

研究ノート

水産養殖のサプライチェーンにおける飼料会社の重要性和困難性の抽出

Importance and Challenges of Feed Producers in the Aquaculture Supply Chain

内田 亨*
Toru UCHIDA

要約

本稿では、まず経営学における水産養殖研究の現状を述べる。その上で水産養殖の経営学的研究が従来の経営学におけるパラダイムシフトにつながることを提起する。つまり、従来の利益増大から限りある資源を持続的に効率よく活用していく利益継続へのパラダイムシフトである。次に水産養殖における飼料の重要性和困難性を抽出する。その結果、次のことが明らかになった。

世界的な魚食需要拡大により養殖企業からの飼料需要も拡大している。このため、飼料の原料となる小魚の漁獲も増加していたが、過剰漁獲や気候変動のため小魚の供給不足となり価格上昇を招いている。そのため、飼料会社は低魚粉の開発をするため植物原料に着手している。しかし、この植物原料である大豆は、森林伐採により作付面積増大による弊害を招く。こうした環境破壊がさらなる気候変動を引き起こすのである。また、低魚粉や植物原料の飼料は、従来の魚粉と比べ、いかに増肉係数を維持できるかまた改善できるかも問われている。一方、残さ原料を使用した飼料製造も認証機関によりトレーサビリティを求められている。飼料会社は以上のような重要で困難な状況に直面しているのである。

キーワード：サステナビリティ（持続可能性）、サプライチェーン、水産養殖、飼料、魚粉

はじめに

我々が生きていくために食する米・小麦などの穀物や牛・豚・鶏などの肉類は、ほとんどが野生ではない。つまり、古来野生のものを栽培したり、飼いならしたりして食糧としてきたものである。翻って魚はどうであろうか。われわれが食する魚は、相対的に天然物（野生）が多い。人間が生きていくための重要なタンパク源の中で、これほど天然物（野生）に依存する食糧は他にないであろう。こうした状況において、特定魚種の天然物の乱獲が散見される。代表的な例では、クロマグロであろう。しかも、魚は環境に大いに依存するため、需給のバランスは難しい。また、世界的な魚食文化の普及とともに、魚が自然に繁殖し、成長するスピードをはるかに超えて需要が拡大している。このまま行けば、われわれはクロマグロをはじめ現在安価な魚でも食するのにその対価を多く払わされ、最悪の場合、魚の枯渇により、食卓で食することができなくなる。地球の資源は限りあり「水産物も重要な限りある資源」なのである。われわれは持続的に魚を食する文化をどのように維持していけば良いのであろうか。今やわれわれの口の中に入る魚の半分が養殖魚であり¹、われわれは給餌によって成長した魚を食している。この養殖魚は、どんな餌を

* Toru UCHIDA 新潟国際情報大学経営情報学部経営学科教授

食べているのであろうか。本稿は、こうした問題意識から出発する。

1. 経営学における水産養殖研究状況

「魚」は天然資源のひとつであり、健康志向などを反映した世界的な魚食ブームに伴い、価格の高騰や乱獲による資源の枯渇が懸念されている。この対策として、生態系維持の視点からも「獲る漁業から作る養殖業」のパラダイムシフトが起こっている。世界銀行によると世界の漁業生産量は1984年から2009年の間に約2倍に急増している²。こうした生産量拡大の中、これまでの水産養殖事業の学術的研究は、技術や水産経済学研究が多くなされていた。一方、経営学的研究は、魚の流通や専門小売店の事例研究がなされていた。他方、経営学における今までのサプライチェーン研究は、主に工業製品であった。それらは、いかにタイムリーに、適量の原材料を供給するか、など効率化に焦点を当てている。本稿で取り上げる対象は食品、しかも「生もの」、さらにいえば、「新鮮さ」が売りの魚である。こうしたサプライチェーンについての議論は数少ない。

2. 経営学におけるパラダイムシフト

今までの経営学は、企業の売上・利益の最大化に焦点を当てていた。しかし、これからは、企業による環境資源使用の持続的、効率化へのパラダイムシフトをしなければならない。したがって、新たな価値基準として、「エコビジネスモデル」を追究していくべきであろう。

人類にとって魚は、重要なタンパク源であり世界的ブームである「和食」のスターでもある。こうした重要な位置づけでありながら水産業の経営学的研究はあまり進んでいない。こうした中、国連で提唱されたSDGs（持続可能な開発目標）が叫ばれている。その中で「14：持続可能な開発のために海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する」は、水産業と密接に関係している。この14番を実現するには長期的視野に立ち、経営学を含めた多様な学問が必要となる。この目標達成には、現在多く食されている魚種をなるべく養殖魚に変えていくことがひとつのアプローチである。水産業の場合、技術によって漁業の漁獲が増加しても獲りすぎによって天然魚が枯渇してしまえば元も子もない。つまり、水産養殖事業のイノベーションが人間の食文化を維持しつつ、天然魚の漁獲を減少させ、エコロジーを推進することになるのである。

ここで、海洋資源として着目するのは、ブリ、サケ、マグロなどのわれわれが直接食する魚類とする。これらの魚種では、盛んに養殖がなされている。しかし、こうした魚種を養殖するためには、餌となる小魚（アンチョビ、カタクチイワシ等）が大量に必要である。本稿では、限りある小魚を加工して養殖魚の餌をつくる飼料に焦点を当てる。飼料会社は、サプライチェーン川上に位置し、また消費者の観点からわれわれが食する養殖魚が何を食べて育っているのかに密接に関係する。

3. 水産養殖における飼料の重要性と困難性

World Benchmarking Alliance（以下WBAと記す）³は、2019年10月23日に、シーフードスチュワードシップ分野において5つの測定領域視点からランキングを出している⁴。それは、i) スチュワードシップ慣行のガバナンスと管理、ii) サプライチェーンのスチュワードシップ、iii) 生態系、iv) 人権と労働条件、v) 地域コミュニティ、である。この報告書によれば、同分野は、他の分野と比べて全体的にパフォーマンスが低いと指摘されている。具体的には、「運用とサプライチェーンの管理と監視は不十分である。その結果、全社的なポリシーの実装とコンプライア

ンスが不十分となっている。事業、子会社、サプライチェーン全体にわたる企業の事業構造と活動の複雑さと多様性は、業界の業績に影響を与える。これにより、環境的および社会的リスクが高まる⁵⁾と厳しい評価がなされている。このサプライチェーンにおいて飼料会社は、原料調達(小魚、植物原料、ビタミンなど)、加工から養殖業者へ納品など担う重要なアクターでもある。世界一の飼料会社でもあるスクレッティング株式会社(本社ノルウェー、以下スクレッティングと記す)の最高経営責任者であるテレーズ・ログ・バーギョルドも「NGOから養殖魚の問題点の4割は、餌をめぐるサステナビリティにかかわる事柄である⁶⁾と述べている。

以上を鑑み、次項以降では、飼料の重要性を詳細にみていく。

3.1 養殖における飼料とは

わが国のブリ養殖は、「豊富な水揚げのあったマイワシを中心として、沿岸性の多獲性小魚を餌に利用することから始まった⁷⁾。深田(2017)によれば、この小魚の生餌には、次の3つの問題がある。それは、i)環境負荷大、ii)保管・保存性に難、iii)不安定な品質と供給である⁸⁾。

また、魚は成長の幅が畜産に比べ大きい。つまり、0.2gの稚魚から数kgの親魚まで数万倍の開きがある。おのずと魚の口に合った餌自体のサイズも変わってくる。したがって、一魚種あたり15種類程度、生産者のノウハウや飼育環境によって飼料のスペックを調整する場合、50種類以上の飼料も必要となる。飼料会社としては、こうした需要に応えるべく飼料製造のラインを切り替える必要があり、規模の経済が働きにくい。

飼料は、大きく4種類に分類される。それは、生餌、モイストペレット⁹⁾、ドライペレット¹⁰⁾、エクストルーダーペレット¹¹⁾である。配合飼料の原材料は、魚油・魚粉、大豆粕、小麦、酵母類、チキンミール、フェザーミールの他、必須アミノ酸やビタミン剤も使用される¹²⁾。

われわれが食する養殖魚を商品化するうえでもっともコストの大きいものは、飼料である。そのコストは商品の実に6-7割といわれる¹³⁾。その主なものはアンチョビなど小魚である。アンチョビは主に南米ペルーで漁獲、加工され、魚粉¹⁴⁾と魚油¹⁵⁾になる。この魚粉が飼料の要となる。

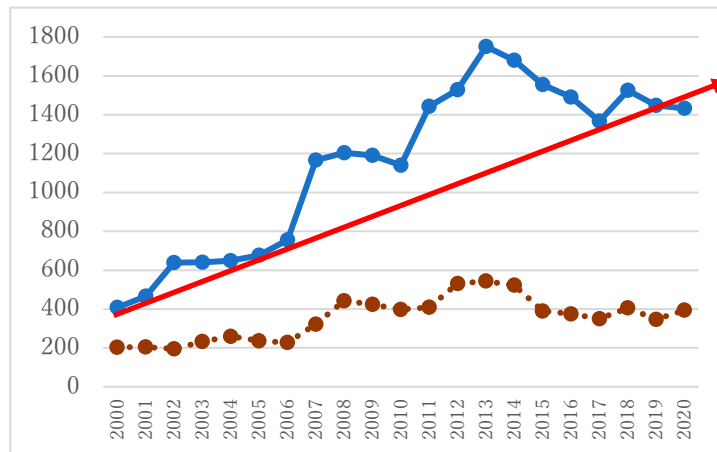
3.2 飼料価格

飼料の主原料である魚粉の国際相場は、2013-2014年の大暴騰を含め、ここ20年間上昇傾向にある。2014年には、「世界最大の魚粉輸出国ペルーでは原料のカタクチイワシ(アンチョビ)が減り、直近の漁期の漁獲を取りやめた。円安もあり、日本での取引価格は1トン30万円超と1年で6割上がった¹⁶⁾。これは、漁獲量減少のためであり、海流と水温を変化させるエルニーニョ現象に起因している¹⁷⁾。他にもペルーにおけるアンチョビ漁には、様々な不安定要因がある。たとえば、シーズン初期の漁獲量が稚魚で構成されていることが判明すると漁場が閉鎖されたり、アンチョビが通常より沖合に集まっていると収穫効率が低下したりする¹⁸⁾。魚粉は歴史的に家畜の飼料や肥料に使用されてきたが、価格上昇につれ、養殖以外の用途への需要は減少している¹⁹⁾。過去20年の価格推移を見ても大豆ミール²⁰⁾が2倍になったのに比べて魚粉は3.5倍と高騰している(図表1)。

特に、ブリは魚粉ベースの飼料使用量の半分以上を占めているため²¹⁾、ブリ養殖では、コスト負担が増大し、事業に大きく影響する。

図表1：魚粉と大豆ミールの価格推移

(単位：\$/メートルトン、青色実線=魚粉 茶色点線=大豆ミール)



出典：World Bank Commodity Price Data をもとに筆者作成

3.3 低魚粉飼料

前項で述べたように魚粉価格は上昇傾向にある。このまま魚粉を飼料の主原料として使用し続けることは、世界的養殖事業の進展とともに飼料需要拡大と相まって小魚の資源枯渇につながりかねない。そこで飼料会社は、脱魚粉飼料の開発をしている。

2010年当時、日本の養殖企業は、飼料の魚粉含有率を重視していた。「日本の飼料は通常、魚粉の含有量が50%を超え、最大60%です」と、養殖魚飼料大手スクレッティングジャパンの製品開発および配合マネージャーである濱崎祐太氏は述べている²²。こうした中、同社は、魚粉が30%しか含有されていない新しい飼料“Sustain”を日本のブリ養殖業界に参入させたのである²³。同社は、ブリが30%の魚粉飼料で育成することを証明するために、前年から北部九州の養殖場で試験を行っており、「養殖事業者は、『魚が飼料（魚粉率30%）をよく食べており、成長良好のようである』と報告しています。これは魚に50%の魚粉飼料を与えた場合に匹敵します」と濱崎氏は SeafoodSource News において述べている²⁴。

これについて、同氏は次の通り振り返る。

私が2007年に新しく出した飼料にサステインというネーミングをしたのですが、当時、外国人でさえサステインという言葉に対して「何だ？そのつまらない餌の名前は。もっとエキスパンションみたいな伸びる名前にしろ」といわれました。当時はサステナブルというのが、われわれが頑張っている持続的ですよと言ったところで、「ではあなたの会社の製品を優先して買おう」とか、「ではあなたの会社の製品を5円高くてもいいから買おう」と言ってくれる人は皆無だったんですね。その中でわれわれは、どうやったら持続的な飼料で他社と競争できるかというところで、低魚粉化したりいろいろコストダウンをしたりして、2007年なので12年ぐらい、12年までかかっていないですけども、5年10年かけて、他社と変わらない価格帯の餌でサステナブルな餌を作ることに成功しているんです²⁵。

同社は、実際に養殖場でデータを取り、魚粉含有率30%の“Sustain”が魚粉含有率50%の飼

料と同等であることを証明したのである。この根底には、スクレッティングの使命である「未来を養う (Feeding the future)」があげられる。それは、ビジネスの本質とは、持続可能性であることに起因する。これは、2050 年までに 95 億人に達すると予測されている世界人口を養うという課題に基づいている。同社は、単に人口増加だけでなく、その質が、中産階級の増加により食生活の変化とともにタンパク質需要の急増と考えている。同社は、こうした高まる食糧需要に持続可能な方法で応えることに貢献するとしている。そのため、製品の効率と栄養価、同社および顧客の活動の生産性を高め、バリューチェーンにおける環境負荷軽減するための革新的な方法を常に目指している。WBA はこの活動を次の通り評価している。「スクレッティングは、革新的なアプローチを採用して、飼料製品に含まれる海洋成分の量を削減しています」²⁶。

飼料会社による低魚粉開発の流れは、サステナブルに欠かせない方向性なのである。

3.4 加工残さ原料

前述したように魚粉は、アンチョビなど小魚を原料として作るほかに、もうひとつ魚の加工場から出る残さから作る方法があげられる。これに関してスクレッティングの濱崎氏は次の通り述べている。「原料の魚から魚粉になるまで、大きく分けて2つのルートがあります。1つがペルーの魚粉漁業、これは実は非常に分かりやすい。どういう漁法をやっているかトレースしやすい。もう1つは加工残さですね。加工残さというのは正直、非常にトレースが難しいです」²⁷。この残さにおけるトレーサビリティに関しては、たとえば、「ASC²⁸の基準上、残さはレッドリストに掲載された魚種が混入しないことを証明できたものだけしか利用することはできない」²⁹。また、「国産魚粉は大部分が残さから製造されるため、国産を使う場合は太平洋グロマガロの残さ混入を排除する必要がある。だが水産物のトレーサビリティが弱い日本では対応できる飼料会社はごく一部に限られてしまう」³⁰。以上を鑑みると、残さを使うことはトレーサビリティを困難にするのである。

トレーサビリティを担保するため、たとえば、「海洋管理協議会 (Marine Stewardship Council 以下 MSC と記す)」や「責任ある供給のための国際魚粉および魚油組織基準」(International Fishmeal and Fish Oil Organization Standard for Responsible Supply) による認証原料を使用することが考えられる。

3.5 植物原料

魚粉含有率を可能な限り低減させることは、小魚の資源保持に有効である。一方、代替原料として植物原料が考えられる。しかし、スクレッティングの濱崎氏は、次の通り述べている。「魚粉含有量を少なくし、大豆などの植物原料に置き換えたからよいということではない」³¹。なぜなら、植物原料となる大豆やパームを作付けするために森林伐採をすることになるからである。これが、地球温暖化に悪影響を与える。具体的には、ブラジルに代表されるように焼き畑、森林伐採により大豆作付けしていることがあげられる。こうしたことを防ぐため、スクレッティングでは、認証大豆を積極的に使用している。同社は、「責任ある大豆に関する円卓会議 (Round Table on Responsible Soy:RTRS)」^{32,33}や「ProTerra Foundation」³⁴の認証原料を使用している。

このように、低魚粉の代替である植物原料使用には、認証を得た原料が必要なのである。こうした認証原料を使用することによって真にサステナブルな飼料となり、水産養殖業界や消費者から信頼を得ることになるのである。

3.6 増肉係数（FCR）

増肉係数とは英語で Feed Conversion Ratio といい、1 キロ太らせるために必要な飼料の量を示す値のことである。クロマグロでは、13～15 といわれ³⁵、ブリ類 2.8、マダイ 2.7、ギンザケ 1.5、牛 10～11、豚 3.0、鶏 2.0 である³⁶。養殖魚飼料の主原料である魚粉は、家畜飼料の大豆ミールに比べ割高のため、水産養殖にとって増肉係数をなるべく下げることが重要なポイントとなる。

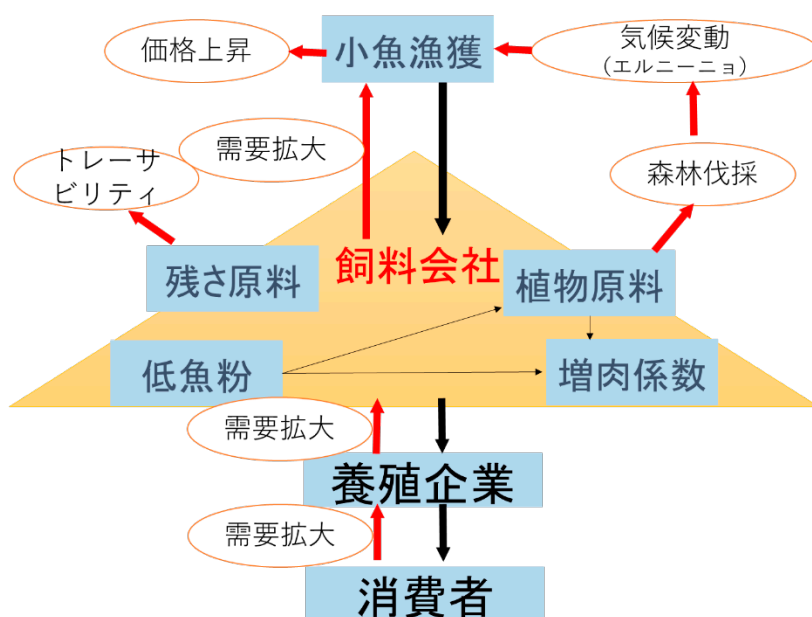
また、代替原料を作ったとしても、その「消化性」³⁷が課題となる。高桑（2018）では、ペルー産アンチョビミールの消化性を 100%としたとき、残さ等使用した調整魚粉の相対たんぱく質消化率は、87-101%と幅があることが報告されている³⁸。消化性は増肉係数に影響を及ぼすことも考えられる。さらに、高桑（2018）では、「物性（まとまった形にならないければ魚まで届けられない）」と「嗜好性（栄養性が高くとも、嗜好性が低ければ魚の口に入らず、栄養となることができない）」の前提条件をあげている³⁹。サステナブルな低魚粉を開発して消化性を良くしても、魚が持続的に餌を食べてくれなければ魚は思う通りに成長してくれないのである。

小括

以上みてきたように水産養殖における飼料会社は、重要で困難な状況に直面している。飼料会社はサプライチェーンの上流に位置するが、サステナブルという大きな課題に挑むため、扇状地のように幅広くわれわれの見えない地下にも流れを形成し、養殖企業へつないでいる。

最後に飼料会社をとりまく重要性和困難性を図表2の通り図示する。まず、世界的な魚食需要拡大により養殖企業からの飼料需要が拡大している。このため、飼料の原料となる小魚の漁獲も増加していたが、過剰漁獲や気候変動のため小魚の供給不足となり価格上昇を招いている。そのため、飼料会社は低魚粉の開発をするため植物原料に着手している。しかし、この植物原料である大豆は、森林伐採により作付面積増大による弊害を招く。こうした環境破壊がさらなる気候変動を引き起こすのである。また、低魚粉や植物原料の飼料は、従来の魚粉と比べ、いかに増肉係数を維持できるかまた改善できるかも問われている。一方、残さ原料を使用した飼料製造も認証機関によりトレーサビリティを求められている。飼料会社は以上のような重要で困難な状況に直面しているのである。

図表2：飼料会社をとりまく重要性和困難性



出典：筆者作成

今後の飼料会社および水産養殖の課題として、違法・無報告・無規制（IUU：illegal unreported and unregulated fishing）漁業に由来するリスク⁴⁰や世界的に認知されてきている認証機関との関係及び消費者による認証された魚の需要の高まりへの解決があげられるであろう。これらは、日本が遅れている課題といってよいであろう。

参考文献

- ・ Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016.
- ・ Food and Agriculture Organization (2020) *THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE SUSTAINABILITY IN ACTION* FAO.
- ・ SeafoodSource staff (2010) “Yellowtail farmers look to curb fishmeal use” *SeafoodSource News*, June 22, 2010.
- ・ 井戸篤史 (2018) 「日本のブリ養殖と ASC 認証是か非ではないもうひとつの道」『養殖ビジネス』2018 年 3 月。
- ・ 内田亨 (2016) 「水産養殖事業のビジネスモデル構築へ向けて：持続的に魚を食卓に上げるためには」『システム創造思考法第 3 回研究部会発表会』2016 年 9 月 5 日、於：早稲田大学。
- ・ 小野征一郎、中原尚知 (2009) 「魚類養殖業の現状と課題」『水産増殖』57 (1)。
- ・ 坂口功 (2018) 「国際養殖認証制度の特徴と認証取得の課題」『養殖ビジネス』2018 年 3 月。
- ・ 水産庁 (2017) 『平成 29 年度 水産白書』水産庁。
- ・ 水産庁 (2013) 『平成 25 年度 水産白書』水産庁。
- ・ 鈴木康策・猿谷九万 (1964) 「脱脂魚粉製造の基礎としての魚油、溶剤、水系の平衡について」『日本水産学会誌』Vol.30, No.1.

- ・高桑史明（2018）「低魚粉飼料で使用する代替原料の種類と消化性」『養殖ビジネス』2018年7月。
- ・深田陽久（2017）「養殖ブリの品質改良の現状と展望」『冷凍』2017年3月号第92巻第1073号。

【謝辞】

本研究は日本学術振興会平成30年度科学研究費助成事業基盤研究（B）（一般）（研究課題名：水産養殖事業のグローバルビジネスの構築、課題番号：18H00897）の助成を受けて研究しました。この場を借りて感謝の意を表します。

また、インタビューに応じてくださったスクレッティング株式会社濱崎祐太氏には、貴重な情報をいただき、心からお礼申し上げます。

注

- ¹ Food and Agriculture Organization (2020) *THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE SUSTAINABILITY IN ACTION* FAOによれば、世界の魚の生産量は2018年に約1億7,900万トンに達し、養殖製品は総生産量の46%、人間が消費する魚の52%を占めている。
- ² The World Bank (2013) *FISH TO 2030 Prospects for Fisheries and Aquaculture* The World Bank
- ³ 国連財団、オランダ政府、英国政府、デンマーク政府が運営資金を拠出している団体。SDGsを達成し、持続可能な社会に向けた変化を実現する上で、構造的変化が必要な領域において主要な企業群全2000社を特定し、パフォーマンスを評価するためのベンチマーク指標を開発。同団体の使命は、すべての人に役立つ持続可能な未来に向けたビジネスへの影響を測定し、インセンティブを与える運動を構築することである。World Benchmarking Alliance ホームページ <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/publication/seafood-stewardship-index/rankings/>（2021年1月9日）。
- ⁴ World Benchmarking Alliance ホームページ <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/publication/seafood-stewardship-index/rankings/>（2021年1月9日）。
- ⁵ 「Seafood Stewardship Index」 World Benchmarking Alliance ホームページ <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/publication/seafood-stewardship-index/key-findings/key-finding-01/>（2021年1月9日）。
- ⁶ 「スクレッティングが創立20周年セミナー：『持続可能な養殖』への取り組みを訴求」『アクアネット』2017年12月号。
- ⁷ 深田陽久（2017）「養殖ブリの品質改良の現状と展望」『冷凍』2017年3月号第92巻第1073号。
- ⁸ 深田陽久（2017）「養殖ブリの品質改良の現状と展望」『冷凍』2017年3月号第92巻第1073号。
- ⁹ 生餌、魚粉、魚油などを混ぜ合わせて成型した半生固形飼料。すくも湾漁業協同組合ホームページ <http://www.sukumobay.com/yousyokugyo.htm>（2021年1月10日）。
- ¹⁰ 主に魚粉を成型して乾燥させた乾燥固形飼料。すくも湾漁業協同組合ホームページ <http://www.sukumobay.com/yousyokugyo.htm>（2021年1月10日）。
- ¹¹ 主に魚粉を高温高圧の成型機で処理した乾燥固形飼料。すくも湾漁業協同組合ホームページ <http://www.sukumobay.com/yousyokugyo.htm>（2021年1月10日）。
- ¹² 内田亨（2016）「水産養殖事業のビジネスモデル構築へ向けて：持続的に魚を食卓に上げるためには」『システム創造思考法第3回研究部会発表会』2016年9月5日、於：早稲田大学。
- ¹³ ブリ、マダイにおける給餌養殖の個人経営体で63.8%、会社経営体68.8%（水産庁「漁業経営の動向」『平

- 成 29 年度水産白書』) https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_2_2_2.html (2021 年 1 月 9 日)。
- ¹⁴ フィッシュミールともいう。魚体の煮熟、圧搾、乾燥、粉碎の工程によって製造される (鈴木康策・猿谷九万 (1964)「脱脂魚粉製造の基礎としての魚油、溶剤、水系の平衡について」『日本水産学会誌』Vol.30, No.1。
- ¹⁵ 魚体の煮熟、圧搾、乾燥、粉碎の工程における圧搾作業で出た液体を遠心分離させる。石巻魚糧工業株式会社ホームページ <https://gyoryo.com/index-fishmeal/make/> (2021 年 1 月 7 日)。
- ¹⁶ 「水産資源管理待ったなし (上) 完全養殖は万能薬ならず一立ちはだかる『餌の壁』」『日本経済新聞』2015 年 1 月 7 日、朝刊 20 ページ。
- ¹⁷ Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/how-unstable-supply-is-forcing-japanese-fish-farmers-to-get-creative> (2021 年 1 月 7 日)
- ¹⁸ Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/how-unstable-supply-is-forcing-japanese-fish-farmers-to-get-creative> (2021 年 1 月 7 日)。
- ¹⁹ Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/how-unstable-supply-is-forcing-japanese-fish-farmers-to-get-creative> (2021 年 1 月 7 日)。
- ²⁰ 主に加工食品や豚、鶏等の家畜飼料の原料。
- ²¹ Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/how-unstable-supply-is-forcing-japanese-fish-farmers-to-get-creative> (2021 年 1 月 7 日)。
- ²² Chris Loew (2016) “How unstable supply is forcing Japanese fish farmers to get creative” *SeafoodSource News*, June 21, 2016. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/how-unstable-supply-is-forcing-japanese-fish-farmers-to-get-creative> (2021 年 1 月 7 日)。
- ²³ SeafoodSource staff (2010) “Yellowtail farmers look to curb fishmeal use” *SeafoodSource News*, June 22, 2010. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/yellowtail-farmers-look-to-curb-fishmeal-use> (2021 年 1 月 7 日)。
- ²⁴ SeafoodSource staff (2010) “Yellowtail farmers look to curb fishmeal use” *SeafoodSource News*, June 22, 2010. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/yellowtail-farmers-look-to-curb-fishmeal-use> (2021 年 1 月 7 日)。
- ²⁵ スクレッティング株式会社濱崎祐太氏インタビュー (2020 年 2 月 26 日)。
- ²⁶ World Benchmarking Alliance ホームページ <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/publication/seafood-stewardship-index/rankings/> (2021 年 1 月 9 日)。
- ²⁷ スクレッティング株式会社濱崎祐太氏インタビュー (2020 年 2 月 26 日)。
- ²⁸ Aquaculture Stewardship Council (水産養殖管理協議会) は、WWF (世界自然保護基金) と IDH (オランダの持続可能な貿易を推進する団体) の支援のもと、2010 年に設立された独立した国際的な非営利団体。ASC の責任ある養殖水産物のための認証とラベリングの制度が世界をリードするものになることを目指している。 <https://www.asc-aqua.org/ja/about-asc/> (2021 年 1 月 10 日)。
- ²⁹ 井戸篤史(2018)「日本のブリ養殖と ASC 認証は是非ではないもうひとつの道」『養殖ビジネス』2018 年 3 月。

- ³⁰ 坂口功（2018）「国際養殖認証制度の特徴と認証取得の課題」『養殖ビジネス』2018年3月。
- ³¹ スクレッティング株式会社濱崎祐太氏インタビュー（2020年2月26日）。
- ³² 2006年にスイスのチューリッヒで設立された責任ある大豆の生産、貿易、使用の成長促進する非営利団体で、生産から消費までの大豆のバリューチェーンに関係する人々との協力を通じて機能。責任ある大豆に関する円卓会議ホームページ <https://responsiblesoy.org/sobre-la-rtrs?lang=en>（2021年1月10日）。
- ³³ アマゾンの熱帯林をはじめとする南米の生態系に、大豆生産が及ぼす影響が地球規模の環境問題として危惧されたことを受け、2006年に始まった取り組み。飼料産業、貿易業者、銀行など大豆の流通に関わる企業や生産者、NGOからなる円卓会議。天然林の伐採を伴う大豆生産の禁止、生態系や地域コミュニティにとって重要な土地の保護、児童労働や強制労働の禁止、安全性を確保した殺虫剤の使用、各種法規制の遵守などの原則のもと、責任ある大豆生産・加工・取引に関する基準の策定、認証システムの開発・実施を推進。環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/nature/shinrin/fpp/certification/index3-6.html>（2021年1月10日）。
- ³⁴ 飼料および食品生産システムのすべてのレベルで持続可能性を推進する非営利団体。その取り組みは、サプライチェーン全体の完全な透明性とトレーサビリティへの取り組み、企業の社会的責任への懸念、および生態系と生物多様性に対する除草剤耐性の遺伝子組み換え作物の潜在的な悪影響への防止。ProTerraの認証により、非GMOとして独自に認証され、持続可能性が向上した高品質の作物、食品、飼料が市場で入手可能。Proterra Foundation ホームページ <https://www.proterrafoundation.org/>（2021年1月10日）。
- ³⁵ 小野征一郎、中原尚知（2009）「魚類養殖業の現状と課題」『水産増殖』57（1），149-164頁。
- ³⁶ 水産庁（2013）『平成25年度 水産白書』水産庁。ただし、2013年時点の値であり、飼料の進化は日進月歩である。また、宮城県水産振興課によれば、同一餌料であっても飼育水温、水質、溶存酸素量、塩分濃度などの環境要因、魚の大小、あるいは餌料の組成等によっても変化する。
- ³⁷ 高桑史明（2018）によれば、「消化されやすさ」や「消化の進む速度」など総合的なものである。
- ³⁸ 高桑史明（2018）「低魚粉飼料で使用される代替原料の種類と消化性」『養殖ビジネス』2018年7月。
- ³⁹ 高桑史明（2018）「低魚粉飼料で使用される代替原料の種類と消化性」『養殖ビジネス』2018年7月。
- ⁴⁰ 「IUU 漁業指数」（IUU Fishing Index）で日本は152カ国中、133位であった。