

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：23401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03047

研究課題名(和文) 持続可能な養殖業の為に無魚粉無魚油飼料開発に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Studies on the development of non-fishmeal/non-fish oil feed for sustainable aquaculture

研究代表者

佐藤 秀一 (Sato, Shuichi)

福井県立大学・海洋生物資源学部・教授

研究者番号：80154053

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：持続可能な養魚飼料開発の為に、海水魚用無魚粉・無魚油飼料の開発のための基礎的研究を行った。海水魚は必須脂肪酸としてEPAやDHAを要求するが、そこでDHAを多量に産生する微細藻類の一種、シゾキトリウムを乾燥した粉末を用いて、無魚粉・無魚油飼料の開発を行った。まず、マダイを用いて、要求量を満足するようにシゾキトリウム粉末を配合し、給餌した結果、魚粉・魚油配合飼料と遜色の無い、飼育成績が得られた。同様に、ブリを用いて、実験を行ったが、摂餌が極端に悪く、ほとんど成長しなかった。そこで、摂餌誘因物質を添加することにより摂餌が改善され、魚油配合飼料と同様の成長が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界的に水産養殖が発展し、飼料の重要性が増して来た。そこで、魚類栄養学の持つ意味も非常に重要になった。本研究成果は魚類の脂質要求に関する基礎的・応用的研究であり、海水魚の脂質代謝に関する遺伝子発現情報や微細藻類に含まれる脂質の魚類における利用性を明らかにすることができたのみにかかわらず、海水魚における無魚粉無魚油飼料の開発に成功し、持続可能な水産養殖業を行う為の基礎的知見が得られたものと思われる。

研究成果の概要(英文)：Basical research for development of non-fish meal/non-fish oil feed for marine fish was conducted to develop the sustainable aquafeed. Marine fish require EPA and/or DHA as essential fatty acids. Therefore, non-fish meal/non-fish oil feed for marine fish was developed by using the dried powder of Schizochitrium which is microalgae rich in DHA. Firstly, a feeding experiment was conducted by using the experimental diet formulated with Schizochitrim powder at the level of DHA requirement. After a feeding trial, identical result was obtained between fish meal/fish oil based diet and non-fish meal/non-fish oil diet with Schizochitrium. A similar kind of experiment was conducted with yellowtail, however, palatability of the diet was too weak to grow. Thefore feed stimulant supplementation improved the feeding activity and resulted a similar growth as fish oil diet.

研究分野：魚類栄養学

キーワード：無魚粉飼料 無魚油飼料 シゾキトリウム EPA DHA 持続可能な養魚飼料

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界の水産養殖生産量は年々増大し、特に飼料を給餌して行う給餌養殖の生産量は養殖生産量の中でも、著しく増大している。このような状況のなかで、その飼料の主な原料となる魚粉および魚油の生産量は、その原料魚の資源保護のために著しく減少傾向にある。また、魚油に含まれているエイコサペンタエン酸(EPA)およびドコサヘキサエン酸(DHA)は海水魚の必須脂肪酸であり、陸上の植物では生産できない脂肪酸である。そのため、魚油に依存する養殖用飼料を給餌し続けると、水生動物の減少や養殖生産量の増大も図れない。そこで、魚油に頼らない生産するための利用するための必要な基礎的知見の集積を行う。

2. 研究の目的

世界の水産養殖生産量は年々増大し 2012 年には、肉牛生産量を上回るようになった。特に飼料を給餌して行う給餌養殖生産量は養殖生産量の中でも、著しく増大している。このような状況のなかで、その飼料の主な原料となる魚粉および魚油の生産量は、その原料魚の資源保護のために著しく減少傾向にある。さらに、それらの原料魚は他の魚、鳥や海獣の餌にもなるもので、他の動物を保護するためにも、原料魚を保護する必要がある。また、魚油に含まれているエイコサペンタエン酸(EPA)およびドコサヘキサエン酸(DHA)は海水魚の必須脂肪酸であり、陸上の植物では生産できない脂肪酸である。そのため、魚油に依存する養殖用飼料を給餌し続けると、水生動物の減少や養殖生産量の増大も図れない。そこで、魚油に頼らない生産するための利用するための必要な基礎的知見の集積を行う。

3. 研究の方法

令和元年度は、次のような実験を行った。1. 魚粉を配合しない無魚粉飼料をブリ 1 歳魚に給餌しても魚粉主体飼料と同等の成績が得られることがわかっているため、魚粉の配合量を 0%とし、EPA や DHA の供給源となるクロレラ、ナンノクロロプシス、シゾキトリウム等の微細藻類や各種植物性飼料原料を配合しタンパク質レベルを調整した飼料を作製し、その飼料の性能をマダイに給餌して検討した。(佐藤・芳賀) 2.EPA や DHA 産生する微細藻類より抽出した油脂の魚油代替効果をニジマス、ブリを用いて検討する。(佐藤・芳賀) 3.広塩性のニジマスおよびティラピアに異なる塩分の飼育水で飼育し、植物性飼料原料主体とした無魚粉・無魚油飼料を給餌した場合の飼育成績、栄養素の利用性ならびに栄養素の代謝過程を検討するとともに、脂肪酸代謝酵素である脂肪酸長鎖化酵素、脂肪酸不飽和化酵素の活性と関連遺伝子である *csd*, *elov15*, *fads5/6* の発現量を検討した。(佐藤・坂本) 4. 植物性飼料原料を配合した無魚粉飼料へのタウリンの添加量の効果をマダイを用いて検討した。5. 低魚粉無魚油飼料をニジマスに給餌すると筋肉中の DHA 含量が低下するが、リノレン酸を含む亜麻仁油とピリミジン核酸を添加した飼料をニジマスに給餌し、筋肉中の DHA 含量に及ぼす影響を検討した。6.上記実験より、無魚粉飼料に適した飼料原料を把握するとともに、遺伝子組換え飼料原料の利用性ならびに安全性を検討することができる。特に必須脂肪酸源としての有効性は大変興味深い結果となることであろう。また、脂質代謝と飼育水の塩分との相互作用に関する基礎資料を集積し、さらに性能のよい飼料の開発を検討した。(全員)

令和 2 年度は、前年度の結果に従い、次のような実験を行った。1.魚粉の配合量を 0%とし、EPA や DHA の供給源となるクロレラ、ナンノクロロプシスの微細藻類やシゾキトリウムから抽出した脂質や各種植物性飼料原料を配合しタンパク質レベルを調整した飼料を作製し、その飼料の性能をブリに給餌して検討した。(佐藤・芳賀) 2.魚粉代替飼料原料のゴマミールを配合した飼料を作製し、ブリに給餌し取り上げ後の可食部は変色に効果があるか検討した。(佐藤・坂本) 3. 低魚粉飼料に配合するコーングルテンミールの色揚げに及ぼす影響をニジマスとマダイで検討した。(芳賀、壁谷) 4.ニジマスの脂質代謝に核酸が影響を及ぼすことがわかった。(Aquaculture Research, 50(8), 2218-2230, 2019) そこで、低魚粉無魚油飼料にリノレン酸を含む亜麻仁油とプリン核酸を添加した飼料をニジマスに給餌した DHA 産生能に最も影響する核酸の種類とその添加量について検討した。(佐藤・芳賀) 5. 上記実験より、無魚粉無魚油飼料に適した飼料原料を把握するとともに、その利用性ならびに安全性を検討することができる。特に必須脂肪酸源としての有効性は大変興味深い結果となることであろう。また、脂質代謝と飼育水の塩分との相互作用に関する基礎資料を集積し、さらに性能のよい飼料の開発を検討した。(全員)

令和 3 年度は、前年度の結果に従い、次のような実験をおこなう。1.魚粉の配合量を 0%とし、シゾキトリウムから抽出した脂質を配合するとともに飼料の摂餌性を改善するために昆虫ミール、動物タンパク質等の各種飼料原料を配合した飼料を作製し、その飼料の性能をブリに給餌して検討した。(佐藤・芳賀) 2.植物性飼料原料主体とした無魚粉・無魚油飼料をブリに給餌した場合の飼育成績、栄養素の利用性ならびに栄養素の代謝過程を検討すると

ともに、脂肪酸代謝酵素である脂肪酸長鎖化酵素、脂肪酸不飽和化酵素の活性と関連遺伝子である *csd*, *elovl5*, *fads5/6* の発現量の検討ならびにトランスクリプトーム解析を行った。(坂本・壁谷) 3. 新たな魚粉代替飼料原料として、濃縮ライスタンパク質について、ニジマスを用いて検討した(芳賀、壁谷) 4. 魚粉代替タンパク源としての昆虫ミールの栄養価改善をミールワームを用いて行った(佐藤、芳賀) 5. 上記実験より、無魚粉無魚油飼料に適した飼料原料を把握するとともに、その利用性ならびに安全性を検討することができる。特に必須脂肪酸源としての有効性は大変興味深い結果となることであろう。また、脂質代謝とタウリン代謝との相互作用に関する基礎資料を集積し、さらに性能のよい飼料の開発を検討した。(全員)

令和4年度は、前年度の結果に従い、次のような実験をおこなう。1. 魚粉の配合量を0%とし、DHAを産生するシゾキトリウムの乾燥粉末や各種植物性飼料原料を配合し、飼料の摂餌性を改善するために動物性タンパク質を配合添加した飼料を作製し、その飼料の性能をブリに給餌して検討する。また、無魚粉・無魚油飼料では摂餌が魚粉・魚油主体飼料に比較し、摂餌が劣る傾向があるので、摂餌誘因剤の検討を予め行った後に試験飼料の作製を行った(佐藤・芳賀) 2. 魚粉に代わる有用なタンパク質源として有望な昆虫ミールの中でも特に注目されているアメリカミズアブミールの有効性をマサバを用いて検討した(佐藤) 3. 高タンパク大豆ミール(CP66%)の利用性を、ニジマスを用いて脱脂大豆油粕(CP48%)、濃縮大豆タンパク(CP64%)と比較した。(坂本・壁谷) 4. 各社魚類におけるタウリンを代謝経路を検討し、タウリン源になり得る飼料原料の探索を行う(芳賀、壁谷) 5. 上記実験より、無魚粉無魚油飼料に適した飼料原料を把握するとともに、その利用性ならびに安全性を検討することができる。特に必須脂肪酸源としての有効性は大変興味深い結果となることであろう。また、脂質代謝とタウリン代謝との相互作用に関する基礎資料を集積し、さらに性能のよい飼料の開発を検討した。(全員)

4. 研究成果

令和元年度

魚粉を配合しない飼料に、エイコサペンタエン酸(EPA)やドコサヘキサエン酸(DHA)を含有する微細藻類のナンノクロロプシス、シゾキトリウムの乾燥粉末、さらに淡水クロレラを配合した飼料をマダイに給餌した結果、EPAやDHAを含まない飼料に比較し、ナンノクロロプシス配合飼料では飼育成績の改善がみられた。さらにシゾキトリウムを配合するとさらに成長が改善された。また、ナンノクロロプシスとシゾキトリウムを併用配合すると最も成長が良くなった。これらのことより、マダイにおいてはナンノクロロプシスとシゾキトリウムを併用配合し、EPAとDHAを供給することにより無魚粉無魚油飼料が開発できることがわかった。つぎにDHAとEPAを含む異種株のシゾキトリウムより抽出した油脂を無魚粉無魚油飼料に配合した飼料をブリに給餌した結果、油脂の配合量により成長は改善されたが、魚油を配合した飼料に匹敵する結果は得られなかった。この原因として、摂餌が芳しくないことがあげられた。また、植物性飼料原料を配合した無魚粉飼料へのタウリンの添加量の効果をマダイを用いて検討した結果、マダイの要求量よりも添加量を増加した方が飼育成績が向上した。このことより、植物性飼料原料の配合量を増加させた場合には、その添加量を増量した方がよいことがわかった。また、低魚粉無魚油飼料をニジマスに給餌すると筋肉中のDHA含量が低下するが、リノレン酸を含む亜麻仁油とピリミジン核酸を添加した飼料をニジマスに給餌すると筋肉中のDHA含量が増加することがわかった。このことより、ピリミジン核酸が脂肪酸の代謝に影響を及ぼしているのではないかと推察された。また、新たなタンパク質源としてのコメ濃縮タンパク質の利用性をニジマスにおいて検討した。その結果、生産ロットにより利用性の高いものとそうではないものがあることがわかった。

令和2年度

魚粉を配合しない飼料に、魚油を配合した飼料、エイコサペンタエン酸(EPA)含む微細藻類のナンノクロロプシスの乾燥粉末とドコサヘキサエン酸(DHA)を産生するシゾキトリウムから抽出した油を配合した飼料をブリに給餌した結果、魚油を配合すると魚粉主体飼料と同様の摂餌、成長が得られたが、魚油を配合しないで、シゾキトリウム由来の油脂単独、あるいはナンノクロロプシス粉末を併用配合した飼料区では、摂餌が不活発となり、成長が劣る結果となった。この結果は昨年度のマダイの結果とは異なり、ブリにおいてはEPA含むナンノクロロプシスの併用効果は見られなかった。つぎに、低魚粉飼料にゴマ油粕を配合した飼料をブリに給餌した結果、摂餌の低下は見られなかったが、成長がやや低下した。また、ゴマミールを配合したブリの可食部は調理後の変色が抑えられる傾向がみられた。これは、ゴマミールに含まれているポリフェノールの影響と考えられる。また、低魚粉飼料に配合するコーングルテンミールの色揚げに及ぼす影響をニジマスとマダイで検討した結果、コーングルテンミールに含まれている黄色色素のゼアキサンチン等が赤色色素のアスタキサンチンの沈着と競合し、マダイとニジマスの色揚げに影響を及ぼすことがわかった。さらに低魚粉無魚油飼料をニジマスに給餌すると筋肉中のDHA含量が低下する

が、リノレン酸を含む亜麻仁油とプリン 核酸を添加した飼料をニジマスに給餌した結果、ピリミジン核酸の添加とは異なり筋肉中の DHA 含量が増加しないことがわかった。このことより、ピリミジン核酸 が脂肪酸の代謝に影響を及ぼしているのではないかと推察された。

令和3年度

魚粉を配合しない飼料に、魚油を配合した飼料、エイコサペンタエン酸(EPA)含む微細藻類のナンノクロロブシスの乾燥粉末とドコサヘキサエン酸(DHA)を産生するシゾキトリウムから抽出した油を配合した飼料をブリに給餌した結果、魚油を配合すると魚粉主体飼料と同様の摂餌、成長が得られたが、魚油を配合しないで、シゾキトリウム由来の油脂単独、あるいはアメリカミズアブ粉末、あるいはチキンミールを併用配合した飼料区では、摂餌が不活発となり、成長が劣る結果となった。この結果はマダイの結果とは異なり、ブリにおいてはアメリカミズアブやチキンミール等の動物性原料の併用効果は見られなかった。また、これらの試験魚について、トランスクリプトーム解析を行った結果、脂質代謝に関する遺伝子では、大きな変化はみられなかった。また、新たな魚粉代替飼料原料として、濃縮ライスタンパク質について、ニジマスを用いて検討した結果、濃縮ライスタンパク質を酵素等により処理することで、利用率が高まることかわかった。さらに魚粉代替タンパク源としての昆虫ミールの栄養価改善をミールワームを用いて行ったが、DHA 等を含む魚粉を摂餌させたが、ミールワーム中の DHA 含量の増加はなかった。ニジマスの肝臓細胞の培地に核酸を添加して培養し、脂肪酸組成と脂質代謝関連遺伝子の発現を調べるとともに、異なる濃度の核酸の効果についても検討した。その結果、24 時間後には脂肪酸不飽和化酵素遺伝子の発現が増加した。核酸添加培地で培養すると DHA レベルの有意な増加が見られた。

令和4年度

魚粉を配合しない無魚粉飼料をブリ 1 歳魚に給餌しても魚粉主体飼料と同等の成績が得られることがわかっているため、魚粉の配合量を 0%とし、DHA を産生するシゾキトリウムの乾燥粉末や各種植物性飼料原料を配合し、飼料の摂餌性を改善するために動物性タンパク質を配合添加した飼料を作製し、その飼料の性能をブリに給餌して検討した。また、無魚粉・無魚油飼料では摂餌が魚粉・魚油主体飼料に比較し、摂餌が劣る傾向があるので、摂餌誘因剤の検討を予め行った後に試験飼料の作製を行った。その結果、新たな摂餌誘因物質を用いることで、ブリが無魚粉魚油飼料と同様に摂餌する無魚粉無魚油飼料の作製に成功した。この飼料 を摂餌したブリは、無魚粉魚油飼料と同様の飼育成績を示した。また、魚粉に代わる有用なタンパク質源として有望なアメリカミズアブミールの利用率をマサバ稚魚を用いて検討した。その結果、魚粉由来のタンパク質をアメリカミズアブミールで 50% 代替しても、何ら問題がないことがわかった。さらに、アメリカミズアブミールに含まれている中鎖脂肪酸のラウリン酸をエネルギー源として有効に利用していることも示唆された。高タンパク大豆ミール(CP66%)の利用率を、ニジマスを用いて脱脂大豆油粕(CP48%)、濃縮大豆タンパク(CP64%)と比較したところ、成長には有意な差がなく、ニジマス用飼料のタンパク源として利用できることが示唆された。また、魚類のグルタミン酸脱炭酸酵素様酵素(GADL1)とシステインスルフィン酸脱炭酸酵素(CSAD)のアミノ酸配列から活性を予測し、各酵素の活性ごとに魚類を複数のグループに分類した。その結果、魚類のCSADおよびGADL1は各々6種類と4種類に分類され、ニジマス、ティラピア、ニベ、ウナギにおける発現組織パターンは魚種ごとに異なった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 K.Nakamura, M.M.Gonzales-Plasus, T.Ushigusa-Ito, R.Masuda, N.Kabeya, H.Kondo, I.Hirono, S.Satoh, Y.Haga	4. 巻 87
2. 論文標題 Taurine synthesis via the cysteic acid pathway: Effect of dietary cysteic acid on growth, body taurine content, and gene expression of taurine-synthesizing enzymes, growth hormone, and insulin-like growth factor 1 in Japanese flounder <i>Paralichthys olivaceus</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 353-363
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-021-01500-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 A.Rudwanudin, F.Kasuya, N.Kabeya, Y.Haga, S.Satoh	4. 巻 52
2. 論文標題 Interactive effect of dietary fish oil and pyrimidine nucleotides supplementation on the fatty acid composition of juvenile rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> : Enhancement of ARA and DHA contents in the fillet of fish fed supplemented diet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 4934-4945
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/are.15327	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T.K.Seong, R.Kitagima, NKabeya, Y.Haga, S.Satoh	4. 巻 52
2. 論文標題 Microalgae as main ingredient for fish feed: non-fish meal and non-fish oil diet development for red sea bream, <i>Pagrus major</i> , by blending of microalgae <i>Nannochloropsis</i> , <i>Chlorella</i> and <i>Schizochytrium</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 6025-6036
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/are.15463	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T.K.Seong, J.Matsuyoshi, NKabeya, Y.Haga, R.Kitagima, J.Miyahara, T.Koshiishi, S.Satoh	4. 巻 53
2. 論文標題 Utilization of microalgae Schizochytrium sp. in non-fish meal, non-fish oil diet for yellowtail (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 2042-2052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.15732	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T.G.Seong, R.Kitagima, Y.Haga, S.Satoh	4. 巻 26
2. 論文標題 Non-fish meal, non-fish oil diet development for red sea bream, <i>Pagrus major</i> , with plant protein and graded levels of <i>Schizochytrium</i> sp.: Effect on growth and fatty acid composition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquaculture Nutrition	6. 最初と最後の頁 1173-1185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/anu.13074	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I.A.Fauzi, Y.Haga, H.Kondo, I.Hirono, S.Satoh	4. 巻 528
2. 論文標題 Dietary citrulline improves survival of rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> juveniles challenged with <i>Vibrio anguillarum</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 735491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aquaculture.2020.735491	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 R.Santizo-Taana, Y.Haga, S.Satoh	4. 巻 51
2. 論文標題 Utilization of combined extruded soybean and corn gluten meals as feed ingredients for juvenile rainbow trout, <i>Oncorhynchus mykiss</i> diet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 3829-3838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.14731	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 K.Nakamura, M.M.Gonzales-Plasus, T.Ushigusa-Ito, R.Masuda, N.Kabeya, H.Kondo, I.Hirono, S.Satoh, Y.Haga	4. 巻 87
2. 論文標題 Taurine synthesis via the cysteic acid pathway: Effect of dietary cysteic acid on growth, body taurine content, and gene expression of taurine-synthesizing enzymes, growth hormone, and insulin-like growth factor 1 in Japanese flounder <i>Paralichthys olivaceus</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 353-363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-021-01500-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A.Rudwanudin, Y.Haga, S.Satoh	4. 巻 50
2. 論文標題 Effect of nucleotides supplementation to low fish meal feed on long-chain polyunsaturated fatty acids composition of juvenile rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 2218-2230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.14103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T.G.Seong, H.Matsutami, Y.Haga, R.Kitagima, S.Satoh	4. 巻 50
2. 論文標題 First step of non-fish meal and non-fish oil diet development for red seabream, (<i>Pagrus major</i>), with plant protein sources and microalgae <i>Schizochytrium</i> sp.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 2460-2468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.14199	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 F.Li, Y.Haga, H.Kondo, I.Hirono, S.Satoh	4. 巻 67
2. 論文標題 Effect of graded levels of taurine supplementation to non-fishmeal diet on growth, nutrient digestibility, intestinal morphology and cytokines gene expression of juvenile red seabream, <i>Pagrus major</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture Science	6. 最初と最後の頁 333-346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 S.Tansutaphanit, Y.Haga, N.Kabeya, H.Kondo, I.Hirono, S.Satoh
2. 発表標題 Purine nucleotide affects fatty acid profile of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) through regulation of srebp-1 in the liver and its downstream factors such as fatty acid desaturase and elongase
3. 学会等名 International Symposium on Fish Nutrition and Feeding 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 G.Yaman, S.Ueda, T.Takino, N.Kabeya, S.Satoh, Y.Haga
2. 発表標題 Does enzyme complex treatment improve feed performance of rice protein concentrate-based low fishmeal diet for rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
3. 学会等名 International Symposium on Fish Nutrition and Feeding 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T.Seong, S.Feng, N.Kabeya, Y.Haga, S.Satoh
2. 発表標題 Evaluation of yellow mealworm, (<i>Tenebrio molitor</i>) as a partial replacement of plant-based ingredients in the non-fish meal diets for red sea bream (<i>Pagrus major</i>)
3. 学会等名 International Symposium on Fish Nutrition and Feeding 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K.Nagamura, M.M.Gonzales-Plasus, T.Ushigusa-Itoh, R.Masuda, H.Kondo, I.Hirono, N.Kabeya, Y.Haga, S.Satoh
2. 発表標題 Cysteic acid pathway: biosynthesis of taurine in Japanese flounder, <i>Paralichthys olivaceus</i>
3. 学会等名 International Symposium on Fish Nutrition and Feeding 2020
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 G.Yaman, S.Ueda, T.Takino, N.Kabeya, S.Satoh, Y.Haga
2. 発表標題 Effects of fishmeal replacement with an enzyme complex-treated rice protein concentrate on growth performance and feed utilization of rainbow trout
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中尾駿介, 壁谷尚樹, 芳賀 穰, 佐藤秀一
2. 発表標題 ニジマスおよびマダイの色揚げに及ぼすコーングルテンミール配合飼料の影響
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sanikan Tansutaphanit, Yutaka Haga, Naoki Kabeya, Hidehiro Kondo, Ikuo Hirono, Shuichi Satoh
2. 発表標題 Effect of graded levels of guanosine monophosphate supplementation on growth, fatty acid composition and lipid metabolism-related genes expression of juvenile rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Asep Ridwanudin, Naoki Kabeya, Yutaka Haga, Shuichi Satoh
2. 発表標題 Effect of purine and mixed-nucliotides supplementation to low fish meal and fish oil-based diet on growth and fatty acid metabolism of juvenile rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i>
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村康平、Gonzales M.M.、伊藤智子、益田玲爾、廣野育生、芳賀 穰、佐藤秀一
2. 発表標題 飼料へのシステイン酸の添加がヒラメ稚魚のタウリン含量および成長成績に及ぼす影響
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤秀一
2. 発表標題 ベジタリアン養殖魚が食卓を変える
3. 学会等名 日本農学会2019年度シンポジウム SDGsを超える農学のブレイクスルー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芳賀 穰、高橋恵里香、佐藤秀一
2. 発表標題 ニジマス用低魚粉飼料におけるコメ濃縮タンパク質(RPC)の利用性：生産ロットの異なるRPCの影響
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 淡水魚用配合飼料及び淡水魚の筋肉内ドコサヘキサエン酸の製造方	発明者 佐藤秀一、アセップ ルドウィジ、糟 谷、芳賀 穰	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020- 50774	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	芳賀 穣 (Haga Yutaka) (00432063)	東京海洋大学・学術研究院・准教授 (12614)	
研究分担者	坂本 崇 (Sakamoto Takashi) (40313390)	東京海洋大学・学術研究院・教授 (12614)	
研究分担者	壁谷 尚樹 (Kabeya Naoki) (90758731)	東京海洋大学・学術研究院・助教 (12614)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関