぐの取り組みが立脚するスタンスと深く係っている。先述の通り、養殖魚の価格低迷が問題になっており、トラフグについても高級魚というイメージがかなり払しょくされ、大衆化、低価格化が進んでいる（高森ほか，2012）。こうした中で、飛騨とらふぐの取り組みでは、大量の観光客を引き込んだの薄利多売を避け、長期的な視野に立ったブランド育成をおこなってきた。その背後では、飛騨とらふぐを地域にとって特徴のある産品として確立させることで、地域外からの集客、視察・見学ツアーといった形で地域経済を活性化させることが明確に意識されている。上述の内容と重複するが、南風泊市場のような既存の市場で流通させず、地域の飲食店と直接取引をすることで、地域経済にダイレクトに影響をもたらしている。人口減少が進む中で、とりわけ地域にあっては、いかに自分たちの地域を維持し活性化をしていくかが、今後ますます求められる。地元の飲食店や商工会、自治体と協力し、地域への効果を念頭に進められる飛騨とらふぐの取り組みは、地域活性化という観点からも、学ぶところが大きいといえる。

謝 辞

本稿の作成にあたり、飛騨海洋科学研究所の皆様、特に、代表取締役の深田哲司様、商品開発部長の北村家光様には、ヒアリング調査をはじめとして、多大なるご支援を賜りました。ここに記して感謝いたします。本稿にありうべき誤りは、全て著者の責任です。

なお、本研究の一部は、科研費（16K00691）の助成を受けている。

引 用 文 献

- [1] 今井正・荒井大介・森田哲男・小金隆之・山本義久・千田直美・遠藤雅人・竹内俊郎（2010）「閉鎖循環式種苗生産におけるトラフグの成長、生残および飼育水の浄化に及ぼす低塩分の影響」『水産増殖』58(3), 373-380.
- [2] 今井正・小金隆之・片山貴士・森田哲男・山本義久・千田直美・遠藤雅人・竹内俊郎（2012）「低塩分を用いたトラフグの種苗生産における卵管理と仔魚の収容に適した塩分」『水産増殖』60(2), 163-167.
- [3] 今井正・片山貴士・森田哲男・今井智・森岡泰三・吉浦康寿・山本義久・遠藤雅人・竹内俊郎（2015）「閉鎖循環システムを用いたトラフグの卵管理」『水産増殖』63(4), 381-387.
- [4] 大上皓久・鈴木雄策（1982）「トラフグ稚魚の歩留まりと共食いにおよぼす飼育条件の影響」『静岡水試研報』(16), pp. 79-85.
- [5] 小野征一郎（2007）『水産経済学—政策的接近—』成山堂書店.
- [6] 小野征一郎・中原尚知（2009）「総説 魚類養殖業の現状と課題」『水産増殖』57(1),

pp. 149-164.

- [7] 金田禎之 (2003)『新編 漁業法のここが知りたい』成山堂書店.
- [8] 韓慶男・松井誠一・古市政幸・北島力 (1994)「トラフグ幼稚仔の収容密度が成長、生残率及び尾鰭欠損率に及ぼす影響」『水産増殖』42巻4号, pp. 507-514.
- [9] 韓慶男・荘恒源・松井誠一・古市政幸・北島力 (1995)「トラフグ幼稚魚の成長、生残、および飼料効率に及ぼす飼育水塩分の影響」『日本水産学会誌』61(1), 21-26.
- [10] 規制改革会議 (2008)「中間とりまとめ一年末答申に向けての問題提起— (平成20年7月2日)」。 (2017年8月19日閲覧)
<http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/publication/>
- [11] 小島琢也 (2017)「“山国育ちのとらふぐ”～地域エネルギーを利用した地域創生～」『中経連』2017.2, p. 14.
- [12] 佐藤良三・小嶋喜久雄 (1995)「トラフグの分布・回遊特性」『漁業資源研究会議報』(29), pp. 101-113.
- [13] 七條喜一郎 (2011)『ホンモロコの養殖技術と経営—休耕田の活用と中山間地の活性化—』緑書房.
- [14] 柴田玲奈・青野英明・町田雅春 (2006)「トラフグの産卵生態」『水産総合研究センター研究報告』別冊第4号, 131-135.
- [15] 水産庁 (2013a)『平成25年度 水産白書』.
- [16] 水産庁 (2013b)「陸上養殖の推進に際しての今後の方向性 (論点整理)」(養殖業のあり方検討会 第4回 (平成25年6月17日開催) の資料3). (2017年8月4日閲覧)
<http://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/arikata/pdf/4-3-1docu.pdf>
- [17] 鈴木智雄 (1996)「下関の南風泊市場における放流トラフグについて」『さいばい』No. 79, pp. 5-8.
- [18] 鈴木伸洋・岡田一宏・神谷直明 (1995)「人工飼育トラフグ仔稚魚期の期間形成と行動の変化」『水産増殖』43巻4号, pp. 461-474.
- [19] 高森俊明・森高正博・福田晋・濱田英嗣 (2012)「ブランド視点からみた下関フグの生成・展開プロセスと課題」『九州大学大学院農学研究院学芸雑誌』67巻2号, pp. 69-80.
- [20] 多賀真・山下洋 (2011)「トラフグ仔稚魚の成長における低塩分の有効性とその要因」『水産増殖』59(2), 225-233.
- [21] 田北徹・Intong, S. (1991)「有明海におけるトラフグとシマフグの幼期の生態」『日本水産学会誌』57(10), 1883-1889.
- [22] 田嶋猛 (2012)「II-1. トラフグ陸上養殖の現状と展望」『日本水産学会誌』78(1), 85.
- [23] 鶴田哲也 (2012)「稲田養魚における米の収量に対する魚の影響」『日本水産学会誌』78(4), p. 654.
- [24] 中島博司・新田朗 (2005)「標識放流試験から見たトラフグ親魚の伊勢湾口部産卵場への回帰」『日本水産学会誌』71(5), pp. 736-745.
- [25] 中西照幸・松浦雄太 (2016)「魚類疾病の現状と課題」『日獣会誌』69, 27-35.
- [26] 中原雅夫 (1973)『ふく百話』西日本教育図書.
- [27] 長尾成人・山田智・菅沼光則 (1993)「トラフグ稚魚期の共食い防止に関する研究」『愛知水試研報』第1号, pp. 49-54.
- [28] 農林水産省 (2017)「養殖魚種別収獲量累年統計 全国 (昭和31年～平成24年)」『漁業・養殖業生産統計年報』. (2017年8月18日閲覧)
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001024930&cycode=0>
- [29] 野口勝明 (2016)「過疎に悩む地域を救うか?『温泉とらふぐ』」『日本水産学会誌』82(1), pp. 48-49.
- [30] 野口玉雄・荒川修 (2003)「ホルマリン使用の養殖トラフグの出荷について」『日本

- 水産学会誌』69(6), 1002-1005.
- [31] 林紀代美 (2003) 「中国におけるトラフグ養殖の発展と日本市場への輸入」『地理学評論』76(6), 472-483.
- [32] 飛騨海洋科学研究所 (2017) 「飛騨とらふぐ」飛騨海洋科学研究所 HP. (2017年7月13日閲覧)
- [33] 檜山節久 (1981) 「山口県内海域におけるトラフグ資源の管理について」『山口県内海水産試験場報告』(8), pp. 40-50.
- [34] 廣吉勝治 (1993) 「フグ延縄漁業—西日本の主要根拠地における延縄漁業の展開を中心に—」『漁業経済研究』37(4), pp. 85-113.
- [35] 深田陽久 (2016) 「柑橘類と養殖魚の掛け合わせによる地域ブランド養殖魚の創出」『日本水産学会誌』82(1), pp. 49-50.
- [36] 藤田矢郎 (1962) 「日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究」長崎水試論文集第2集 pp. 1-121.
- [37] 藤田矢郎 (1988) 『日本近海のフグ類』社団法人日本水産資源保護協会.
- [38] 藤田矢郎 (1996) 「トラフグの生物学」『さいばい』No. 79, pp. 15-18.
- [39] 古川厚・岡本亮 (1966) 『フグの養殖』社団法人日本水産資源保護協会.
- [40] 古川澄明 (2003) 「フグ・ビジネスに関する調査記録」『東亜経済研究』61(4), 525-546.
- [41] 松岡学 (1993) 「愛媛県における海産魚養殖の歴史と現状」『水産増殖』41(2), 265-271.
- [42] 三木奈都子 (2016) 「天然・養殖トラフグの国内需給動向と価格変動」『養殖ビジネス』2016.9, pp. 3-7.
- [43] 山口県水産振興課 (2012) 「3トラフグ」『栽培漁業のてびき (改訂版)』. (2017年8月19日閲覧)
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a16500/uminari/saibai.html>
- [44] 山本義久 (2015) 「水産増養殖での閉鎖循環飼育システムの展開」『日本海水学会誌』69(4), 225-237.
- [45] 肖寧・榊原卓哉・梁佳・濱田友貴・村田昌一・谷山茂人・八木基明・橘勝康 (2013) 「養殖トラフグの肉質に及ぼす希釈海水飼育の影響」『水産増殖』61(2), 199-120.
- [46] FAO (2016) The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
- [47] Larsen, J. and Roney, J. M. (2013) Farmed Fish Production Overtakes Beef. Plan B Updates (June 12, 2013), Earth Policy Institute. (2017年8月16日閲覧)
http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2013/update114
- [48] Lou, X. (2014) Japanese coastal fishery resource management and fishery rights system. In Asano, K. and Takada, M. (eds.) Rural and urban sustainability governance, United Nations University Press, pp. 178-197.
- [49] World Bank (2013) Fish to 2030 : Prospects for fisheries and aquaculture. Agriculture and environmental services discussion paper No. 3., Washington DC, World Bank Group. (2017年8月16日閲覧)
<http://documents.worldbank.org/curated/en/458631468152376668/Fish-to-2030-prospects-for-fisheries-and-aquaculture>