

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03960

研究課題名(和文)新規昆虫由来機能性多糖の魚類免疫系への分子作用機構の解明と実用化への展開

研究課題名(英文)Molecular analysis for a novel functional poly saccharide from insects and its application in aquaculture

研究代表者

三浦 猛 (Miura, Takeshi)

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：00261339

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,500,000円

研究成果の概要(和文)：カイコ由来機能性多糖シルクローズが魚介類へ及ぼす作用の解析と、水産養殖への有効利用法の開発を行った。メダカおよびゼブラフィッシュを用いてシルクローズの耐病性付与効果を病原性細菌の感染試験により確かめたところ、両種とも耐病性が向上した。両種の免疫関連器官のシルクローズ処理による遺伝子発現の変化を網羅的遺伝子発現解析によって調べたところ、免疫機能、脂質代謝および酸化還元に関連する遺伝子の有意な発現変化が認められた。養殖漁場でシマアジとブリのシルクローズに対する効果を調べたところ、ストレス低減、外部寄生虫の減少、致死率の低下および身質の改善が認められ、シルクローズの養殖への利用の有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、研究代表者のグループが世界に先駆け発見した昆虫由来の機能性多糖の魚類および甲殻類に対する作用とその機構を分子レベルで明らかにした新規性および進歩性が高い研究であり、学術的に意義のある研究である。また、学術研究の成果を実際の産業に応用することを目指した研究であり、水産養殖での効果的な利用法を提案することができた。本研究でその作用メカニズムおよび水産養殖での効果の詳細を調べたカイコ由来のシルクローズは、近年製品化され、既に多くの養殖生産者が使用し、養殖の効率化に貢献しており、本研究の社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The effects of silkworm-derived functional polysaccharide, silkrose, were analyzed on fish and a method for its effective application in aquaculture was developed. The effect of silkrose on disease resistance in medaka (*Oryzias latipes*) and zebrafish (*Danio rerio*) was examined by challenge tests with pathogenic bacteria, *Edwardsiella tarda*, and disease resistance was improved in both species. Comprehensive gene expression analysis revealed significant changes in the expression of genes related to immune function, lipid metabolism, and oxidation-reduction in immune-related organs of both species. The effects of silkrose on white trevally and yellowtail in aquaculture were examined, and stress reduction, reduction of external parasites, reduction of mortality, and improvement of fish quality were observed, indicating the beneficial effects of the use of silkrose utilization in aquaculture.

研究分野：魚類生理学

キーワード：機能性多糖 昆虫 養殖 免疫 身質

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

魚類養殖では、生産にかかる経費の約1割は疾病対策に関するものであり、病気の発生を如何に抑えるかが、生産の効率化につながる。ワクチン接種は有効な魚病抑制法ではあるが、水産養殖は畜産と異なり対象となる種数が多く、各魚種の市場規模が小さいため、ワクチンで対応できる魚病は限定的である。また、世界的に養殖が盛んなエビ類は、無脊椎動物であるため、そもそも獲得免疫が存在しないのでワクチン自体が作製できない。細菌性の疾病に対しては、抗生物質の利用が有効であるが、近年水産養殖の分野でも薬剤耐性菌の発生が問題となっており、海洋環境の保全の観点から、今後は抗生物質の利用を極力抑える必要がある。このような状況の中、養殖魚自体の免疫力を向上させ、環境への負荷の少ない天然由来の機能性物質の開発に、世界中から大きな期待が寄せられている。

## 2. 研究の目的

本研究では、これら新規昆虫由来免疫賦活化多糖の作用機構の分子レベルでの解明と水産養殖への利用技術の開発を目指す。このような物質を実際の養殖で普及するためには、安価に大量に供給できることが条件となる。そこで本研究では、原料が大量に、しかも安価に入手できるカイコサナギ由来のシルクロースを対象とし、シルクロースの魚類免疫系への作用機構の分子レベルでの解析、高比活性シルクロースの生産技術の開発、実際の養殖対象種での効果の確認、および実際の養殖条件での実証試験を行い、同物質の養殖業への普及に向けた基礎データを蓄積する。

## 3. 研究の方法

### (1) シルクロースの魚類等免疫系への分子作用メカニズムの解明

メダカおよびゼブラフィッシュを実験モデルとしてシルクロースの生体内での挙動と作用機構を以下の方法により分子レベルで詳細に解析した。

メダカおよびゼブラフィッシュにシルクロースを経口投与し、免疫に関わる器官のうち、腸、肝臓および皮膚での遺伝子の発現変化をRNAシーケンスによる網羅的遺伝子発現解析により調べた。またRNAシーケンスの結果に基づき、シルクロースの経口投与により各免疫関連器官でユニークな発現挙動を示し、免疫システムに関わると考えられる因子を特定し、シルクロースの免疫賦活化の作用機序を推察した。

特に、腸管での作用が予想されたので、ラットの腸上皮由来のIEC6細胞を用いてシルクロースの刺激により発現が変化する遺伝子の解析を生体外で行い、シルクロースの腸上皮細胞に対する直接的な作用を解析した。

シルクロースの細胞への作用を分子レベルで解析するために、シルクロースに対するポリクローナル抗体を作製し、経口投与したシルクロースの挙動を、免疫組織学的に解析した。

### (2) シルクロースの産生メカニズムの解析と効率的な生産・加工方法の開発

シルクロース含有量の高いサナギ生産のためのカイコの育成方法の開発、活性を低下

させないサナギ処理方法と貯蔵方法の開発、およびカイコ系統によるシルクローソ含有量の差の有無を検討した。

### (3) シルクローソの養殖対象魚種への作用の解明と養殖漁場での実証試験

養殖魚種を用いて、実験室レベルでシルクローソの免疫賦活化効果を確かめた。

シルクローソを給餌したブリ幼魚およびマダイ幼魚を用いて、細菌性 (*Edwardsiella tarda*)、ウィルス性 (*Iridoviridae*)、更には寄生虫病 (*Benedenia seriola*) に対する強制感染試験を行い、個体レベルでシルクローソの養殖魚に対する耐病性効果を調べた。また、シルクローソを経口投与した養殖魚種の魚体サンプルから調整した皮膚の全 RNA を用いて次世代シーケンサーによる網羅的遺伝子発現差解析を行い、シルクローソの免疫器官への分子レベルでの作用機序を調べた。

シルクローソの獲得免疫系を持たない甲殻類への作用をバナメイエビおよびクルマエビに関しても、シルクローソを経口投与により病原性細菌 *Vibrio penaeicida* に対する耐性を獲得するか否かを強制感染試験により調べた。また、上述の魚類と同様に、シルクローソを経口投与したバナメイエビの肝臓、腸および鰓の全 RNA を用いて次世代シーケンサーによる網羅的遺伝子発現差解析を行い、シルクローソの免疫器官への分子レベルでの作用を調べた。

愛媛県宇和海の養殖漁場で、シルクローソを添加した飼料をブリおよびシマアジに給餌し、養殖魚への影響を観察し、実際の養殖条件でのシルクローソの致死率、成長、寄生虫感染および身質等に関する有効性を検証した。

## 4. 研究成果

### (1) シルクローソの魚類等免疫系への分子作用メカニズムの解明

シルクローソの経口投与によるメダカおよびゼブラフィッシュへの影響を分子レベルで解析した。シルクローソの投与は、メダカおよびゼブラフィッシュのいずれの魚種に対しても、病原性細菌 *E. tarda* に対する耐性が付与されることが、同細菌による強制感染試験により確認された。

シルクローソを経口投与したメダカの肝臓および腸の RNA シーケンスによる網羅的遺伝子発現解析の結果、いずれの器官に関しても脂質代謝、酸化還元および免疫機能に関連する遺伝子の発現変化の頻度が高いことが明らかとなった。これらの遺伝子のうち、特に腸および肝臓で免疫に関わると考えられる 4 遺伝子、肝臓で多価不飽和脂肪酸の代謝に関わる 1 遺伝子、腸管で酸化還元に関わる 1 遺伝子と ATP 産生に関わる 1 遺伝子を選択し、定量 PCR による発現解析を行ったところ、いずれの遺伝子に関しても、シルクローソの経口投与により有意に発現が上昇することが明らかとなった。ゼブラフィッシュに対しても同様に、シルクローソを経口投与による腸、肝臓、皮膚および頭腎での遺伝子発現変化を、RNA シーケンスによる網羅的解析を行った。その結果、シルクローソは、腸では細胞内消化および脂質代謝、肝臓では免疫および脂質代謝、皮膚では酸素運搬、免疫、脂質に対する反応、頭腎では糖、脂質およびタンパク質の細胞内代謝に関与する受容体、不飽和脂肪酸合成、脂質代謝、糖代謝関与する遺伝子群の発現にそれぞれ関与することが明らかとなった。

特に腸管での作用の詳細を調べる目的で、ラット腸上皮由来の IEC6 細胞を用いてシ

シルクロースの刺激により発現が変化する遺伝子の解析を生体外で行った。その結果、免疫に深く関与する一連のパターン認識受容体（PRRs）関連遺伝子の発現が著しく変化することから、シルクロースは、腸管において細菌性およびウイルス性の病原体に対する抵抗性に関与するものと考えられた。

以上より、シルクロースは腸、肝臓、皮膚、頭腎等免疫に関わる器官に作用し、免疫系のみならず、酸素運搬、脂質および糖代謝等に作用することが明らかとなった。さらに、腸上皮に対しては細胞に直接作用し、免疫系の遺伝子発現に強く関与することが明らかとなった。

シルクロースに対するポリクローナル抗体をウサギに免疫して作製し、シルクロースを経口投与したメダカの腸管の免疫組織化学による観察を行った。その結果、腸上皮細胞内に強い免疫陽性反応が認められたことから、経口投与されたシルクロースは、腸に到達し、腸上皮細胞に取り込まれていることが明らかとなった。

### （2）シルクロースの産生メカニズムの解析と効率的な生産・加工方法の開発

カイコサナギの高比活性を保った保存方法を検討した。カイコサナギを4℃で12ヶ月間保存し、その免疫賦活化活性をマクロファージ由来細胞による一酸化窒素産生能（NO活性）により調べたところ、保存前のサナギと比較して50倍以上の高い活性を示すことが明らかとなった。また、サナギの乾燥温度を検討したところ、60℃で15時間の乾燥が最も活性が高く、90℃以上で乾燥させると活性が著しく低下することが明らかとなった。

20系統のカイコのサナギの免疫賦活化活性をNO活性により測定したところ、系統による活性の違いは認められなかった。カイコサナギの器官によるNO活性の違いを調べたところ、脂肪体の活性が他の器官に比べて高いことが明らかとなった。また、カイコの糞中にも比較的高いNO活性が存在することが明らかとなった。

### （3）シルクロースの養殖対象魚種への作用の解明と養殖漁場での実証試験

これまでの研究により、マダイに関しては、シルクロースはエドワジェラ症の原因菌である*E. tarda*に対して耐性を付与することが明らかとなっている。本研究では、シルクロースが病原性ウイルスに対して効果があるか否かを実際の養殖魚種を用いて調べた。シルクロースを経口投与したブリ幼魚に対し、イリドウィルスを強制感染し、その生残を調べたところ、シルクロースを投与していない対照区のブリでは感染後9日目全ての個体が死亡したのに対し、シルクロースを経口投与した個体では、9日目で76.9%の個体が生き残った。この結果より、シルクロースはウイルス性の疾病にも有効であることが明らかとなった。

シルクロースの魚類外部寄生虫症に対する効果も調べた。シルクロースを経口投与したブリ幼魚に外部寄生虫症の原因生物である単生類の*Benedenia seriolae*を強制感染したところ、シルクロースを経口投与したブリ幼魚への*B. seriolae*の寄生数は、シルクロース処理をしていない対照区のブリ幼魚と比較し、有意に少なかった。このようにシルクロースの経口投与は、魚類の外部寄生虫にも有効であるものと考えられた。シルクロースの経口投与によるブリの*B. seriolae*の感染部位である皮膚の遺伝子発現変化を網羅的に調べたところ、シルクロースの処理により免疫、ストレス応答および傷の治

癒に関わると考えられる因子をコードする遺伝子の発現が有意に増加することが明らかとなった。この結果は、シルクロース処理魚の *B. seriolae* 感染数の低下は、シルクロースにより、魚の表皮の機能の変化によるものと考えられた。

シルクロースは、魚類のみでなく甲殻類であるエビ類にも耐病性付与に関する効果が認められた。世界規模の養殖対象エビであるバナメイエビ (*Litopenaeus vannamei*) および日本で養殖が行われているクルマエビ (*Marsupenaeus japonicus*) にシルクロースを経口投与し、病原性ビブリオ菌 (*Vibrio penaeicida*) に対する耐病性が付与されるか否かを調べた。その結果、シルクロースの経口投与により、*V. penaeicida* に対する抗病性が著しく向上した。

バナメイエビのシルクロースによる耐病性のメカニズムを明らかにするために、シルクロース経口投与したバナメイエビの肝臓および腸を採集し全 RNA を抽出した後、次世代シーケンサーによる網羅的遺伝子発現差解析を行った。その結果、シルクロースの経口投与により、バナメイエビの肝臓、腸および鰓での免疫関連の遺伝子の発現が有意に上昇した。以上よりシルクロースは脊椎動物である魚類だけでなく、甲殻類に対しても免疫系を活性化し耐病性を付与する効果があることが示された。

実際の養殖漁場で、シルクロースの効果を検証した。愛媛県宇和島市の養殖漁場で養殖シマアジ (*Pseudocaranx dentex*) を実験材料にシルクロース 0.1% 添加飼料の給餌試験を行なった。同漁場は、体表寄生虫病であるカリグス症の発生漁場で、以前より養殖魚への害が認められていた。試験の結果、シルクロース添加飼料給餌区のカリグス (*Caligus longipedis*) 寄生数が対照群に比較して有意に減少するとともに、生残数も著しく向上した。さらに魚体の成長も著しく向上した。また、シルクロースはシマアジの身質にも影響を与えた。シマアジの筋肉中の脂肪含有量はシルクロース処理していない対照区では  $8.0 \pm 1.0\%$  であったのに対し、シルクロース処理区では  $13.1 \pm 1.5\%$  と有意に高い値を示した。また、切り身から滲出するドリップ量を計測するとサンプリング 4 日後の筋肉から滲出するドリップ量は、シルクロース投与区のもの有意に低い値を示した。魚のストレス度を示す血中コルチゾル量を調べたところ、対照区のシマアジの血中コルチゾル量は、 $53.3 \pm 7.06$  ng/mL であったのに対し、シルクロース投与区の値は、 $33.8 \pm 3.34$  ng/mL と有意に低い値を示し、シルクロース処理によりシマアジのストレス度が低減していることが示唆された。

ブリに関しても愛媛県愛南町のブリ養殖漁場でシルクロースの効果を検証した。ブリに関しても、シルクロース含有飼料の給餌により、シマアジの場合と同様、血中コルチゾル量の低減、外部寄生虫の減少、切り身のドリップ量の低減が認められた。シルクロース処理による筋肉への影響を調べたところ、形態的には筋周膜と筋内膜の厚みが増し、筋繊維の断面積が減少していた。また、筋肉での遺伝子発現を調べたところ筋繊維を構成するミオシンに関連した遺伝子やトリグリセリド維持に関連した遺伝子の発現が有意に高頻度に上昇していた。この解析結果よりシルクロースによる養殖魚の肉質の変化は、筋肉の形態的および分子レベルでの質的構造変化によるものと推察された。

このように、カイコ由来の機能性多糖シルクロースの経口投与は、養殖対象の魚類、さらにエビ類に対し免疫系を活性化させ、細菌性、ウイルス性さらには外部寄生虫による疾病に対する耐病性の付与、さらには肉質を改善した。以上よりカイコ由来機能性多糖シルクロースの使用は、養殖の効率化に有効であるものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 三浦猛, 西川宗徳, 井戸篤史, 三浦智恵美	4. 巻 57 (7)
2. 論文標題 養殖技術講座: シルクローズ カイコ由来機能性多糖 「シルクローズ」 が養殖魚の身質に与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 養殖ビジネス	6. 最初と最後の頁 54-58
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 無
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 Miura Chiemi, Hayashi Daichi, Miura Takeshi	4. 巻 520
2. 論文標題 Relationship between gonadal maturation and kyphosis in cultured yellowtail ( <i>Seriola quinqueradiata</i> )	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 734667 ~ 734667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aquaculture.2019.734667	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 Ali, Ohta, Ido, Miura, Miura	4. 巻 9
2. 論文標題 The Dipterose of Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ) Induces Innate Immune Response through Toll-Like Receptor Pathway in Mouse Macrophage RAW264.7 Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomolecules	6. 最初と最後の頁 677 ~ 677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biom9110677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hashizume Atsushi, Ido Atsushi, Ohta Takashi, Thiaw Serigne Thierno, Morita Ryusaku, Nishikawa Munenori, Takahashi Takayuki, Miura Chiemi, Miura Takeshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Housefly ( <i>Musca domestica</i> ) Larvae Preparations after Removing the Hydrophobic Fraction Are Effective Alternatives to Fish Meal in Aquaculture Feed for Red Seabream ( <i>Pagrus major</i> )	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fishes	6. 最初と最後の頁 38 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/fishes4030038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hayashi Daichi, Miura Chiemi, Miura Takeshi	4. 巻 506
2. 論文標題 Characteristics of kyphotic vertebrae in the cultured yellowtail <i>Seriola quinqueradiata</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 380 ~ 386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aquaculture.2019.03.071	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 Ali Muhammad Fariz Zahir, Yasin Indri Afriani, Ohta Takashi, Hashizume Atsushi, Ido Atsushi, Takahashi Takayuki, Miura Chiemi, Miura Takeshi	4. 巻 8
2. 論文標題 The silkrose of <i>Bombyx mori</i> effectively prevents vibriosis in penaeid prawns via the activation of innate immunity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-27241-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ido, A., Hashizume, A., Ohta, T., Takahashi, T., Miura, C. and Miura, T.	4. 巻 9
2. 論文標題 Replacement of Fish Meal by Defatted Yellow Mealworm ( <i>Tenebrio molitor</i> ) Larvae in Diet Improves Growth Performance and Disease Resistance in Red Seabream ( <i>Pargus major</i> )	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 animals	6. 最初と最後の頁 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ani9030100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawasaki, K., Hashimoto, Y., Hori, A., Kawasaki, T., Hiroyasu, H., Iwase S.-I., Hashizume, A., Ido, A., Miura, C., Miura, T., Nakamura, S., Seyama, T., Matsumoto, Y., Kasai, K., and Fujitani, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Evaluation of Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household Organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 animals	6. 最初と最後の頁 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ani9030098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ali M.F.Z., Nakahara S., Otsu Y., Ido A., Miura C., Miura T.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Effects of functional polysaccharide from silkworm as an immunostimulant on transcriptional profiling and disease resistance in fish	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Insects as Food and Feed	6. 最初と最後の頁 1~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3920/JIFF2021.0108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ali Muhammad Fariz Zahir, Kameda Kenta, Kondo Fumitaka, Iwai Toshiharu, Kurniawan Rio Aditya, Ohta Takashi, Ido Atsushi, Takahashi Takayuki, Miura Chiemi, Miura Takeshi	4. 巻 114
2. 論文標題 Effects of dietary silkrose of <i>Antheraea yamamai</i> on gene expression profiling and disease resistance to <i>Edwardsiella tarda</i> in Japanese medaka ( <i>Oryzias latipes</i> )	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fish & Shellfish Immunology	6. 最初と最後の頁 207~217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fsi.2021.05.001	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 Ido Atsushi, Ali Muhammad-Fariz-Zahir, Takahashi Takayuki, Miura Chiemi, Miura Takeshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Growth of Yellowtail ( <i>Seriola quinqueradiata</i> ) Fed on a Diet Including Partially or Completely Defatted Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ) Larvae Meal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Insects	6. 最初と最後の頁 722~722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/insects12080722	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miura Takeshi, Nishikawa Munenori, Otsu Yuki, Ali Muhammad Fariz Zahir, Hashizume Atsushi, Miura Chiemi	4. 巻 7
2. 論文標題 The Effects of Silkworm-Derived Polysaccharide (Silkrose) on Ectoparasitic Infestations in Yellowtail ( <i>Seriola quinqueradiata</i> ) and White Trevally ( <i>Pseudocaranx dentex</i> )	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fishes	6. 最初と最後の頁 14~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/fishes7010014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三浦 猛
2. 発表標題 養殖飼料としての昆虫
3. 学会等名 webシンポジウム「昆虫ビジネスの可能性を探る」昆虫ビジネス研究開発プラットフォーム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 猛
2. 発表標題 昆虫を活用した持続可能な水産養殖
3. 学会等名 新化学技術推進協会 環境部会 勉強会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楠目峻大・三浦智恵美・三浦猛
2. 発表標題 カイコ由来機能性多糖：シルクローズによる魚類生殖腺の抗酸化作用の活性化
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会中国・四国支部例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西川宗徳，井戸篤史，三浦智恵美，三浦猛
2. 発表標題 カイコ由来機能性多糖：シルクローズの養殖魚身質に与える影響
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西川宗徳、三浦智恵美、井戸篤史、三浦猛
2. 発表標題 カイコ由来機能性多糖 "シルクローズ" のハダムシ症・カリグス症への効果
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中原颯太, M.F. Z. Ali, 井戸篤史, 三浦猛, 三浦智恵美
2. 発表標題 カイコ由来免疫賦活化多糖：シルクローズの魚類腸管への作用
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦猛, 太田史, 青木良太, 井戸篤史, 三浦智恵美
2. 発表標題 スルメイカ内蔵由来成長促進因子の単離同定
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦智恵美, 大石雅也, Muhammad Fariz Zahir Ali, Indri Afriani Yasin, 橋爪篤史, 井戸篤史, 三浦猛
2. 発表標題 シルクローズのパナメイエビに対する耐病性付与効果
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦猛
2. 発表標題 カイコサナギの機能性とその利用
3. 学会等名 シルクサミット2021 in 愛媛 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦猛
2. 発表標題 水産養殖での昆虫ミール：魚粉代替と機能性
3. 学会等名 日本家禽学会 公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦猛, 大津有稀, Muhammad Fariz Zahir Ali, 三浦智恵美
2. 発表標題 カイコ由来機能性多糖シルクロースの魚類に対する高温耐性付与効果
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三浦猛, 三浦智恵美	4. 発行年 2021年
2. 出版社 情報機構	5. 総ページ数 253
3. 書名 < 培養肉、植物肉、昆虫食、藻類など > 代替タンパク質の現状と社会実装へ向けた取り組み第6章第2節 「飼料としての昆虫の機能性と今後の展望」	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 穀物外皮、グルテンフィード、穀物外皮の製造方法、グルテンフィードの製造方法、昆虫育成用飼料、及び昆虫育成方法	発明者 三浦猛、三浦智恵美、井戸篤史、阿部秀飛	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-006782	出願年 2021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	三浦 智恵美  (Miura Chiemi)  (90518002)	広島工業大学・環境学部・教授    (35403)	

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
---------	---------