

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05822

研究課題名(和文)おいしい餌はなぜよく育つか

研究課題名(英文) Why do tasty diets promote good growth?

研究代表者

益本 俊郎 (Masumoto, Toshiro)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・教授

研究者番号：10238917

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：持続可能な養殖には有限な魚粉を削減して植物原料を用いた飼料が不可欠だが、このような飼料を与えた魚(ブリ)では成長が低下する。そこで本研究では、魚粉由来の嗜好性の高い匂い刺激に着目し、匂い刺激が消化過程に及ぼす影響を調べた。ブリ幼魚は魚粉由来の抽出液や市販嗜好性物質の匂い刺激だけで活発な遊泳行動を起こし酸素消費量が増加した。さらに効果があった魚粉抽出液の匂い刺激によって胃の弛緩が観察され、それに伴う胃液の分泌量も増加傾向にあった。これらの消化過程の調節が神経によって行われていることを腹腔内に挿入した心拍口ガーで調べたところ、心拍数だけでは判断が困難で、より詳細な検討が必要なのことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有限な魚粉含量を削減して植物原料を用いた飼料が不可欠だが、このような飼料を与えた魚(ブリ)では成長が低下する。本研究の結果、魚粉に含まれるブリの嗅覚を刺激する成分を植物飼料に添加すると、胃の消化機能を亢進し、この成分を飼育水に滴下するだけでも消化機能の一部が促すことがわかった。このような嗅覚を刺激する成分を植物飼料に添加することで、ブリの摂餌量の増加と消化機能が向上し、植物飼料を摂取したブリの成長低下を抑制できブリ養殖の安定化に貢献できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：For sustainable aquaculture, it is essential to reduce finite fish meal and feed using plant materials, but the growth of fish (yellowtail) fed with such feed is reduced. Therefore, in this study, we focused on the highly palatable odor stimulus derived from fish meal and investigated the effect of the odor stimulus on the digestive process. Yellowtail juvenile caused active swimming behavior and increased oxygen consumption only by odor stimulation of fish meal-derived extract and commercially available palatable substances. Stomach relaxation was observed due to the odor stimulation of the fish meal extract, which was more effective, and the amount of gastric juice secreted was also increasing. The regulation of these digestive processes was investigated by nerves with a heart rate logger inserted into the abdominal cavity, it was found that difficult to judge from the heart rate measurement in this study, and a more detailed examination was required.

研究分野：魚類栄養飼料

キーワード：栄養飼料 栄養生化学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

低魚粉高植物飼料の開発研究により、国内外の多くの研究者によって行われているが、魚粉飼料に匹敵する成長成績が得られず、いまだ完全無魚粉飼料の実現に至っていない。この問題解決の過程で、大豆のアルコール可溶画分が消化液の分泌を低下させることを見出し、成長低下の一因だと考えられた。さらに魚粉飼料には、餌を食べる前から食べた直後にかけての消化液の分泌刺激があるが、大豆など植物原料を用いた飼料にはその刺激が足りないと考えられた。したがって、しかるべき方法で消化酵素の分泌を妨げる原因物質を取り除けば、飼料に魚粉を入れなくても大豆など植物原料だけでも魚を成長させることができると考えられる。そのためには摂餌直前から直後の脳相における消化液分泌のメカニズムや、植物原料に含まれる正常なメカニズムを妨害する原因を明らかにすることが必要だと考え、本研究を行った。

2. 研究の目的

従来の研究からブリに大豆など植物原料を含んだ飼料を給与すると成長が鈍化すること、そしてその一因に消化酵素の分泌応答が遅く量が低下するといった消化過程に問題があることが明らかになった。消化液の分泌は嗅覚や視覚といった餌を感知した時から始まることがヒトや陸上実験動物で知られているので、これらの問題は植物飼料に餌からの刺激が弱いからだと考えられる。そこで本研究では着手されてこなかった魚が餌を摂取する前の刺激である匂いに着目し、匂い刺激がブリの胃における消化機能に与える影響について明らかにすることを目的に行った。

3. 研究の方法

- (1) 匂い刺激としてブリ稚魚に嗜好性が高い市販のイサダエキスと魚粉の水抽出液を用いた。200L水槽に約150gのブリ幼魚3尾収容し、飼育水の供給を止めたのちこれらの匂い刺激液を滴下した後に溶存酸素濃度が0.5(mg/L)低下するのに要する時間を計測した。
- (2) 先の実験で効果があった魚粉抽出液をブリの飼育水槽に滴下して遊泳行動を活発にしながら大豆添加飼料を給餌して滴下なしの場合と摂餌量を比較した。さらに抽出液を大豆添加飼料に添加した場合についても調べた。
- (3) ブリ幼魚22尾について魚粉抽出液刺激後、植物飼料に魚粉抽出液を染み込ませて胃に投与した後、胃袋を最大限拡張した後、および麻酔後の各処理を異なる日に行い、すべての個体について胃の弛緩状態、胃液の分泌量および胃のpHの各項目について個体別に測定した。
- (4) の方法ブリ(体重約900g)を開腹して心拍ロガーをブリ腹腔内に入れ10日後から測定を開始した。測定は試験開始前後の安静時、および魚粉飼料と大豆飼料を給与時から5分間15秒ごとに測定した。

4. 研究成果

- (1) 試験魚は魚粉抽出液または市販エキスの滴下によって魚粉飼料を給与した際と同様の活発な遊泳行動を即座に示した。その運動性を定量的に評価するために飼育水槽内の溶存酸素を測定したところ、飼育水の酸素濃度が0.5(mg/L)低下するのに要した時間が平常遊泳時では15分以上要したのに対し約半分の8分だった。したがって試験魚は匂い刺激に反応して活発に遊泳していたことが裏付けられた。酸素濃度低下時間には魚粉抽出液と市販エキスとの間に有意差はなかった。両者の化学組成は異なっていることから、ある成分が閾値以上あれば反応すると推察された。また嗜好性の違いにより給餌量に差があった2種類の魚粉は、匂い成分に対する応答には差がなく味嗜好性の違いは匂い成分とは関係が無いことがわかった。
- (2) 先の実験で効果があった魚粉抽出液の滴下がその後の大豆添加飼料の摂餌量に影響するか調べたところ、滴下の有無は摂餌量に有意差は無く、匂い成分の滴下は大豆飼料の摂餌量増加に結び付かないことがわかった。一方匂い成分を大豆飼料に染み込ませると摂餌量は有意に増加したことから、匂い成分が摂餌増加に結び付くためには、口腔や咽頭での飼料との直接接触が重要であることがわかった。
- (3) 胃の弛緩状態について22尾のブリ幼魚について調べたところ、9尾については測定方法に問題があったため除外し、残り13尾について匂い刺激の消化過程への影響について解析した。そのうち8尾において、匂いまたは飼料の胃への投与によって胃容量の増加、つまり胃の弛緩が確認された。このうち6尾については匂い刺激だけで胃の弛緩を確認できた。一方胃内部への胃液の分泌量を調べたところ、胃を最大に拡張した場合や匂い刺激だけでは3例のみ増加したことから匂い刺激では胃液の増加は促されないことがわかった。一方植物飼料に匂い成分を染み込ませた飼料小片を投与した場合、すべての個体において液量の増加が認められ、飼料成分の胃組織に対する直接的な刺激が強力に胃液の分泌を促すことがわかった。また麻酔状態における個体の全てで液量の増加があり、その量は飼料を投与した場合よりも多かった。胃液のpHを調べたところ、餌の投与をした場合のみ6付近まで上昇したが他の条件ではpH2-3付近だった。餌によるpHの上昇は胃酸分泌の減少ではなく餌成分による緩衝作用の結果だと考えられた。一方麻酔状態ではpH2から3の酸性状態が維持されていたことから、麻酔による液量の増加は飲水によるものではなく分泌に起因するこ

とが裏付けられた。これらのことから、匂い刺激は胃の弛緩は促すが、胃液の分泌を増加させないこと、麻酔では胃の弛緩はそれほど亢進させないが、胃液の分泌量は増加したことから、胃の弛緩と胃液の分泌は必ずしも同様に応答しないことがわかった。以上からブリは匂い刺激によって胃を弛緩させるが、胃液の分泌には餌の胃への直接接触によって促させることがわかった。

- (4) 嗜好性の高い餌を与えた時に示す活発な摂餌行動とその時の消化活動の活性化が神経によって結びついていることを心拍数の変化から調べようとした。しかしながら匂い刺激によって遊泳行動が活発であっても心拍数の変動は大きくなり、嗜好性の高い魚粉飼料と低い植物飼料を実際に給与しても両飼料間に心拍数に差はなかった。今回の心拍測定では心拍ピークとピークの間である R-R 頻度に基づく測定だったが、これでは各刺激に対して感知できないことがわかった。胃が弛緩するような副交感神経による応答については、今回の解析よりもさらに詳細なデータの収集が必要だが、今回用いたロガーではそのような解析に必要なデータを蓄積できなかった。したがって副交感神経の応答の記録が可能な装置を用いて解析することにより嗜好性の違いがその後の神経応答への影響がわかることが示唆された。

以上の結果より、匂いによって摂餌遊泳行動を惹起するが、植物飼料の摂餌量増加にまでは至らないことがわかった。また、匂い刺激だけでは胃液や胃酸などの消化活動は亢進しないが、胃を弛緩させることがわかった。今回は胃に焦点をあてたが、胃以降の十二指腸や小腸における消化液の分泌や運動に対する影響については今後の検討課題である。また、匂い刺激だけでも胆汁の分泌が促進する可能性が示唆されたが再現性が乏しかったので方法から見直す必要があると考えられた。一方ブリに嗜好性がある魚粉由来の匂い刺激成分を餌に添加して胃に投与すると胃は弛緩し消化液の分泌が亢進した。匂い成分は魚が餌を摂餌する前に胃を弛緩させ、餌が摂餌されて胃に到達すると胃液や胃酸の分泌を促し、胃の消化過程に大きな影響を及ぼすことがわかった。したがってこの有効成分を有しない植物飼料はこれらの消化機能が有効におこなえないため消化機能が劣るのだと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Siriporn Tola, Haruhisa Fukada, Toshiro Masumoto	4. 巻 50
2. 論文標題 Effects of natural feeding stimulants and glutamic acid supplementation on the feed intake, growth performance and digestive enzyme activities of red sea bream (<i>Pagrus major</i>) fed fish meal free soy protein concentrate (SPC) based diet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 1912-1920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.14077	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 Siriporn Tola, Haruhisa Fukada, Toshiro Masumoto	4. 巻 50
2. 論文標題 Effects of feeding a fish meal free soy protein concentrate based diet on the growth performance and nutrient utilization of red sea bream (<i>Pagrus major</i>)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture Research	6. 最初と最後の頁 1087-1095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.13983	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 Wastu Ayu Diamahesa, Haruhisa Fukada, Toshiro Masumoto	4. 巻 69
2. 論文標題 Effect of dietary moisture content on growth and feed intake in conger eel <i>Conger myriaster</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquaculture Science	6. 最初と最後の頁 71-77
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 -
1. 著者名 Kakeru Iwai, Wastu Ayu Diamahesa, Haruhisa Fukada, Toshiro Masumoto	4. 巻 69
2. 論文標題 Effects of a soybean lecithin-supplemented mealworm-containing diet on the growth performance and lipid utilization of common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquaculture Science	6. 最初と最後の頁 79-86
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0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 虫明敬一 編著	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 212
3. 書名 プリの科学	

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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