

話 題

マス類低魚粉飼料の普及に向けた取り組み

三浦正之,¹ 山本剛史²

¹山梨県水産技術センター忍野支所,

²(国研)水産研究・教育機構水産技術研究所

はじめに

マス類養殖において魚粉を植物原料等の魚粉以外の代替タンパクに置き換えた飼料、いわゆる低魚粉飼料を用いることは生産コストの多くを占める飼料代(図1)を削減して収益向上をもたらす切り札となることは間違いない。しかし、日本のマス類養殖現場では海外のサーモン養殖と比較して低魚粉飼料の普及は進んでいない。北欧など海外では低魚粉飼料がスタンダードな飼料となっているのにも関わらず、なぜ日本のマス類養殖においては低魚粉飼料の普及が進まないのであろうか。その背景にはいくつかの要因がある。

大きな要因として日本のマス類養殖においては高魚粉飼料を使用してきた歴史が長く、現実的には多少の低コスト化が見込まれる程度である低魚粉飼料をあえて使用しないという保守的な心理が根強いことが挙げられる。このような考え方が浸透している状況下では実際に現場で飼料の販売に携わっている飼料メーカーの担当者も低魚粉飼料を積極的に売り込むことは難しく普及は進みにくい。高価で価格変動が著しい魚粉に依存しないことによる生産コストの削減や経営の安定化に魅力を感じつつ

も、やはり生産者の立場になれば実績のある従来の飼料で大切な魚をより確実に育てたいというのは至極真っ当な考えである。一人ひとりの取り組みが求められているSDGs(持続可能な開発目標)への貢献という観点などからも天然資源を由来とする魚粉の使用量は削減されるべきだが、生産者の心は簡単には動かないであろう。

また、低魚粉飼料の普及が進まない要因は飼料開発や原料供給面から見た場合にも存在する。それは、低魚粉飼料を製造するための原料の入手のしやすさと価格が日本と海外では異なることから、海外で実績がある低魚粉飼料の配合割合をそのまま日本のマス類用飼料には適用できないということである。また、海外では育種も進んでおり、仮にその低魚粉飼料を日本で製造できたとしても同様の飼育成績が得られない可能性もある。このことはより限られた原料の選択肢の中で日本に適した低魚粉飼料の開発や育種を独自に行っていく必要があることを意味する。

このような背景から低魚粉飼料の普及に関しては一朝一夕に進むものではない。生産者が魅力を感じる低魚粉飼料の開発に加えて、魚粉を削減した飼料であってもマス類養殖に問題なく使用できる、すなわち「安かろう悪かろう」ではない飼料であることを広く知ってもらう必要がある。今回は全国のマス類養殖に係る道県の試験研究機関を会員とする「全国養鱒技術協議会養殖技術部会」が行ってきたマス類用低魚粉飼料の普及に向けた取り組みについて、昨今の魚粉や低魚粉飼料の動向を交えながら紹介させていただく。

なお、「全国養鱒技術協議会養殖技術部会」とは、養鱒に関する技術の改良、普及を図り養鱒業の発展に寄与することを目的として、1976年に発足した都道府県の試験研究機関を会員とした「全国養鱒技術協議会(前身は1953年発足の全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会)」の中の作業部会のひとつである。現在、協議会には魚病対策研究部会と養殖技術部会の二つの部会が設置されており、前者では魚病、後者では飼料、育種、バイオテクノロジー等の魚病以外の課題についての研究並びにその実用化を図るための活動が行われている。

養殖技術部会は2010年度に発足し、現在11道県の水産関係の試験研究機関(北海道、青森県、岩手県、秋田県、宮城県、福島県、群馬県、山梨県、長野県、静岡県、滋賀県)(以下、水産試験場)が部会員となっている。また、全国養鱒振興協会、日本養魚飼料協会および水産研究・教育機構が部会活動に助言・協力している。なお、山梨県は部会発足当初から事務局を務めている。

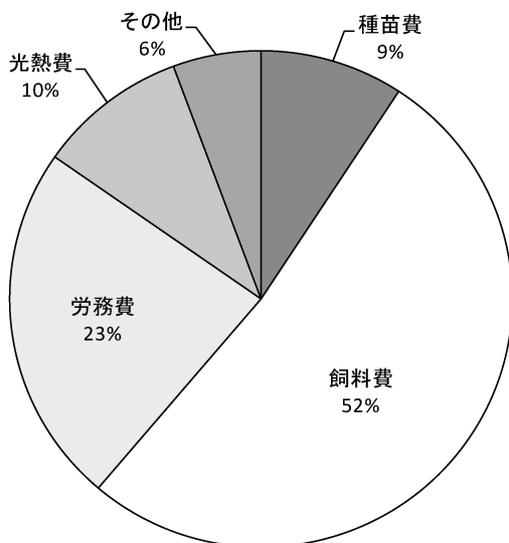


図1 マス類生産原価に占める諸経費の割合(全国養鱒技術協議会養殖技術部会調べ)(調査年度:2016年度)

魚粉を取りまく課題

日本では養魚用配合飼料としてニジマス用飼料がいち早く配合飼料化され、1960年代にはペレット状の配合飼料が市販された。当時は日本の漁船が北洋海域で漁獲するスケトウダラやカレイ類などの加工残渣から製造される北洋魚粉をベースにした飼料開発が進められ、その後、外国水域での漁獲規制の強化により北洋魚粉からマイワシを原料とする沿岸魚粉を主体とする配合飼料へとシフトした。マイワシの漁獲量が減少すると南米産のアンチョビー魚粉を輸入して配合するようになり、2000年半ばまでは養魚用配合飼料への平均魚粉配合率は55%を超える水準で推移した。2006年に中国が魚粉の買付け量を急増させたことによる南米産魚粉の価格高騰を受けて、2007年からは魚粉配合率が徐々に低下し、大豆油かすやコーングルテンミールなどの代替原料の配合率が増加し始めたが、2016年に40%近くにまで低下した魚粉配合率は、その後は42-43%で推移している(図2)。¹⁾

日本でも魚粉に代わる原料を利用するための研究開発は古くから行われていたが、大豆油かすなどの研究が全国的に進められるようになったのは、沿岸魚粉の原料となるマイワシの漁獲量に翳りが見え始めた1990年頃からである。主要な養殖対象魚種について、魚粉の許容代替率や消化吸収率などのデータが収集されたが、南米産魚粉が確保されたことなどから積極的に配合されるには至っていない。また、大学や公的試験・研究機関が実施して得られた研究成果がそのまま実用化できない問題(魚のサイズ、飼育期間、飼育環境の違いやコストなど)を解決する努力を怠ってきたことが、現在の高魚粉体質の一因であることも否めない。

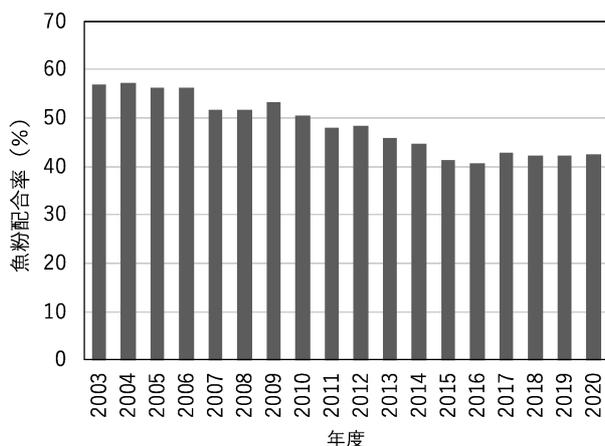


図2 日本の養魚飼料への魚粉配合率の推移
配合率は魚粉使用量を配合飼料生産量で除した値。¹⁾

部会の取り組み内容と具体的な結果

養殖技術部会では現在までに複数回にわたりマス類用の低魚粉飼料の普及を目的とした連絡試験を実施している。本稿での連絡試験とは、同じ飼料の評価を共通の飼育管理条件の下で複数の水産試験場が同時期に行い、これによって速やかに信頼性が高い結果を得ることを目的とした試験のことを言うが、常日頃から生産者に対して直接的に指導・普及業務を行っている公的な水産試験場が飼料の評価を行うということは、冒頭に述べた生産者の低魚粉飼料への抵抗感を払拭するという点でも大きな意味を持つ。

部会ではこれまで新たな魚粉代替原料としてトウモロコシ蒸留かす(DDG)、濃縮コーンタンパク(CPC)およびチキンミールなどを使用した低魚粉飼料の有効性を評価しているが、2015年度以降、低魚粉飼料の本格的な実用化を見据え、より詳細な低魚粉飼料の評価を開始した。比較に用いた対照飼料は魚粉を50%含む従来型の高魚粉飼料とした。低魚粉飼料と対照飼料に共通する魚粉などの原料は両飼料を公平に評価するために同一のものを用いた。なお、ニジマスでは無魚粉飼料の有効性を示す報告もあるが、前述の海外の実情および現場とのギャップが存在することや、市販化した場合に低魚粉飼料の使用経験のない生産者すべてに満足していただくことを念頭に、まずは魚粉配合率をより現実的な25%に設定した。このうち2015-2016年度には、魚粉代替原料としてチキンミール、大豆油かすおよびコーングルテンミールを配合した低魚粉飼料の評価を行った。飼育試験はライトリッツの給餌率表²⁾に準じた制限給餌条件下で実施した。試験の結果、この低魚粉飼料は対照飼料よりも飼料効率が若干低くなったものの、対照飼料と比較して増重1kgあたりのコストが原料ベースで約8割程度となることが示された。³⁾その後、この配合割合をベースにした飼料が一部の飼料メーカーによって販売されるに至った。ただし、このような畜産由来の原料を利用できるのは一部の飼料メーカーに限られるという課題も残された。また、一般的に低魚粉飼料では可消化エネルギーが低くなることが示唆されているため、この低魚粉飼料で飼料効率が低くなった原因として可消化エネルギー(脂質)含量が対照飼料より低かったことが考えられた。

前述の試験結果を受け、2018-2019年度には低魚粉飼料のより広い普及を念頭に、畜産由来原料を一切使用しない低魚粉飼料の実用化を目的とした連絡試験を実施した。本稿ではその具体的な結果を紹介する。飼育試験は前述の制限給餌に加え、飽食給餌条件下でも実施した。供試魚のサイズは20-200g、飼育期間は6週間以上とした。それぞれの年度の飼料の配合割合を表1および2に示す。この低魚粉飼料の特徴は、油脂の割合

表1 飼料の原材料配合割合，分析値および原料価格比
(2018年度)

	通常飼料	低魚粉飼料
魚粉 (%)	50.0	25.0
小麦粉 (%)	21.8	20.0
大豆油かす (%)	13.8	20.0
コーングルテンミール (%)	0.0	7.0
エクストルーダー処理大豆 (%)	0.0	6.2
濃縮大豆タンパク (%)	0.0	5.0
米ぬか (%)	8.0	0.0
魚油・大豆混合油 (%)	5.1	13.7
ビタミン・ミネラル・アミノ酸 (%)	1.3	3.1
合計 (%)	100.0	100.0
粗タンパク質 (%)	46.3	44.1
粗脂肪 (%)	12.1	18.5
水分 (%)	3.7	3.3
粗灰分 (%)	10.1	8.6
粗繊維 (%)	2.4	2.5
総エネルギー (kcal/kg)	5,002	5,399
飼料原料価格比*	100.0	90.4

* 試験飼料製造時

表2 飼料の原材料配合割合，分析値および原料価格比
(2019年度)

	通常飼料	低魚粉飼料
魚粉 (%)	50.0	25.0
小麦粉 (%)	20.7	23.0
大豆油かす (%)	14.8	20.0
コーングルテンミール (%)	0.0	8.0
濃縮大豆タンパク (%)	0.0	5.0
なたね油かす (%)	0.0	5.0
米ぬか (%)	8.0	0.0
魚油・大豆混合油 (%)	5.2	11.3
ビタミン・ミネラル・アミノ酸 (%)	1.3	2.7
合計 (%)	100.0	100.0
粗タンパク質 (%)	47.7	43.8
粗脂肪 (%)	13.1	17.5
水分 (%)	6.5	6.6
粗灰分 (%)	10.5	8.9
粗繊維 (%)	2.0	2.0
総エネルギー (kcal/kg)	4,928	5,179
飼料原料価格比*	100.0	85.1

* 試験飼料製造時

を高めることによりエネルギー含量を増やす一方でタンパク質含量を削減し，魚粉を植物性タンパク質原料のみで代替したことである。これは飼料中の油脂の割合を増やすことでタンパク質がエネルギーとして消費されるのを防ぎ，飼料中の粗タンパク含量を削減できる原理（タ

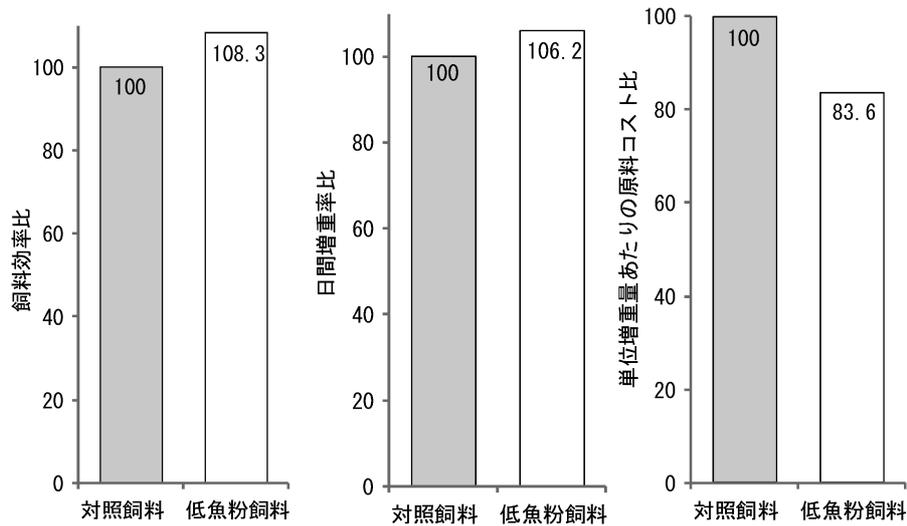
ンパク質節約効果）に基づいている。試験には9つの水産試験場が参加し，供試魚としてニジマス，ギンザケ，ヤマメ，サクラマス，ビワマスおよび信州サーモンが用いられた。

2018 および 2019 年度の結果をそれぞれ図3 および図4に示した。飼料効率および日間増重率について，各水産試験場の平均値は両年度ともに制限と飽食の給餌方法を問わず低魚粉飼料区は対照飼料区と比較して同等以上の飼育成績を示した。また，単位増重量あたりの原料コスト比は低魚粉飼料区の方が対照飼料区と比べて約8割程度となった。飽食給餌条件下における日間増重率でも良好な成績が得られていることから，本低魚粉飼料は飼育面積当たりの生産効率，すなわち成長速度を重視する養殖場にも適した飼料となり得ると考えられた。

なお，飼育試験終了後の魚において，低魚粉飼料区の方が筋肉や内臓の脂質含量がやや高かったが顕著な差ではなく，狙い通りに飼料中の脂質が効率よくエネルギーに転換されていたものと推察された。また，ニジマスにおいて飼育試験終了後の魚にマス類で特に問題となっている伝染性造血器壊死症（IHN）ウイルスを人為的に感染させたが，対照飼料区と低魚粉飼料区の間に死亡率の差は認められなかった。その他，遊離アミノ酸や脂肪酸組成の分析や食味試験などが行われたが，低魚粉飼料区で特段問題となる項目はなかった。

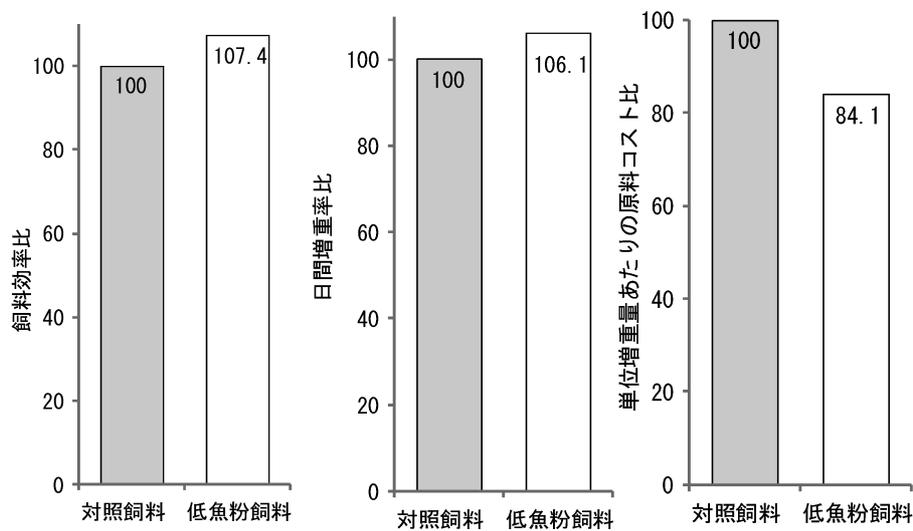
これらの結果から本低魚粉飼料は従来型の高魚粉飼料と同等の飼育成績を維持しながらコストを削減できる飼料であることが確認された。また，畜産由来原料を一切使用していないことから，一部の飼料メーカーだけでなくマス類養殖業界全体で魚粉使用量削減に取り組める有望な飼料となり得るものと考えられた。なお，その後の取り組みによって本低魚粉飼料の配合組成をベースに，25%配合した魚粉の一部をチキンミール，フェザーミールおよび昆虫ミールなどの別の動物性原料に置き換えても同様の飼育成績が得られることが確認されているため，これらの原料を使用できる場合は魚粉の割合を10%近くまで削減可能である。

2021年3月には日本養魚飼料協会および同会員である飼料メーカー担当者を対象とした本低魚粉飼料に関する連絡試験の結果説明会をリモートで開催した。参加者からは「この低魚粉飼料を使用したいという生産者が多く出てくることを期待したい。ただ，まだ低魚粉飼料への抵抗感がある方もいるので，メーカーの営業からもこのような低魚粉飼料の説明をしっかりとっていくことが重要だと思う。」などのコメントをいただいた。2021年7月現在，この配合割合をベースにした飼料が受注生産を含め数社から市販されている。



制限給餌試験

参加県及び供試魚種：秋田県（サクラマス）、宮城県（ギンザケ）、山梨県（ニジマス）、長野県（信州サーモン）、静岡県（ニジマス）、滋賀県（ビワマス）



飽食給餌試験

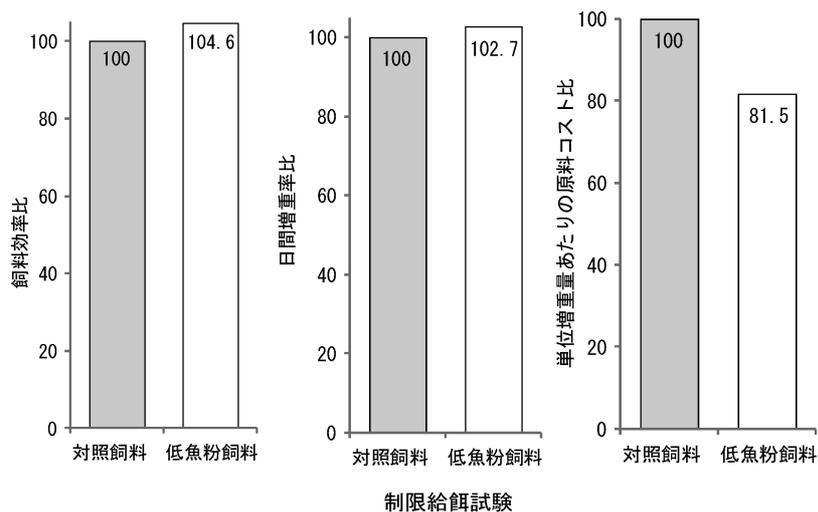
参加県及び供試魚種：山梨県（ニジマス）

図3 対照飼料100とした場合の低魚粉飼料の飼育成績および単位増重量あたりの原料コストの相対値（各水産試験場ごとの値の平均）（2018年度連絡試験）

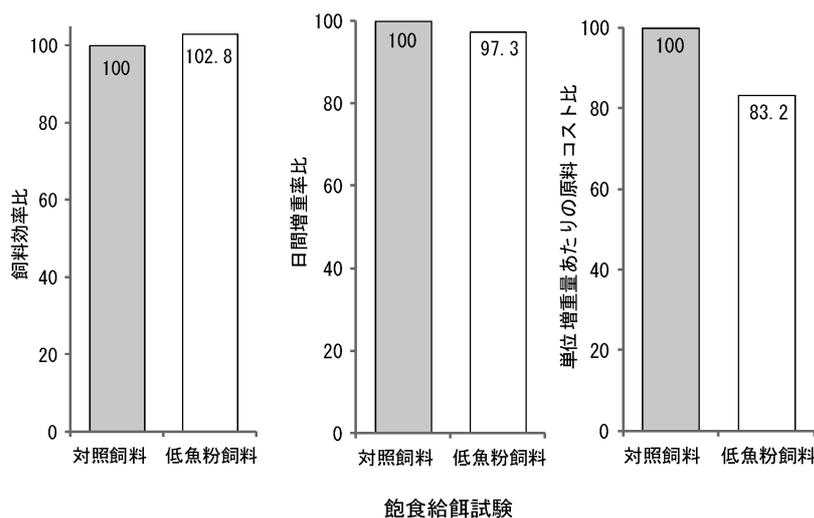
「みどりの食料システム戦略」を見据えて

世界的に高まるSDGsの達成や環境問題を重視する機運を受けて、2021年5月に農林水産省は「みどりの食料システム戦略」を策定し、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両方を実現するための施策を推進する

ことにした（農林水産省：<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html>）。養殖に関しては、2050年までにブリ、カンパチ、ニホンウナギおよびクロマグロの養殖用種苗を100%人工種苗とするほか、飼餌料の100%配合飼料化と淡水魚では最大



参加県及び供試魚種：秋田県（サクラマス）、福島県（ヤマメ）、長野県（信州サーモン）、静岡県（ニジマス）、滋賀県（ビワマス）



参加道県及び供試魚種：北海道（ニジマス）、青森県（ニジマス）、山梨県（ニジマス）

図4 対照飼料100とした場合の低魚粉飼料の飼育成績および単位増重量あたりの原料コストの相対値（各水産試験場ごとの値の平均）（2019年度連絡試験）

80%、海水魚では最大50%の魚粉削減を目標としている。また、報道では「天然資源に依存した魚粉の割合を2割に低減」ともあり（水産経済新聞。2021年3月24日）、上記の淡水魚および海水魚の削減目標を合わせた全体で魚粉配合率20%という目標であると考えられる。

マス類では既に100%配合飼料化されており、魚粉配合率も前述の取り組みにより10%近くにまで削減した飼料が市販されるようになった。このため、マス用飼料では2020年の平均魚粉配合率42.4%を基準に8割

削減した場合の8.5%という計算上の目標達成へのハードルは高くないといえる。しかしながら現時点では大幅な魚粉削減が困難と考えられる魚種（ウナギなど）や、魚粉ベースの配合飼料の性能が生餌より劣る魚種（クロマグロなど）があることを考えると、マス類養殖では現状の研究開発レベルに甘んじることなく、さらなる魚粉削減に向けた努力を継続して日本の養魚飼料全体の魚粉使用量削減に貢献する必要がある。そもそも世界における魚粉削減状況や、海外への養殖生産物の輸出拡大を

考えると、より早期の目標達成あるいはより高い魚粉削減率が今後求められる可能性がある。

著者ら（山梨県、水産研究・開発機構）は、魚粉5%飼料によりアマゴやニジマス成長選抜して交配することにより魚粉5%飼料でも十分に成長する家系の作出技術開発に成功している。^{4,5)}同様の取り組みは愛媛県（マダイ）や静岡県（ニジマス）などでも行われている。低魚粉飼料の品質改善と低魚粉飼料による選抜交配技術とをセットにした対応により、「みどりの食料システム戦略」の目標を確実に早期に達成できるものと考えている。最初に述べた通り、生産者の魚粉信仰には根深いものがあるため、目標達成が可能な技術開発の「完成」を待つのではなく、今後は普及可能な技術から順次、生産者が納得して活用できる仕組みが必要である。

謝 辞

連絡試験の実施を快く引き受けていただいた全国養鱒技術協議会養殖技術部会の各道県担当者の皆様に心より感謝申し上げます。また、部会活動に有益なご助言をいただいた全国養鱒振興協会および一般社団法人日本養魚飼

料協会の皆様に厚く御礼申し上げます。試験飼料の製造にご協力いただいた日本農産工業株式会社およびフィード・ワン株式会社の皆様に深く感謝する。

文 献

- 1) 2020年水産油脂統計年鑑. 日本水産油脂協会, 東京. 2021.
- 2) 長野県水産指導所. ますとさけの養殖: 訳本, 長野. 1963.
- 3) 三浦正之. マス類における低魚粉飼料の有効性評価～全国養鱒技術協議会養殖技術部会の連絡試験より～. アクアネット 2017; **230**: 29-34.
- 4) Yamamoto T, Murashita K, Matsunari H, Oku H, Furuita H, Okamoto H, Amano S, Suzuki N. Amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles selectively bred for growth on a low fishmeal diet exhibit a good response to the low fishmeal diet due largely to an increased feed intake with a particular preference for the diet. *Aquaculture* 2016; **465**: 380-386.
- 5) Miura M, Yamamoto T, Ozawa R, Okazaki T, Murashita K, Oku H, Matsunari H, Furuita H, Mano N, Suzuki N. A preliminary study toward the improvement of low fishmeal diet utilization in a Yamanashi strain of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacult. Sci.* 2019; **67**: 127-138.