

令和元年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち

(1) 養殖魚安定生産・供給技術開発

報告書

令和2年3月

国立研究開発法人水産研究・教育機構
国立大学法人東京海洋大学
東町漁業協同組合
長崎県総合水産試験場
愛媛県農林水産研究所水産研究センター

目 次

背景、目的及び全体計画について

1. 本課題の背景及び目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 本課題の構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1～2

ア ブリ類養殖のコスト抑制技術の実証

- 1) ブリ試験飼料の設計と成分分析・吸収率・・・・・・・・ 3～ 5
- 2) ブリ大型養殖場 2 ケ所におけるブリ実証試験によるコストの比較・・・・・・・・ 6～10
- 3) ブリ 1 歳魚における低魚粉飼料変更試験・・・・・・・・ 11～14
- 4) ブリ試験魚の肉質によるコストの評価・・・・・・・・ 15～29

イ マダイ等養殖のコスト抑制技術の実証

- 1) マダイ試験飼料の設計と成分分析・吸収率・・・・・・・・ 30～33
- 2) 大型養殖場におけるマダイ実証試験と飼育魚の健全性によるコストの比較・ 34～39
- 3) マダイ試験魚の肉質によるコストの評価・・・・・・・・ 40～41

ウ 低魚粉適応品種の作出に向けた養殖試験

- 1) ブリ 0 歳魚における低魚粉飼料経験試験・・・・・・・・ 42～46
- 2) ブリ選抜試験によるコストの比較・・・・・・・・ 47～50
- 3) マダイ選抜試験によるコストの比較・・・・・・・・ 51～56
- 4) 作出された低魚粉適応家系マダイの遺伝的特性・・・・・・・・ 57～63

エ 技術開発検討会の設置・・・・・・・・・・・・・・・・ 64

令和元年度養殖業成長産業化技術開発事業 (1) 養殖魚安定生産・供給技術開発 背景、目的及び全体計画について

3. 本課題の背景及び目的

わが国における魚類養殖では、餌飼料代がコスト全体の6～7割を占めるうえ、世界的な需要拡大等を背景とした魚粉価格の高騰に伴う配合飼料価格の上昇などにより、養殖業者の経営を圧迫している。

このため、本事業では、主要な養殖対象魚種であるブリとマダイについて低魚粉飼料の開発・普及を進めるとともに、目的に応じた養殖用優良家系の作出に関する実証的な技術開発を行うことにより、国産養殖魚の安定供給と、養殖経営の健全化のための養殖生産体制の構築に資することを目的とする。

4. 本課題の構成

本課題では以下のア、イ、ウの3中課題より構成される（表1）。

ア ブリ類養殖のコスト抑制技術の実証

主要な養殖魚種であるブリについて、養殖コストを低減しうる低魚粉配合飼料の完成を目指し、養殖業者が行う通常の養殖規模での給餌実証試験を異なる複数海域において試験区と対照区の比較を行い、飼育成績（成長、生残、商品としての仕上がり等）を評価するとともに、効果的な低魚粉飼料の導入技術を開発する。

イ マダイ等養殖のコスト抑制技術の実証

主要な養殖魚種であるマダイについて、既存の低魚粉飼料から、さらに魚粉割合を下げた配合飼料を作成し、養殖業者が行う通常の養殖規模での飼育試験を異なる複数海域で行い、その飼育成績（成長、生残、商品としての仕上がり等）を検討する。

ウ 低魚粉適応品種の作出に向けた養殖試験

ブリ及びマダイにおいて低魚粉飼料でも成長成績の良い系統を選抜し、低魚粉配合飼料の給餌試験を行い、選抜系統の優位性とコスト削減効果、付加価値の有無等を評価する。これらに共通する飼育管理として、飼育環境（水温等）、給餌量データ、魚体測定データ（全長、体重）等を取得し、科学的な成績評価を行う。この他の一般的な養殖管理（給餌方法、疾病対策等）については、通常の養殖管理に準じて行う。

エ 技術開発検討会の設置

有識者2名以上を検討委員とする検討会を年2回以上開催し、その検討会において実施計画と実施体制、今後の方向性、試験結果の検証等を行い、各課題の目的

に応じた養殖技術の開発に向けた検討を行う。

以下の5機関が参画し、共同して調査研究を実施する。

国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所

国立大学法人東京海洋大学

東町漁業協同組合

長崎県総合水産試験場

愛媛県農林水産研究所水産研究センター

表1. 本課題の構成

研究開発課題	研究開発課題の分担
ア ブリ類養殖のコスト抑制技術の実証 1) ブリ試験飼料の設計と成分分析・吸収率 2) ブリ大型養殖場2ヶ所におけるブリ実証試験によるコストの比較 3) ブリ1歳魚における低魚粉飼料変更試験 4) ブリ試験魚の肉質によるコストの評価	東京海洋大学 東町漁業協同組合 長崎県総合水産試験場 水産研究・教育機構中央水産研究所 水産物応用開発研究センター
イ マダイ等養殖のコスト抑制技術の実証 1) マダイ試験飼料の設計と成分分析・吸収率 2) 大型養殖場におけるマダイ実証試験と飼育魚の健全性によるコストの比較 3) マダイ試験魚の肉質によるコストの評価	東京海洋大学 愛媛県農林水産研究所水産研究センター 水産研究・教育機構中央水産研究所 水産物応用開発研究センター
ウ 低魚粉適応品種の作出に向けた養殖試験 1) ブリ0歳魚における低魚粉飼料経験試験 2) ブリ選抜試験によるコストの比較 3) マダイ選抜試験によるコストの比較 4) 作出された低魚粉適応家系マダイの遺伝的特性	長崎県総合水産試験場 愛媛県農林水産研究所水産研究センター 愛媛県農林水産研究所水産研究センター 水産研究・教育機構 中央水産研究所 水産生命情報研究センター
エ 技術開発検討会の設置	水産研究・教育機構中央水産研究所 水産物応用開発研究センター

ア ブリ類養殖のコスト抑制技術の実証

1) ブリ試験飼料の設計と成分分析・吸収率

実施機関・担当者名：

国立大学法人東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科・佐藤秀一

【背景・目的】

現在、世界的な魚類養殖業の発展に伴い、その飼料の主な原料である魚粉や魚油の供給が逼迫し、価格が高騰している。このような状況に鑑み、低魚粉・無魚粉飼料の開発研究がなされてきた。試験的には無魚粉飼料の開発は成功しているが、これらの試験飼料には飼料原料として濃縮大豆タンパク質等の高価な原料が使用されている。そこで、飼料を安定供給するために、廉価な飼料原料を配合しても魚粉主体飼料に匹敵する実用的な低魚粉飼料の開発が必要である。そこで、大豆油粕やコーングルテンミール、パーム油等の廉価な飼料原料を配合し、魚粉主体飼料に匹敵する低魚粉・低魚油飼料の開発を試みるとともに、低魚粉飼料における魚類栄養学的な基礎知見を得ることを目的とした。

本研究に使用する試験飼料をデザインして原料組成表を作成する。飼料の実用性と成果の波及性を考慮し、試験に使用する飼料の調達は、飼料メーカーに外注する。飼育試験終了時に、試験飼料と魚体について脂肪酸組成などの成分分析を行って比較し、設計した試験飼料を評価する。

【方法】

(1) ブリ試験飼料の設計と成分分析：

本研究では、魚粉価格の高騰により従前の魚粉主体飼料では、養殖魚生産に係るコストが著しく高くなるため、昨年度の実績より魚粉の配合率をさらに減少させた低価格飼料を作製した。魚粉の配合率であるが、昨年度の 30% から 5% 減少させた 25% とした。ブリ用試験飼料は高水温期の夏期用と低水温期の秋期用の組成を表ア 1-1 に示すように提案した。ブリ用試験飼料は廉価な大豆油粕、コーングルテンミール、チキンミール、フェザーミールを用いて、魚粉を約 50% 代替し、魚粉の配合量を 25% としたものである。また、本年度も原料価格の高い濃縮大豆タンパク質は配合しなかった。また、脂質源には魚油を約 14% と廉価なパームオイルを 5% 配合した。

また、低水温期の秋期用の飼料は、脂質含量を約 5% 増加させ、魚油のみを配合したものを考案した。秋期用についても、大豆油粕、コーングルテンミール、チキンミール、フェザーミールを用いて、魚粉を約 50% 代替したものである。その他、不足する必須アミノ酸のリシン、メチオニン、トレオニン、トリプトファンを添加した。タウリンは植物性飼料原料が増加すると必要量が増加するとの報告があるので 1.0% に増加した。また、摂餌を促すためにカツオペプチドを 0.5%、植物性飼料原料消化を助ける目的で酵素混合液を 0.2% 添加した。

(2) ブリの消化吸収率：

ブリの消化吸収率に及ぼす魚粉の配合率と水温との影響を検討するために、試験飼料に酸化クロムを指標物質として添加したものを作製した。体重 300g のブリを水温 24-26℃、560g のブリを 20-22℃、780g のブリを 17-19℃で飼育し、パームオイルを配合した高水温期用の飼料を給餌した。採集した糞は、凍結乾燥し粉碎した後分析し、タンパク質と脂肪の消化吸収率を求め、魚粉の配合率と水温による影響を検討した。

【結果および考察】

(1) ブリ試験飼料の設計と成分分析：

夏期及び秋期に用いたブリ用の対照飼料と試験飼料の一般組成の分析結果を表ア 1-2 に示す。粗タンパク質含量は対照飼料に比較し、夏期飼料、秋期飼料ともに試験区で高く、それぞれ 42%と 40%であった。また、粗脂肪含量は対照飼料とほぼ同じであり、夏期飼料では 22%、秋期飼料では 27%であった。

表ア 1-1 ブリ用低魚粉 EP 飼料試験組成 (%、2019)

原料	対照区夏期	試験区夏期	対照区秋期	試験区秋期
アンチョビミール	50	25	50	25
濃縮大豆タンパク質	0	0	0	0
大豆油粕	3	12.5	3	8
コーングルテンミール	3	18	3	18
チキンミール	0	5	0	5
フェザーミール	0	3	0	3
小麦粉	10	3	10	3
脱脂米糠	6	0	1	0
タピオカデンプン	7	7	7	7
魚油	18	14	23	23.5
パーム油	0	5	0	0
ビタミン混合	2	2	2	2
無機質混合	1	2	1	2
アミプラス Zn	0	+	+	+
リン酸カルシウム	0	1.5	0	1.5
アミノ酸 (リシン 1, メチオニン 0.5, トレオニン 0.5, トリプトファン 0.2)	0	1	0	1
タウリン(合成)	0	1	0	1
合計	100	100	100	100
カツオペプチド	0	0.5	0	0.5
SSF 酵素混合(麹発酵物)液	0	0.2	0	0.2

表ア 1-2 ブリ用飼料の一般組成

	対照区夏期	試験区夏期	対照区秋期	試験区秋期
粗タンパク質 (%)	39.4	42.0	38.7	40.0
粗脂肪 (%)	22.1	23.1	27.0	27.6
P (mg/g)	13.2	13.2	13.2	12.9

(2) ブリの消化吸収率：

表ア 1-3 に示すとおり、タンパク質、脂質、リンについて消化吸収率を分析、算出した。全ての温度帯で魚粉の配合率を 25% とし代替飼料原料を配合した区では、タンパク質の消化率が明らかに低くなった。また、環境水の温度が低くなると消化率は高くなる傾向がみられた。同様にすべての温度帯で魚油の一部代替としてパーム油を配合した試験区では脂質の消化率が低下したが、水温が低くなるとどちらの飼料とも消化率が高くなった。リンの吸収率は水溶性のリンを添加した試験区で高く、対照区では水温の低下により高くなる傾向があったが、試験区で低水温区で低くなった。一般的に環境水の温度が低くなると消化管内容物の滞留が長くなる傾向がある。その為、ブリにおいても水温の低下により消化管内容物の滞留が長くなり、その間に酵素等による分解が進み、消化吸収率が高くなったものと推察された。また、魚粉代替飼料原料のタンパク質の消化率、パーム油の消化率は低いことが再確認された。

表ア 1-3 ブリにおける飼料の消化吸収率 (%) (2019)

		24-26℃	20-22℃	17-19℃
タンパク質	対照区	88.1	90.9	92.8
	試験区	71.5	82.7	89.7
脂質	対照区	87.3	91.3	94.6
	試験区	80.7	82.7	91.2
リン	対照区	14	24.6	35.4
	試験区	50.7	56.4	33.2

【参考文献】

・渡邊 武編、改訂魚類の栄養と飼料、恒星社厚生閣、2009

【事業推進上の問題点】

特になし

【成果の公表】

・事業終了後に低魚粉飼料の普及に向けたマニュアル作成の予定

2) ブリ大型養殖場 2 ケ所におけるブリ実証試験によるコストの比較

実施機関・担当者名：

東町漁業協同組合 総務部・浦 啓介

【背景・目的】

近年、魚粉の原料となるアンチョビ等の漁獲量の減少、海外の魚粉需要高騰等の影響があり、今後の魚粉価格の高騰が懸念される。魚粉価格の高騰は飼料価格の高騰にも影響を与えており、養殖におけるコストの 7 割近くを占める餌代の更なる高コスト化が懸念される。当初、低魚粉飼料は摂餌も悪く、成長も良くなかった為、低魚粉飼料を使う漁業者はほとんどいなかった。本課題において、実際の生産規模に合わせて実証試験を行うことで低魚粉飼料の有効性を実証することとなった。

ブリ 2 歳魚を秋季から春季にかけて魚粉配合率 25% の低魚粉飼料で飼育して試験を行う。昨年度実証試験用の種苗として天然モジャコを選別し、低魚粉飼料を 24 日間与えた種苗を用いて本年度 2 歳魚期の低魚粉飼料での飼育成績を確認し、最終的なコスト削減効果を求める。

生簀の大きさは実際の養殖規模である縦 10m×横 10m 以上を用いる。試験終了時に、飼育成績（平均魚体重、平均尾叉長、増肉係数）の算出を行い、従来の飼育方法（対照区）との比較により、生産コストの削減効果を評価する。当課題では、養殖業者の生産実態に即したデータを収集するため、大型生簀を使用して実証規模での試験を行う。大型生簀での飼育試験は養殖業者が飼育管理を実施するが、給餌の量や方法、飼育密度の精度を向上させて綿密な試験とするため、業者を選定して行う。

【方法】

(1) A 及び B 養殖場における実証試験

試験は令和 1 年 10 月 1 日から実施している。現在も試験継続中。試験飼料（FM25%）は、表ア 1-1 に示す配合組成に従い作製し、夏期用及び秋期用を給餌した。飼育は鹿児島県出水郡長島町沖の養殖場 2 箇所（A 及び B 養殖場）で行い、養殖場ごとに 10m 角型生簀 2 台を使用した。供試魚には昨年度用意した低魚粉を 24 日間与え配布し、通常飼育で成長したブリ 2 歳魚を使用した。A 養殖場は魚体重約 3.8kg、B 養殖場は魚体重約 3.4kg の魚をそれぞれ 1 生簀に約 4,000 尾放養した。飼料については、対照区では試験期間を通して対照飼料（FM50%）を使用した。また、試験区では試験飼料（FM25%）を使用した。現在、サンプリングは計 3 回実施し、1 試験区につき 50 尾以上を麻酔にかけ、尾叉長及び魚体重を測定した。

A 養殖場：期首魚体重約 3.8kg、約 4,000 尾収容

B 養殖場：期首魚体重約 3.4kg、約 4,000 尾収容

(2) 水中カメラによる魚体測定

上記実証試験のサンプリング時に、水中カメラによる魚体測定を行った。

【結果および考察】

(1) A 及び B 養殖場における実証試験

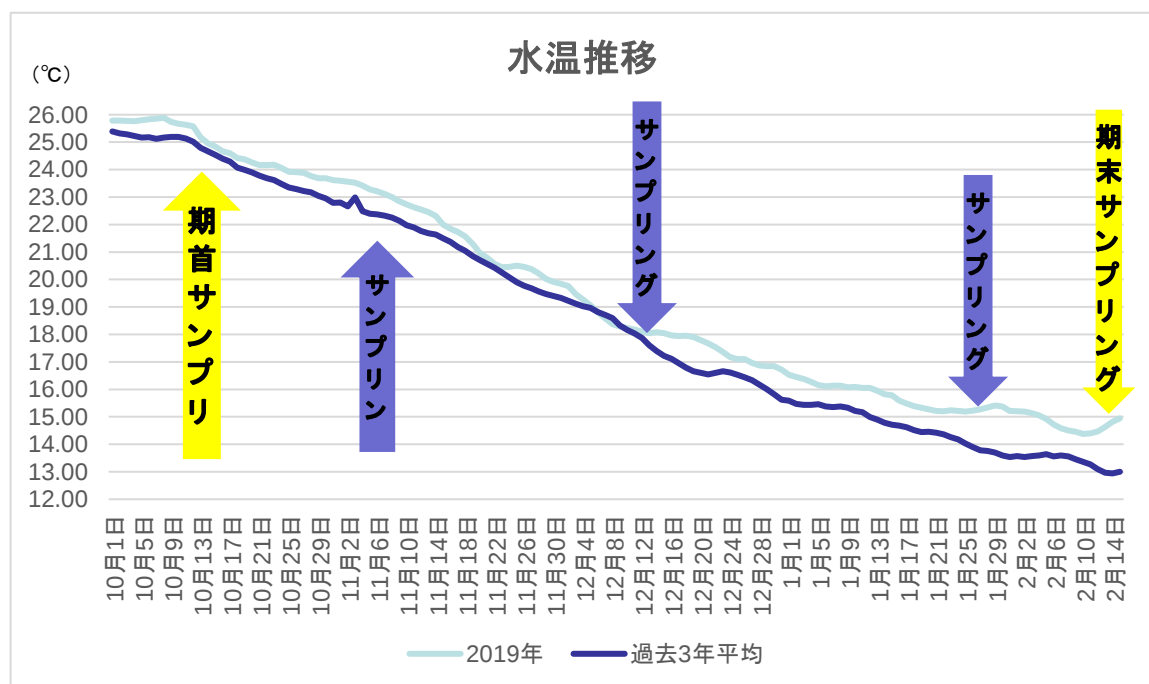
試験区における平均給餌率は期間を通して対照区とほとんど差がなく、通期結果の試験区/対照区の比は A 養殖場及び B 養殖場で 99% だった。このことから今回の試験区飼料は嗜好性の面に関してほとんど問題がないことが示された。成長についても、ほとんど差は見られなかったが、肥満度については A 養殖場及び B 養殖場において僅差ではあるが、対照区の肥満度が高い傾向にあった。

12 月以後の低水温期において肥満度に差が見られ、魚体重、肥満度は対照区が高い傾向にあった。B 試験区において最終サンプリングの結果、前回と比較し、肥満度の低下がみられ、魚体重も大きくのびていなかったことから、増肉係数は高くなった。

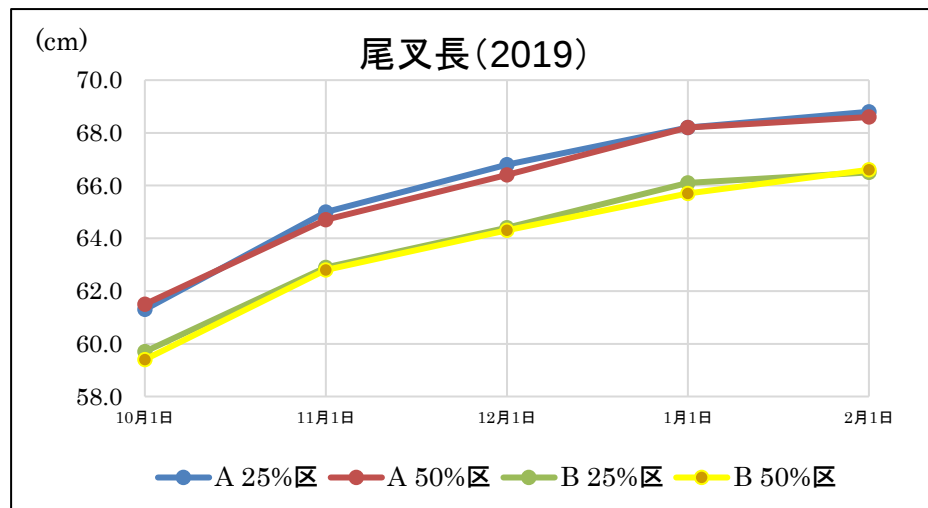
最終的な増肉コストは A 区で-16%、B 区で-9%という結果になった。

成長にもほとんど差が無く、増肉コストも低いことから低魚粉飼料を使用することによるコスト軽減が可能であることが示唆された。

試験期間（10/1～2/15）の飼育成績（試験区/対照区の比）は表 1 に記載している。



図ア 2-1 プリ実証試験における漁場水温の推移 (2019、東町漁協)



図ア 2-2 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での尾叉長の推移 (2019、東町漁協)

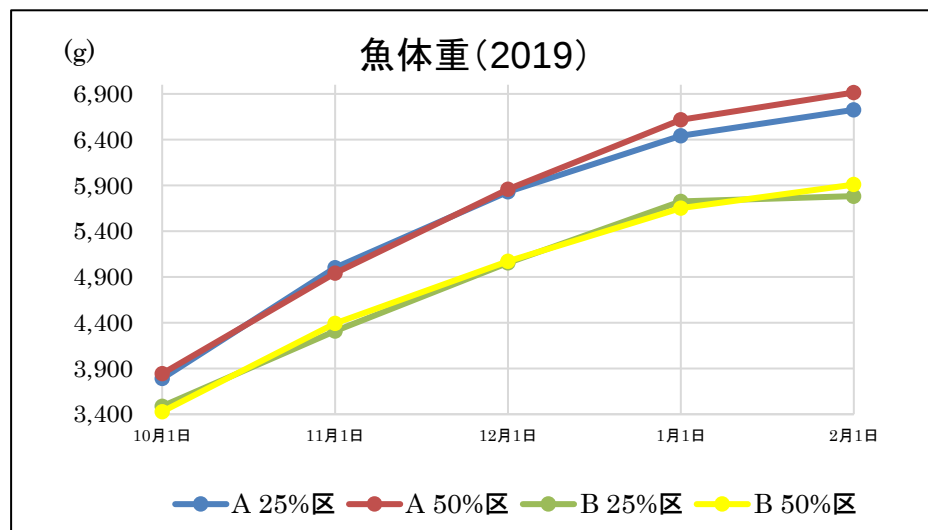
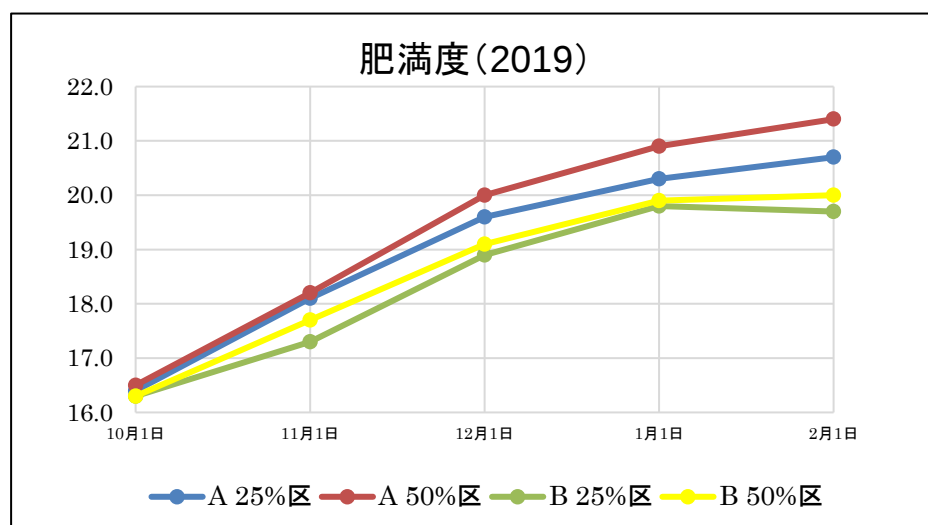
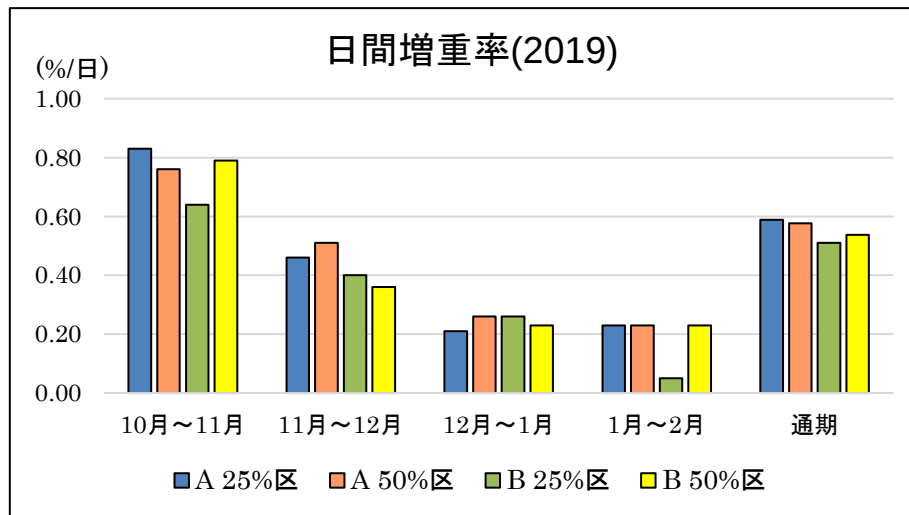


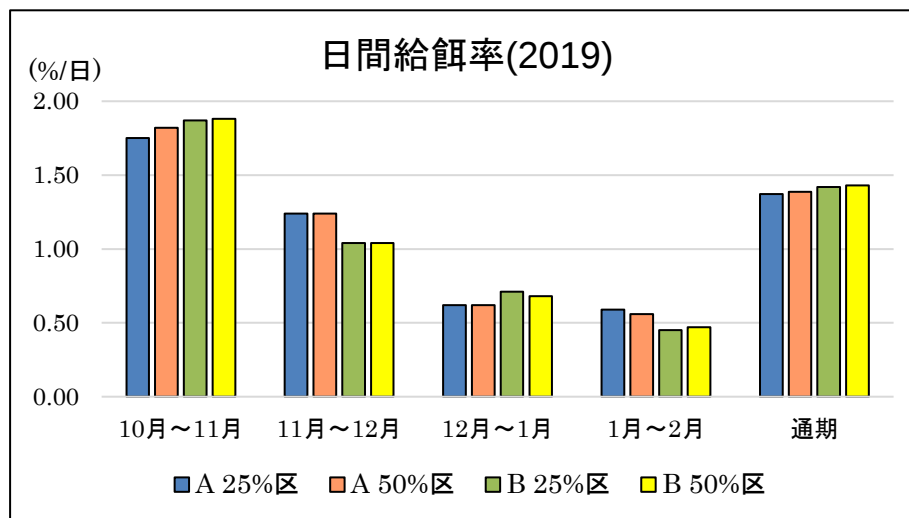
図 2 ア 2-3 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での平均魚体重の推移 (2019、東町漁



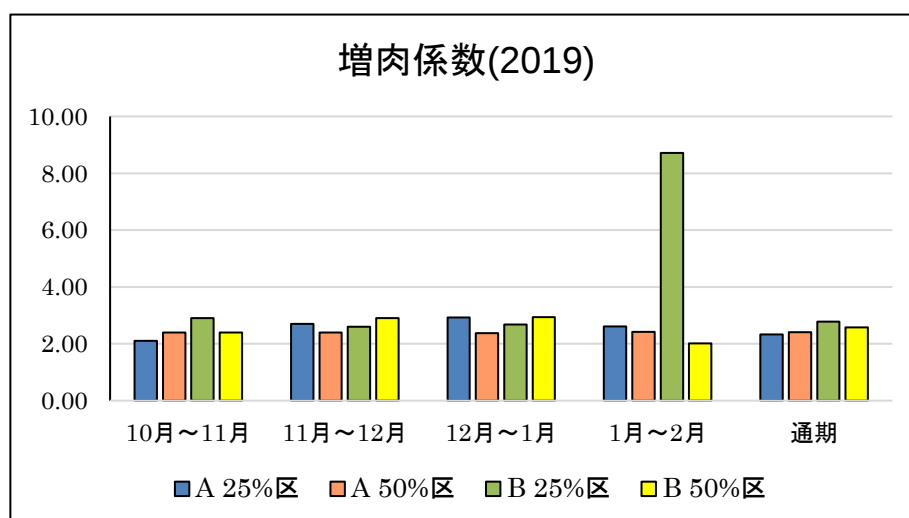
図ア 2-4 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での肥満度の推移 (2019、東町漁協)



図ア 2-5 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での日間増重率の推移 (2019、東町漁協)



図ア 2-6 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での日間給餌率の推移 (2019、東町漁協)



図ア 2-7 ブリ実証試験における A 及び B 養殖場での増肉係数の推移 (2019、東町漁協)

飼育成績	A	B	平均
尾叉長	6%	-6%	0%
魚体重	-4%	-7%	-6%
肥満度	-12%	-8%	-10%
日間増重率	2%	-5%	-1%
日間給餌率	-1%	-1%	-1%
増肉係数	-3%	8%	2%
飼料効率	3%	-7%	-2%
増肉コスト	-16%	-9%	-12%

表ア 2-1. プリ実証試験における A 及び B 養殖場での飼育成績 (2019、東町漁協)

(2) 水中カメラによる魚体測定

本年度も水中カメラによる魚体測定の可能性を検討した。生け簀に水中カメラを沈め、得られた画像を魚体測定ソフトウェアにより解析した。画像解析により尾叉長及び体高の推定値を割り出し、設定された計算式によって体重を自動的に算出した。これらの推定値をサンプリングによって得られた実測値と比較した。実測値との誤差は尾叉長で最大-0.4cm～+1.3cm、魚体重で最大-369g～+296g だった。尾叉長に関して誤差は小さく、十分に実用できる値だった。魚体重に関しては幅が大きかったが、尾叉長と体高から魚体重を計算しているため、計算式を調整すればさらに精度が上がる可能性が示唆された。

【参考文献】

特になし

【事業推進上の問題点】

特になし

【成果の公表】

- ・事業終了後に低魚粉飼料の普及に向けたマニュアル作成の予定

3) ブリ 1 歳魚における低魚粉飼料変更試験

実施機関・担当者名：

長崎県総合水産試験場 養殖技術科・宮原治郎

【背景・目的】

平成 28 年度試験において、ブリ 1 歳魚へ夏期には魚粉 30%飼料を給餌し、11 月（水温 23℃）及び 12 月（水温 19℃）に魚粉 50%飼料へ変更した場合、魚粉 50%飼料（通期）より成長が良く、増肉コストを削減できることが示唆された。今年度は、更に魚粉を削減した魚粉 25%飼料にするとともに、水温 23℃及び水温 19℃において、魚粉 25%のまま、パーム油を魚油に代替した飼料に変更する試験を行った。

ブリ 1 歳魚に魚粉 25%飼料を 23 週間給餌し、水温によりパーム油を魚油に代替した飼料へ変更して魚粉 50%飼料と成長や内臓重量等を比較する。生け簀の大きさは縦 3 m×横 3 m×深さ 3 mを用いる。試験終了時に飼育成績を取りまとめ、従来の飼育方法（対照区）との比較により、生産コストの削減効果を評価する。

【方法】

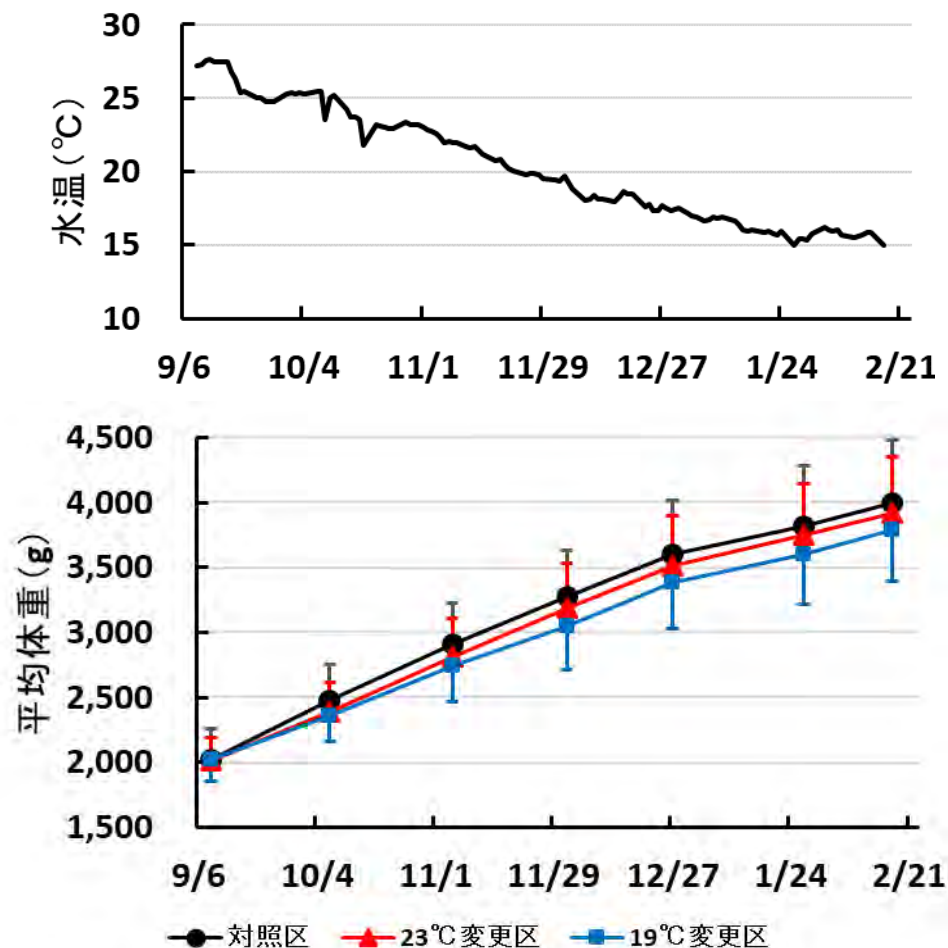
低魚粉飼料変更試験用飼料は、表ア 1-1 に示す配合組成に従い作製し、対照区夏期、試験区夏期及び試験区秋期を給餌し、令和元年 9 月 9 日から令和 2 年 2 月 17 日まで 23 週間の飼育試験を行った。試験区は、対照区（魚粉 50%EP）、低魚粉 23℃変更区（魚粉 25%EP の夏期用は 10 月 14 日まで、秋期用は 10 月 15 日以降）及び低魚粉 19℃変更区（魚粉 25%EP の夏期用は 11 月 25 日まで、秋期用は 11 月 26 日以降）の 3 区を設定し、各区 2 網で 1 網に 35 尾で試験を開始した。給餌方法は、手撒きによる 1 日 1 回飽食給餌で、週 5 日（月曜日～金曜日）給餌とした。

尾叉長及び体重の測定は、試験開始時（9 月 9 日）、10 月 7 日、11 月 5 日、12 月 2 日、12 月 27 日、1 月 27 日、試験終了時（2 月 17 日）の計 7 回、全数で行い、体重及び肥満度については t 検定（ $p<0.05$ ）で有意差の確認を行った。血液性状（Ht 値、Hb）及び血漿成分（TCHO、TG、TP、GOT、GPT、GLU、TBIL）の分析、並びに内臓重量、肝臓重量及び腸長の測定は、試験開始時が 5 尾、試験終了時が各区 10 尾（5 尾/網）で行い、試験終了時については t 検定（ $p<0.05$ ）で有意差の確認を行った。

【結果および考察】

試験開始時から試験終了時までにおける水温及び平均体重の推移を図ア 3-1 に、通算の飼育成績及び増肉コストを表ア 3-1 に示す。2 m 層水温は 15.0～27.6℃で推移した。試験終了時の平均体重は、対照区（3,995 g）>低魚粉 23℃変更区（3,919 g）>低魚粉 19℃変更区（3,790 g）の順に高く、対照区が低魚粉 19℃変更区より有意に高かった。試験終了時の肥満度は、低魚粉 23℃変更区（21.73）>対照区（21.17）>低魚粉 19℃変更区（21.11）の順に高く、低魚粉 23℃変更区が他の区より有意に高かった。通算の増重

率及び増肉係数は、対照区（197%・2.33）＞低魚粉 23℃変更区（195%・2.35）＞低魚粉 19℃変更区（187%・2.52）の順に良い傾向であった。通算の日間給餌率は、対照区が 0.95%、低魚粉 23℃変更区が 0.94%、低魚粉 19℃変更区が 0.93%とほぼ同等であった。通算の生残率は、ハダムシ寄生の影響で両眼失明魚を 1 月末に取り上げた対照区及び低魚粉 19℃変更区が 98.6%、低魚粉 23℃変更区が 100%であった。増肉コストは、対照区を 100 とした場合、低魚粉 23℃変更区が 89.7、低魚粉 19℃変更区が 91.9 と試算され



図ア 3-1 水温及びブリの平均体重の推移(2019、長崎水試)

表ア3-1 ブリ飼育成績(2019/9/9~2020/2/17、長崎水試)

	平均体重(g)		肥満度(尾叉長)		増重率 (%)
	開始時 (9/9)	最終 (2/17)	開始時 (9/9)	最終 (2/17)	
対照区 (魚粉50%EP)	2,024±231	3,995±482 ^a	17.70±0.64	21.17±1.39 ^b	197
低魚粉23℃変更区 (魚粉25%EP)	2,010±181	3,919±434 ^{ab}	17.72±0.73	21.73±1.23 ^a	195
低魚粉19℃変更区 (魚粉25%EP)	2,025±173	3,790±395 ^b	17.50±0.70	21.11±1.06 ^b	187
	日間給餌率 (%)	増肉 係数	増肉 コスト	生残率 (%)	
対照区 (魚粉50%EP)	0.95	2.33	100	98.6	
低魚粉23℃変更区 (魚粉25%EP)	0.94	2.35	89.7	100	
低魚粉19℃変更区 (魚粉25%EP)	0.93	2.52	91.9	98.6	

異符号間は有意差あり($p < 0.05$)。

試験開始時の血液性状、血漿成分及び内臓重量比等の分析結果を表ア 3-2 に、試験終了時の各試験区における血液性状、血漿成分及び内臓重量比等の分析結果を表ア 3-3 に示す。試験終了時でみると、対照区は、Hb が低魚粉 19℃変更区より、TCHO、TP 及び GLU が他の区より、内臓重量比及び肝臓重量比が低魚粉 23℃変更区より有意に低かった。腸長比は、対照区が他の区より若干高く、23 週間の飼育では低魚粉飼料に適応して腸長比が高くないものと考えられた。

魚粉 50%飼料と比較して、水温 23℃でパーム油を魚油に代替した魚粉 25%飼料は、成長面が若干劣ったものの、血液性状等に問題はなく、増肉コストが 10%低い結果が得られ、水温 19℃でパーム油を魚油に代替した魚粉 25%飼料は、成長面が少し劣り、血液性状等に問題はなく、増肉コストが 8%低い結果が得られたことから、魚粉 25%飼料へのパーム油添加は、水温が 23℃以上であれば、その使用に支障がないものと考えられた。

表ア3-2 プリ試験開始時の血液性状、血漿成分及び内臓重量比等の分析結果(2019/9/9、長崎水試)

Ht値(%)	Hb(g/dl)	TCHO(mg/dl)	TG(mg/dl)	TP(g/dl)	GOT(U/l)	GPT(U/l)
52.7±3.5	15.6±1.0	283.6±33.1	101.8±18.0	4.3±0.4	55.0±5.7	14.5±0.7
GLU(mg/dl)	TBIL(mg/dl)	内臓重量比(%)	肝臓重量比(%)	腸長比(%)		
182.2±66.6	0.1±0.0	5.5±0.5	0.9±0.1	63.2±2.5		

$n=5$ 。GOT及びGPTは異常値を除く($n=2$)。

内臓重量比=内臓重量÷体重×100。肝臓重量比=肝臓重量÷体重×100

腸長比=腸長÷尾叉長×100

表ア3-3 プリ試験終了時の血液性状、血漿成分及び内臓重量比等の分析結果(2020/2/18、長崎水試)

	対照区 (魚粉50%EP)	低魚粉23℃変更区 (魚粉25%EP)	低魚粉19℃変更区 (魚粉25%EP)
Ht値(%)	57.6±3.1	58.3±4.3	60.7±3.2
Hb(g/dl)	17.4±0.8 ^a	18.1±1.0 ^{ab}	18.7±0.6 ^b
TCHO(mg/dl)	385.9±38.3 ^a	443.5±16.2 ^b	442.1±18.4 ^b
TG(mg/dl)	194.3±87.4	211.3±96.2	151.7±69.0
TP(g/dl)	4.9±0.3 ^a	6.0±0.6 ^b	6.2±0.6 ^b
GOT(U/l)	83.6±63.9	68.9±50.5	38.7±24.2
GPT(U/l)	9.7±3.1	10.1±2.3	10.0±4.1
GLU(mg/dl)	126.5±22.8 ^a	154.5±22.6 ^b	161.1±41.1 ^b
TBIL(mg/dl)	0.1±0.0	0.2±0.1	0.1±0.0
内臓重量比(%)	6.8±0.9 ^a	8.3±1.3 ^b	7.3±1.0 ^{ab}
肝臓重量比(%)	1.3±0.2 ^a	1.6±0.2 ^b	1.5±0.2 ^{ab}
腸長比(%)	78.7±5.7	75.6±4.1	76.4±6.0

$n=10$ 。GOTは異常値を除く($n=9$)。

TCHOの測定上限値超えは450mg/dlとした。対照区: $n=1$ 、23℃区及び19℃区: $n=8$

異符号間は有意差あり($p<0.05$)。

【参考文献】

特になし

【事業推進上の問題点】

特になし

【成果の公表】

- ・長崎県水産試験場研究報告に論文掲載を検討中
- ・事業終了後に低魚粉飼料の普及に向けたマニュアル作成の予定

4) ブリ試験魚の肉質によるコストの評価

実施機関・担当者名：

国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所 水産物応用開発研究センター・
大村裕治、石田典子、東畑顕

【背景・目的】

我々の以前の研究（農林水産技術会議の研究事業）において、無魚粉飼料をブリに給餌した場合、小割生け簀の規模の試験ではあるが、高魚粉飼料を与えたブリと比べて養殖臭がしないという結果が得られた。最近の消費者ニーズとして「魚臭が強くない」「脂っぽい」魚に人気があることから、魚粉を低減化することにより消費者ニーズに合ったブリを作出可能であると思われる。また、低魚粉飼料を給餌したブリでは、一般飼料を給餌したブリと品質が異なり買いたたかれる危険性がある。そこで低魚粉ブリの品質がこれまでと同等であるか、もしくは従来とは異なった新しい風味を有することを実証試験レベルで明らかにすることを目的とした。

【方法】

実証試験及び小割生け簀を用いてブリに低魚粉飼料もしくは対照用高魚粉飼料を給餌した飼育魚について、魚肉の色、におい、脂肪、アミノ酸やATP 関連物質などの呈味成分等について機器分析と試食アンケートを行い、低魚粉飼料を与えた時の魚肉の品質変化を評価した。同時に、ブリに無魚粉飼料を与えた場合についてもその肉質の変化について評価した。

ブリ筋肉の品質を機器分析により以下の方法で評価した。試験魚を3枚におろしたのち、背側普通筋を分析に供した。味については以下の方法で分析した。細断した筋肉20gと蒸留水80mLを入れたプラスチック製チューブを沸騰水中に10分間浸漬後、速やかに氷水中で1時間以上冷却した。その後、8000×g、10分間遠心した上清をキムワイプでろ過後、得られた濾液（熱水抽出エキス）をインテリジェントセンサーテクノロジー社製味認識装置SA-402Bにより分析した。熱水抽出エキス中の遊離アミノ酸およびその類縁体は自動高速液体クロマトグラフProminenceアミノ酸分析システム（島津製作所）を用いて測定した。核酸関連物質はMurata et al.の方法に準じたHPLC法で測定した。

においは以下の方法で分析した。細断した背側普通筋45gをカッターナイフで切れ目を入れたにおい袋に入れ、切れ目をニトフロン粘着テープで張り合わせた。その後40℃のホットプレート上で20回、掌でにおい袋の上から試料を押しつぶした。高純度窒素を充填後（約3L）、定温乾燥機内で40℃、30分間静置し、生じた香気成分をサンプルバッグ2KFに移し、におい識別装置FF-2020（株式会社島津製作所）により測定した。また、同様に調整した香気成分をTenax製捕集管に吸着させ、加熱脱着装置を付したガスクロマトグラフ質量分析計（株式会社島津製作所、GCMS-QP2020）を用いて香気成分を網羅的に分析した。物質の同定は、GCMSに付属しているアプリケーションを用いてNISTライブラリに対して行ったシミラリティ検索と、Kovats Indexを用いて行った。

試食アンケートは背側普通筋を用いて、3点識別法により行った。

【結果および考察】

(1) 愛媛県農林水産研究所のブリに無魚粉飼料を与えた試験

最初に、愛媛県農林水産研究所（2019. 4. 24 取上げ）において対照試料もしくは無魚粉飼料で飼育されたブリについて品質評価した。

【味分析】

熱水抽出エキスを味認識装置で分析したところ「旨味」「旨味コク」の味質項目において両区間で有意な差は認められなかった（図ア 4-1）。また、それらのエキス中のアミノ酸とその類縁体及び核酸関連物質、乳酸含量を測定した。その結果、アミノ酸類ではタウリンとグルタミン酸、アラニン、カルノシン、オルニチン、リジン、アルギニン含量、および総アミノ酸類含量が、対照区よりも、無魚粉区のほうが有意に高かった（表ア 4-1）。また、ADP 含量も無魚粉区のほうが有意に高かった（表ア 4-1）。乳酸含量は両区間において差はなかった（表ア 4-1）。これらの結果から、味認識装置の「旨味」の味質項目では有意な差は認められなかったが、味を呈するグルタミン酸やアラニン含量が有意に高かったことから、両区間のエキスの味が異なる可能性がある。

【におい分析】

におい識別装置による分析では、両区間でにおいの強さに差はなかったが（図ア 4-2）、標準ガスとの類似性を示した類似度では、硫化水素及び有機酸系、アルデヒド系のにおいについて両区間で有意な差が認められたことから、においの質が両区間で異なることが考えられた（図ア 4-3）。さらに、類似度においの強さの情報を加味しヒトの感覚に近い形で表現した臭気寄与では、硫黄系及び機酸系、アルデヒド系のにおいについて両区間で有意な差が認められたことから、ヒトが感じるにおいについても違いがある可能性が示唆された。

【揮発成分分析】

筋肉から調製した香気成分の網羅的解析の結果、分析した8個体すべてにおいて検出できた化合物は36種類であった（表2. アルデヒド3、アルコール7、ケトン4、アルカン4、カルボン酸1、含窒素化合物2、含硫化合物1、その他3、未同定10）。うち2-Pentanone 及びDecane、D-Limonene、Dodecan、5つの未同定化合物（ID 15, 16, 17, 19, 20）は有意に無魚粉区のほうが低かった（表ア 4-2）。未同定化合物はそのにおいが不明であり、またDecaneは無臭とされているが、2-Pentanoneはアセトン臭、D-Limoneneはレモン様臭、Dodecaneは特異臭を有するという報告がある。におい成分中のこれらの含量が異なることから、魚粉区と無魚粉区とのにおいが官能的に異なる可能性が示唆された。また、検出された全化合物の総ピーク面積は両区間で有意な差が認められなかったことから、においの強さには差がない可能性が示唆された。このことはにおい分析においてにおいの強さに有意な差がないという結果と一致していた。

また、検出された全化合物のピーク面積を用いて主成分分析を行った結果、PC1 のプラス側に対照区がマイナス側に無魚粉区が位置し、両者が異なることが示唆された（図ア 4-4）。以上の結果から香気成分レベルで判断した場合、両区とも互いに異なることが明らかとなった。主成分分析の第一主成分の負荷量においてその絶対値の大きい化合物は、Decane、 α -Pinene、D-Limonene、未同定の化合物 ID 15, 16, 17, 19, 20 であることから、対照区と無魚粉のブリのにおいの差の発現に、これら 8 つの化合物の寄与が大きいことが示された。また、これらの負荷量がすべて正の値を示したことから、PC1 の違いはにおいの強さと、質の両方の違いを示すことが示唆された。

【試食アンケート】

背側普通筋を用いて中央水産研究所の職員に対し 3 点識別法による試食アンケートを行った。2 つを対照区、仲間外れを無魚粉区とした場合、評価者 18 人中正答者は 8 人であり両者を識別できなかった。一方、2 つを無魚粉区、仲間外れを対照区とした場合、正答者が 11 人と有意に識別でき、官能的に差があるものと思われた。

以上の結果から、無魚粉飼料を給餌することによりその品質、特に匂いが大きく変わることが示された。

(2) 鹿児島県 A 業者のブリに低魚粉飼料を与えた試験

次に、鹿児島県 A 業者産（2019. 12. 12 取上げ）の対照試料もしくは低魚粉飼料で飼育されたブリについて品質評価した。

【味分析】

ブリ背側普通筋より調製したエキスを味認識装置で分析したところ、低魚粉区の「旨味コク」の味質強度が有意に高かったが（図ア 4-5）、その差は小さく官能的な識別は容易ではないと思われる。一方、「旨味」の味質強度には有意な差は認められなかった。また、それらのエキス中のアミノ酸とその類縁体及び核酸関連物質、乳酸含量を測定した。その結果アミノ酸類では、対照区よりも低魚粉区のグルタミン酸、アラニン、カルノシン、アンセリン含量が、有意に高く、オルニチン含量が有意に低かった（表ア 4-3）。一方、核酸含量と乳酸含量は両区間において有意な差はなかった（表ア 4-3）。味を呈するグルタミン酸やアラニン含量が有意に高かったことから、両区間のエキスの味が異なるかもしれないが、総アミノ酸量として有意な差はなかったことから、他のアミノ酸の影響を受けて官能的に差を識別できない可能性がある。さらに、総アミノ酸量として有意な差はなかったことから味認識装置の「旨味」の味質項目では有意な差は認められなかったものと考えられる。

【におい分析】

におい識別装置による分析では、分析時に問題が生じ対照区の 2 サンプルについて正しく測定できなかった可能性があったため、それらの結果は除いて解析した。分析の結果、両区間でにおいの強さに顕著な差は認められなかった（図ア 4-6）。標準ガスとの類似性を示した類似度、および類似度においの強さの情報を加味しヒトの感覚に近い形で表現した臭気寄与においても、顕著な差が認められなかったことから、

ヒトが感じるにおいについて差がないものと思われた（図ア 4-7）。

【揮発成分分析】

筋肉から調製した揮発成分の網羅的解析のため GC-MS による分析を行ったが、現在解析中である。分析した 8 個体すべてにおいて検出できた化合物は 32 種類であった（表ア 4-4. アルコール 3、ケトン 3、アルカン 10、カルボン酸 1、含硫化合物 1、その他 11、未同定 4）。うち Nonane は有意に低魚粉区のほうがそのピーク面積が大きく、 α -pinene、D-Limonene、Dodecane、1,3,7-Octatriene、Tetradecane と 3 つの未同定化合物（ID 18, 21, 23）は有意に低魚粉区のほうがそれらのピーク面積が小さかった（表ア 4-4）。未同定化合物はそのにおいが不明であり、また 1,3,7-Octatriene と Tetradecane の臭気に関する報告はないが、Nonane はガソリン様臭、 α -pinene はテレピン油様臭、D-Limonene はレモン様臭、Dodecane は特異臭を有するという報告がある。におい成分中のこれらの含量が異なることから、魚粉区と低魚粉区とのにおいが官能的に異なる可能性が示唆された。また、検出された全化合物の総ピーク面積は両区間で有意な差が認められなかったことから、においの強さには差がない可能性が示唆された。これら低魚粉区で有意にピーク面積が小さかった 9 つの化合物のうち D-Limonene と Dodecane と、また保持時間から判断して ID18、21、23 の 3 つの化合物は（愛媛県産低魚粉ブリ：ID16, 19, 20）すでに示した愛媛県産低魚粉ブリでも同様の結果が得られたことから、この 5 つの化合物は魚粉比率を低減することにより、筋肉中の含量が低下する化合物の可能性がある。

検出された全化合物のピーク面積を用いて主成分分析を行った結果、両者が異なる傾向が認められるものの、一部のサンプルが互いに重なっており明確に識別できなかった（図ア 4-8）。すなわち個々の香気成分レベルでは両区間に差があったものの、主成分分析ではたがいに識別できるほどの差ではなかった。したがって機器分析においては両区間に明確な差があるとは言えなかった。愛媛県産低魚粉ブリの結果と合わせると、試料中の魚粉比率を低魚粉まで低下させるとブリ筋肉の風味は変化するが、低魚粉比率レベルでは風味が大きく変化しないことが示唆された。

【試食アンケート】

背側普通筋を用いて中央水産研究所の職員に対し 3 点識別法による試食アンケートを行った。2 つを対照区、仲間外れを低魚粉区とした場合、評価者 19 人中正答者は 3 人であり両者を識別できなかった。また、2 つを低魚粉区、仲間外れを対照区とした場合、正答者が 10 人であり両者を識別できなかったが、識別可能な傾向を示した。

対照飼料を給餌したブリと低魚粉飼料を給餌したブリの筋肉の品質を比較した結果、両者でその含量が有意に異なる成分が認められた。また、味認識装置による分析でも旨味コクの味質項目において有意な差が認められた。におい識別装置や機器分析、並びに試食アンケートでは両者を識別することができなかったことから、両者の肉質は若干の差があるものの大きな差はないものと判断される。

(3) 長崎県総合水産試験場のブリに低魚粉飼料を与えた試験

最後に、長崎県総合水産試験場（2020. 1. 27 取上げ）の対照試料もしくは低魚粉飼料で飼育されたブリについて品質評価した。

【味分析】

ブリ背側普通筋のエキスを味認識装置で分析したところ「旨味」「旨味コク」の扶突の項目において両区間で有意な差は認められなかった（図ア 4-9）。また、それらのエキス中のアミノ酸とその類縁体含量は現在分析中である。核酸関連物質、乳酸含量を測定した結果、低魚粉区の ADP と IMP、総核酸関連物質含量が有意に高かった（表ア 4-5）。乳酸含量は両区間において差はなかった（表ア 4-5）。

【におい分析】

におい識別装置による分析の結果、対照区と比較して低魚粉区のにおいが有意に強かった（図ア 4-10）。標準ガスとの類似性を示した類似度では、低魚粉区の硫化水素の類似度が有意に高く、アンモニアの類似度が有意に低かった（図ア 4-11）。一方、類似度における強さの情報を加味しヒトの感覚に近い形で表現した臭気寄与においては顕著な差が認められなかった（図ア 4-11）。以上のように両試験区間でのにおいの強さと質に差があることが示唆された。

【揮発成分分析】

筋肉から調製した揮発成分の網羅的解析のため GC-MS による分析を行った。分析した 8 個体すべてにおいて検出できた化合物は 33 種類であった（表ア 4-6; アルコール 4、アルデヒド 1、ケトン 2、アルカン 10、芳香族 6、含硫化合物 1、その他 3、未同定 6）。うち Nonane と D-Limonene、未同定化合物（ID 25）は低魚粉区のほうがそのピーク面積が有意に小さかった（表ア 4-6）。一方、2, 4(or 3, 5)-Octadine、Decane、Undecane、1, 3, 7-Octatriene と 4 つの未同定化合物（ID 18, 19, 24, 26）は低魚粉区のほうがそのピーク面積が有意に大きかった（表ア 4-6）。未同定化合物はそのにおいが不明であり、また 1, 3, 7-Octatriene との臭気に関する報告はないが、Nonane はガソリン様臭、D-Limonene はレモン様臭を有するという報告がある。におい成分中のこれらの含量が異なることから、魚粉区と低魚粉区とのにおいが官能的に異なる可能性が示唆された。また、検出された全化合物の総ピーク面積は両区間で有意な差が認められなかったことから、においの強さには差がない可能性が示唆された。これはにおい識別装置で得られたにおいの強さの結果とは一致しなかった。これはにおい識別装置のセンサの応答が、化合物の種類によって異なる可能性があるためだと推測される。

先に分析した愛媛県産無魚粉ブリと鹿児島県産低魚粉ブリとの結果と一致しなかった。この矛盾した結果の原因は、においのもとと考えられる脂質中の脂肪酸組成が前者 2 つと異なるためかもしれない。

また、検出された全化合物のピーク面積を用いて主成分分析を行った結果、両者が PC1 で明確に識別できた（図ア 4-12）。ただにおい識別装置で推察されたにおい成分とは異なる成分で識別しているものと思われる。

【試食アンケート】

また背側普通筋を用いて中央水産研究所の職員に対し 3 点識別法による試食アンケートを行った。2 つを対照区、仲間外れを低魚粉区とした場合、評価者 25 人中正答者は 9 人であり両者を識別できなかった。また、2 つを低魚粉区、仲間外れを対照区とした場合、正答者が 10 人であり両者を有意には識別できなかった。

対照飼料を給餌したブリと低魚粉飼料を給餌したブリの筋肉の品質を比較した結果、におい識別装置と揮発成分の含量レベルで識別可能であった。一方、試食アンケートでは両者を識別することができなかったことから、両者の肉質は差があるものの官能的な識別が難しいレベルであると判断される。

以上のように、無魚粉飼料を給餌したブリでは機器分析でも官能評価でも対照区のブリと識別可能であるのに対し、低魚粉飼料を給餌した場合は機器分析では識別できうるが、官能評価では有意に識別できるほどではなかったが、差が認められる傾向を示した。これらのことから餌料中の魚粉比率を低下させることにより、ブリの品質を変化させることが可能であることがわかった。またその品質の変化は主に揮発成分量の変化によるおおいの変化であることも明らかとなった。愛媛県で実証試験を行ったブリ養殖業者からは「低魚粉飼料を給餌したブリのほうが対照区である高魚粉飼料を給餌したブリよりも風味が好ましく、注文が多かった」という指摘があった。このように、低魚粉飼料を給餌することにより養殖臭を低減化できる可能性が示された。従って、低魚粉飼料や無魚粉飼料を給餌することにより、従来とは異なる好ましい品質のブリを作出可能であることが示された。しかし一般人が官能的に識別できうるためには、魚粉比率を 25% よりも低下させる必要があると考えられる。

【参考文献】

特になし

【事業推進上の問題点】

特になし

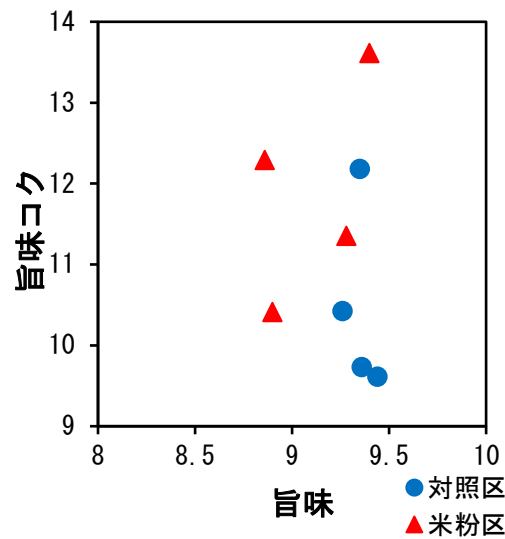
【成果の公表】

- ・ 東畑 顕：「ノリ等水産物の味覚認識装置による品質評価」第 54 回水産物エキス研究会にて講演（平成 30 年度日本水産学会春季大会）
- ・ 事業終了後に低魚粉飼料の普及に向けたマニュアル作成の予定

表ア 4-1. 愛媛県農林水産研究所産ブリ
(2019. 4. 24 取上) 熱水エキス中のアミノ
酸とその類縁体及び核酸関連物質、乳酸
含量 (mg/100mL)

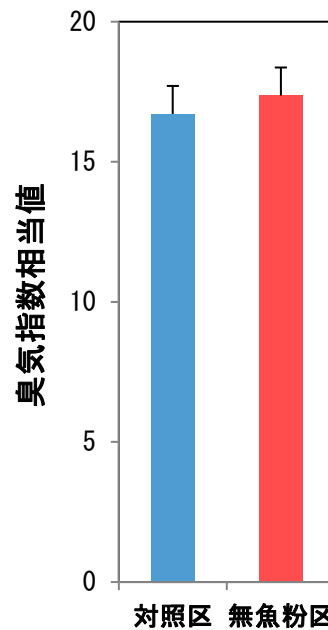
	対照区	低魚粉区
Tau*	1.94	2.60
Asp	0.04	0.04
HyPro	0.00	0.01
Thr	0.39	0.67
Ser	1.22	1.35
Glu*	1.24	2.12
Sar	0.22	0.31
Pro	0.27	0.39
Gly	1.38	1.63
Ala*	4.53	7.27
2-ABA	0.03	0.06
Val	0.40	0.55
Met	0.42	0.45
Ile	0.27	0.36
Leu	0.43	0.60
Tyr	0.67	0.80
Phe	0.33	0.40
β -Ala	0.02	0.02
3-ABA	Trace	Trace
4-ABA	0.02	0.02
His	180.55	191.35
Car*	0.02	0.05
Ans	8.79	9.00
HyLys	0.01	0.01
Orn*	0.28	0.63
Lys*	2.76	4.65
Arg*	0.21	0.58
Total*	206.43	225.91
ATP	0.83	0.82
ADP*	3.58	4.01
AMP	0.67	0.67
IMP	43.52	47.17
HxR	6.18	6.30
Hx	0.11	0.09
Total	54.88	59.05
Lactate	280.98	300.32

*: 両区間で有意な差が認められた
($p < 0.05$)



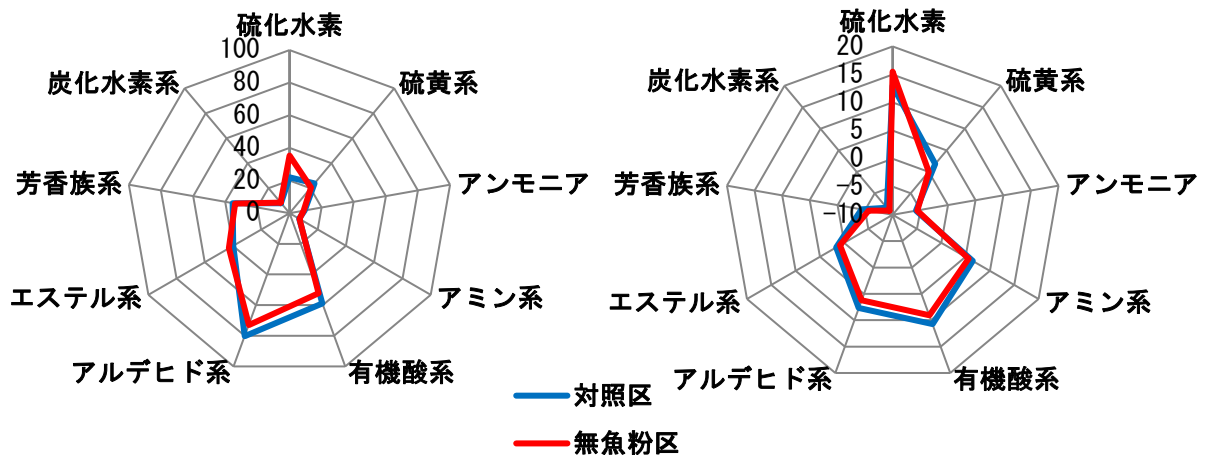
図ア 4-1. 愛媛県農林水産研究所にお
けるブリ (2019. 4. 24 取上げ) の味分析.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌
したブリ背側普通筋の熱水抽出エキ
スを味認識装置で分析し、旨味と旨
味コクの味強度の推定値を示した。



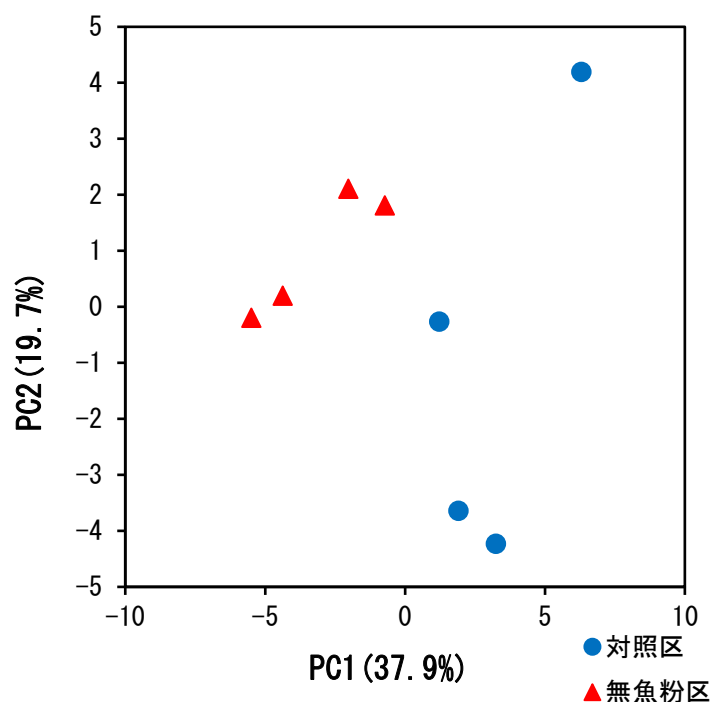
図ア 4-2. 愛媛県農林水産研究所にお
けるブリ (2019. 4. 24 取上げ) の背側普通筋の
においの強さ.

対照飼料もしくは無魚粉飼料を給餌
したブリ背側普通筋から調製した香
気成分をにおい識別装置で分析し、
においの強さを臭気指数相当値と
して表した。



図ア 4-3. 愛媛県農林水産研究所におけるブリ（2019. 4. 24 取上げ）背側普通筋のにおいの質の分析.

対照飼料もしくは無魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分をにおい識別装置により分析し、それぞれの平均値をレーダーチャートで表した。左、類似度。；右、臭気寄与。



図ア 4-4. 愛媛県農林水産研究所におけるブリ（2019. 4. 24 取上げ）背側普通筋の GC-MS 分析で得られたピーク面積を用いた主成分分析.

対照飼料もしくは無魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分を GC-MS を用いて分析し、得られたピーク面積を用いた相関行列から主成分分析を行った。

表ア 4-2. 対照飼料もしくは無魚粉飼料を給餌した愛媛県農林水産
研究所産ブリ（2019. 4. 24 取上げ）背側普通筋の揮発成分.

ID	化合物名	ピーク面積	
		対照区	無魚粉区
1	Carbon disulfide	1,784,456	1,750,711
2	Acetone	4,280,697	3,193,118
3	2-Butanone	651,617	756,040
4	Unknown	395,888	279,589
5	Ethanol	452,518	347,426
6	Unknown	61,990	45,959
7	2-Pentanone*	441,462	265,540
8	Acetonitrile	1,933,632	1,687,047
9	Decane*	613,781	463,127
10	α -Pinene	86,800	71,071
11	Hexanal	300,975	60,686
12	1-Penten-3-ol	909,366	610,674
13	D-Limonene*	202,599	170,009
14	Dodecane *	131,019	95,346
15	Unknown*	166,416	129,991
16	Unknown*	188,195	146,533
17	Unknown*	67,382	49,239
18	3-methyl-3-Buten-1-ol	51,533	53,305
19	Unknown*	155,199	118,837
20	Unknown*	69,622	51,742
21	Unknown	65,790	88,718
22	Tridecane	61,366	56,178
23	(Z)-2-Penten-1-ol	34,965	23,789
24	1-Hexanol	211,102	115,949
25	Nonanal	45,471	44,113
26	Unknown	64,790	60,529
27	1,3-dichlorobenzene	72,391	63,819
28	Acetic acid	98,810	146,270
29	1-Octen-3-ol	33,990	61,913
30	2-ethyl-1-Hexanol	22,890	7,224
31	Decanal	28,333	32,317
32	Benzaldehyde	90,812	86,817
33	Hexadecane	37,448	47,790
34	Acetophenone	60,626	57,926
35	1-methyl-2-Pyrrolidinone	47,990	38,703
36	Unknown	494,475	2,231,566
Total		14,416,391	13,509,605

面積の値はそれぞれの試験区 4 個体の平均値で表した.

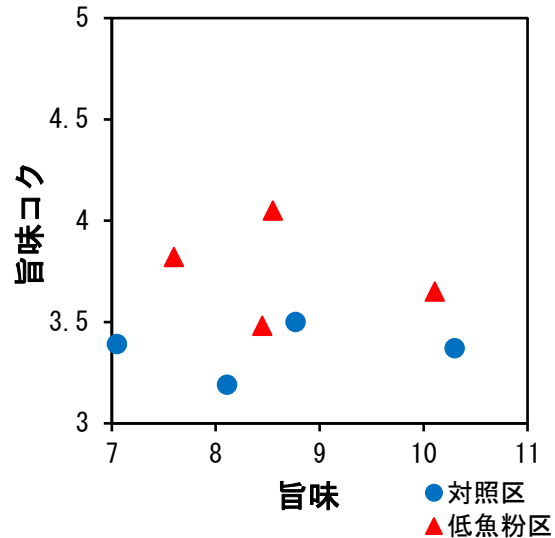
*: 両区間で有意な差が認められた ($p < 0.05$).

表ア 4-3. 鹿児島県 A 業者産ブリ
(2019. 12. 12 取上げ) 熱水エキス中のア
ミノ酸とその類縁体及び核酸関連物質、
乳酸含量 (mg/100mL)

	対照区	低魚粉区
Tau	4.12	4.29
Asp	0.03	0.05
HyPro	0.08	0.11
Thr	0.45	0.63
Ser	0.31	0.35
Glu*	0.81	1.44
Sar	1.40	1.56
Pro	0.16	0.55
Gly	0.57	0.65
Ala*	2.56	3.35
2-ABA	0.05	0.05
Val	0.39	0.37
Met	0.40	0.37
Ile	0.22	0.22
Leu	0.45	0.44
Tyr	0.51	0.36
Phe	0.24	0.25
β -Ala	0.01	0.01
4-ABA	0.01	0.01
His [#]	180.65	181.69
Car*	0.01	0.12
Ans*	4.80	7.49
HyLys	0.02	0.02
Orn*	1.38	0.89
Lys	4.74	4.86
Arg	0.41	0.39
Total	204.77	210.53
ATP	0.73	0.70
ADP	2.89	2.55
AMP	0.49	0.50
IMP	36.49	37.77
HxR	8.76	10.12
Hx	0.21	0.24
Total	49.58	51.88
Lactate	261.30	248.43

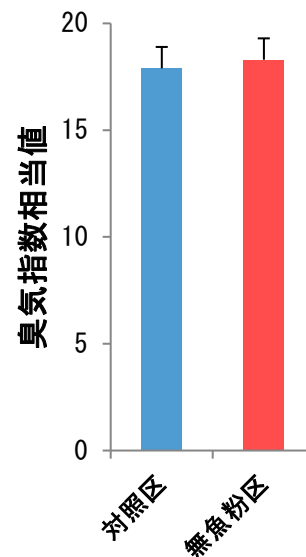
*: 両区間で有意な差が認められた
($p < 0.05$)

#: 低魚粉区は 2 サンプルの平均



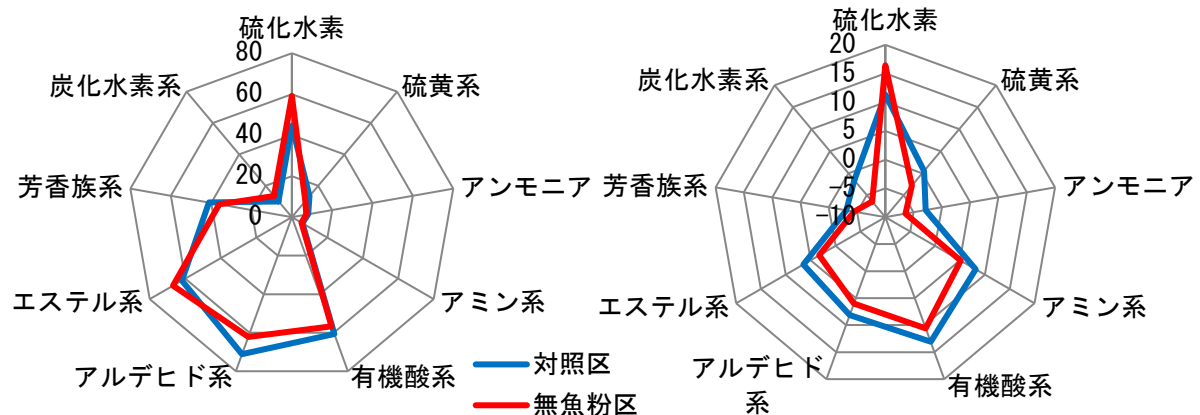
図ア 4-5. 鹿児島県 A 業者産ブリ
(2019. 12. 12 取上げ) の味分析.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋の熱水抽出エキスを味認識装置で分析し、旨味と旨味コクの味強度の推定値を示した。



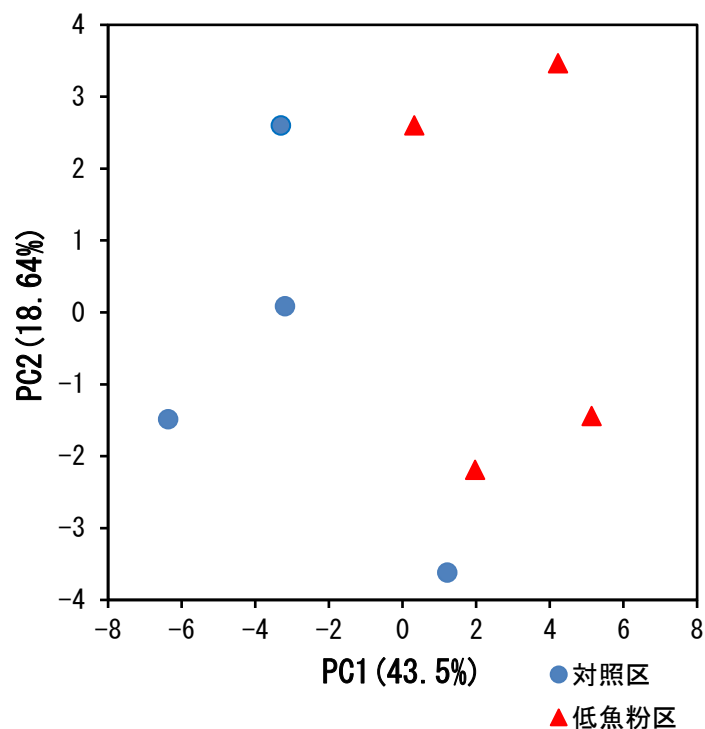
図ア 4-6. 鹿児島県 A 業者産ブリ
(2019. 12. 12 取上げ) の背側普通筋のにおいの強さ.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分をにおい識別装置で分析し、においの強さを臭気指数相当値として表した。



図ア 4-7. 鹿児島県 A 業者産ブリ (2019. 12. 12 取上げ) 背側普通筋のにおいの質の分析.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分をにおい識別装置により分析し、それぞれの平均値をレーダーチャートで表した。左、類似度。；右、臭気寄与。



図ア 4-8. 鹿児島県 A 業者産ブリ (2019. 12. 12 取上げ) 背側普通筋の GC-MS 分析で得られたピーク面積を用いた主成分分析.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分を GC-MS を用いて分析し、得られたピーク面積を用いた相関行列から主成分分析を行った。

表ア 4-4. 対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌した鹿児島県 A 業者産ブリ
(2019. 12. 12 取上げ) 背側普通筋の揮発成分.

ID	化合物名	RI	ピーク面積	
			対照区	低魚粉区
1	Carbon disulfide	799	7, 329, 241	7, 204, 347
2	Acetone	838	9, 416, 900	6, 730, 439
3	2-Octene, (E)-	882	66, 983	55, 852
4	Nonane*	915	991, 544	1, 247, 911
5	2, 4 or 3, 5-Octadiene	927	332, 939	260, 459
6	Ethanol	936	808, 408	726, 550
7	2-Pentanone	971	497, 356	535, 878
8	Decane	1006	946, 603	1, 002, 110
9	α -pinene*	1010	358, 290	138, 414
10	Toluene	1023	626, 078	735, 121
11	α -Fenchene	1070	59, 780	62, 231
12	Undecane	1102	116, 960	125, 716
13	Ethylbenzene	1111	191, 140	230, 270
14	p-Xylene	1124	106, 092	114, 387
15	D-Limonene*	1180	169, 349	149, 463
16	Dodecane*	1199	167, 928	131, 818
17	Unknown	1210	387, 881	348, 676
18	Unknown*	1220	438, 776	390, 131
19	1, 3, 7-Octatriene*	1227	187, 849	136, 097
20	3-Buten-1-ol, 3-methyl-	1236	81, 406	68, 799
21	Unknown*	1256	397, 658	285, 421
22	Acetoin	1260	57, 646	101, 775
23	Unknown*	1266	181, 474	123, 619
24	Tridecane	1298	99, 842	86, 956
25	Tetradecane*	1398	55, 441	39, 672
26	Benzene, 1, 3-dichloro-	1417	346, 153	532, 136
27	Acetic acid	1433	119, 735	126, 122
28	1-Hexanol, 2-ethyl-	1481	73, 859	80, 733
29	Benzaldehyde	1491	40, 409	62, 448
30	Pentadecane	1499	124, 262	105, 142
31	Propylene Glycol	1574	407, 621	704, 619
32	Acetophenone	1617	72, 292	177, 673
Total			25, 257, 891	22, 820, 981

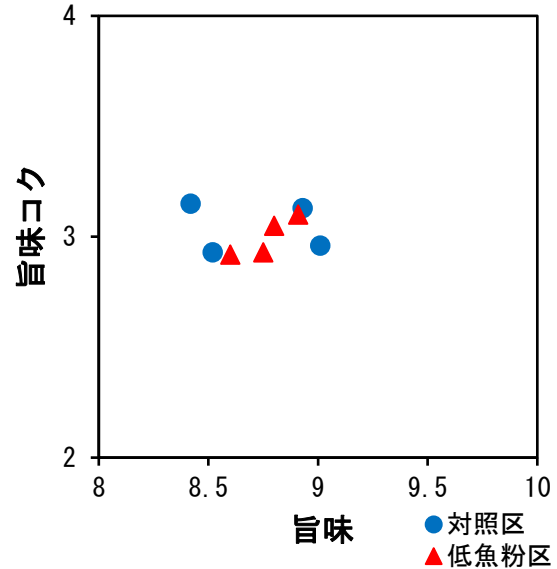
面積の値はそれぞれの試験区 4 個体の平均値で表した.

*: 両区間で有意な差が認められた ($p < 0.05$).

表ア 4-5. 長崎県総合水産試験場
(2020.1.27 取上げ) 熱水エキス中のアミノ酸とその類縁体及び核酸関連物質、乳酸含量 (mg/100mL)

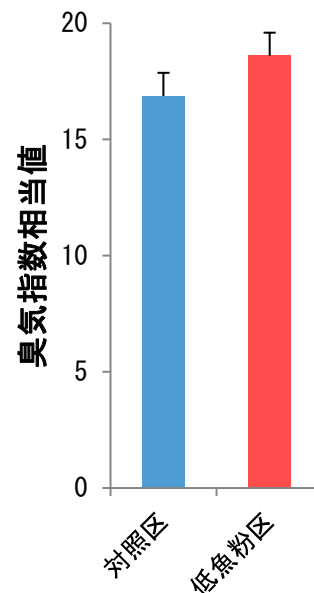
	対照区	低魚粉区
Tau*		
Asp		
HyPro		
Thr		
Ser		
Glu*		
Sar		
Pro		
Gly		
Ala*		
2-ABA		
Val		
Met		
Ile		
Leu		
Tyr		
Phe		
β -Ala		
3-ABA		
4-ABA		
His		
Car*		
Ans		
HyLys		
Orn*		
Lys*		
Arg*		
Total*		
ATP	0.67	0.69
ADP*	3.52	4.04
AMP	0.55	0.56
IMP*	45.55	49.20
HxR	6.29	7.33
Hx	0.12	0.14
Total*	56.70	61.95
Lactate	282.06	291.54

*: 両区間で有意な差が認められた (p<0.05)



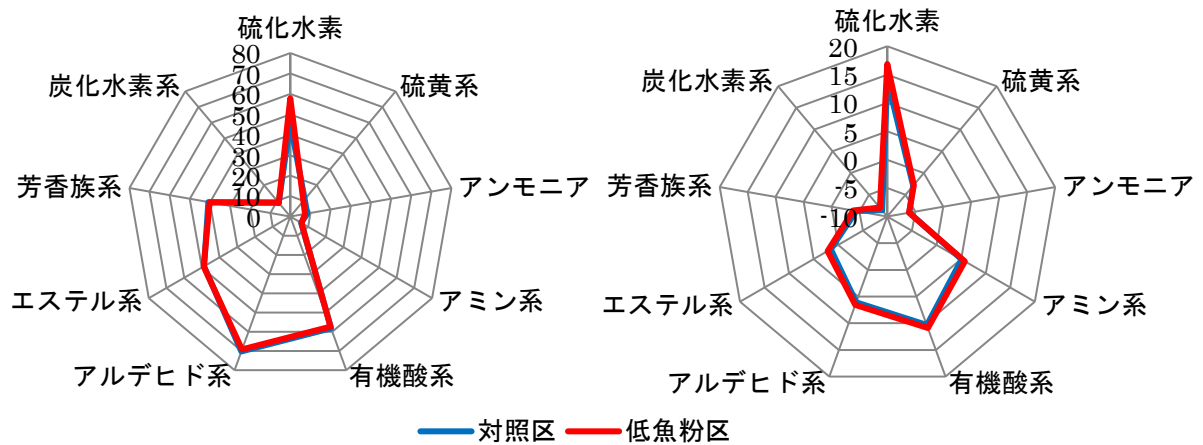
図ア 4-9. 長崎県総合水産試験場
(2020.1.27 取上げ) 産ブリの背側普通筋の味分析.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋の熱水抽出エキスを味認識装置で分析し、旨味と旨味コクの味強度の推定値を示した。

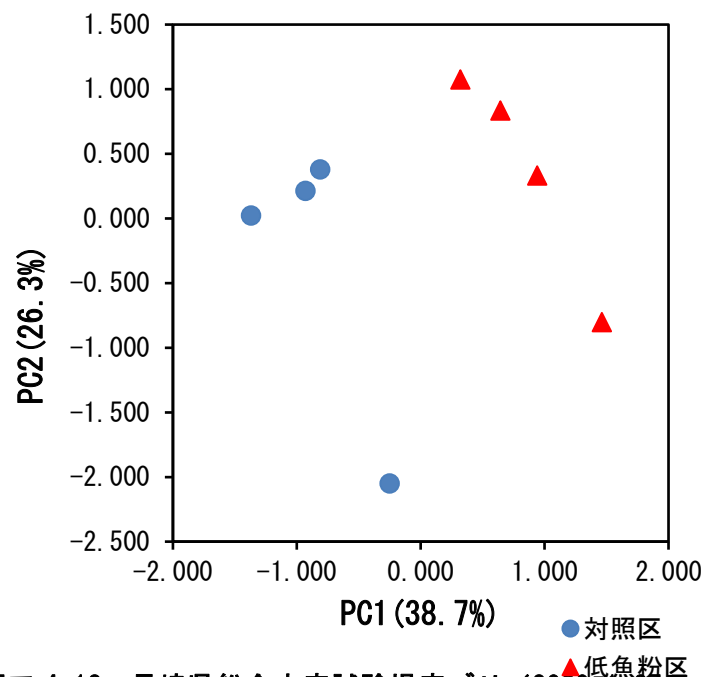


図ア 4-10. 長崎県総合水産試験場産ブリ
(2020.1.27 取上げ) の背側普通筋のにおいの強さ.

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分をにおい識別装置で分析し、においの強さを臭気指数相当値として表した。



図ア 4-11. 長崎県総合水産試験場産ブリ（2020. 1. 27 取上げ）背側普通筋のにおいの質の分析。
 対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分をにおい識別装置により分析し、それぞれの平均値をレーダーチャートで表した。左，類似度。；右，臭気寄与。



図ア 4-12. 長崎県総合水産試験場産ブリ（2020. 1. 27 取上げ）背側普通筋の GC-MS 分析で得られたピーク面積を用いた主成分分析。

対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌したブリ背側普通筋から調製した香気成分を GC-MS を用いて分析し、得られたピーク面積を用いた相関行列から主成分分析を行った。

表ア 4-6. 対照飼料もしくは低魚粉飼料を給餌した長崎県総合水産試験場産ブリ
(2020. 1. 27 取上げ) 背側普通筋の揮発成分.

ID	化合物名	RI	ピーク面積	
			対照区	低魚粉区
1	Carbon disulfide	795	9, 946, 727	10, 556, 433
2	Acetone	835	9, 958, 772	9, 364, 348
3	Nonane *	915	1, 696, 493	1, 259, 401
4	2,4 or 3,5-Octadiene*	925	110, 134	203, 153
5	Ethanol	935	270, 649	234, 128
6	2-Pentanone	970	389, 183	425, 443
7	Decane *	1006	648, 867	800, 749
8	Toluene	1023	578, 066	546, 495
9	1,3,6-Octatriene, (E,E)-	1031	90, 343	83, 319
10	Undecane *	1103	72, 726	104, 328
11	Ethylbenzene	1111	288, 929	263, 721
12	Benzene, 1,3-dimethyl-	1125	124, 695	128, 611
13	1-Penten-3-ol	1158	295, 136	176, 975
14	D-Limonene *	1181	150, 141	125, 593
15	Unknown	1193	44, 773	43, 835
16	Dodecane	1201	94, 722	97, 135
17	Benzene, 1-ethyl-3-methyl- or 4-methyl	1203	109, 473	101, 848
18	Unknown*	1212	235, 889	324, 732
19	Unknown*	1221	265, 112	355, 034
20	1,3,7-Octatriene *	1229	116, 466	145, 593
21	Styrene	1236	55, 946	64, 557
22	3-Buten-1-ol, 3-methyl-	1238	83, 601	97, 520
23	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	1257	153, 120	143, 782
24	Unknown*	1258	221, 538	285, 524
25	Unknown*	1264	26, 824	18, 360
26	Unknown*	1267	108, 607	130, 024
27	Tridecane	1300	72, 497	72, 504
28	Nonanal	1378	15, 199	16, 729
29	Tetradecane	1400	37, 520	34, 653
30	1-Hexanol, 2-ethyl-	1483	44, 013	51, 653
31	Benzaldehyde	1493	38, 270	43, 050
32	Pentadecane	1501	65, 508	73, 506
33	Acetophenone	1620	113, 079	137, 333
合計			26, 523, 013	26, 510, 068

面積の値はそれぞれの試験区 4 個体の平均値で表した.

*: 両区間で有意な差が認められた ($p < 0.05$).