

1. 委託事業名： 昆虫でヒラメとアワビは育つか？－循環型養殖事業の社会実装を目指して－
2. 委託事業者名： 委託団体：株式会社マルカイ
連携大学：静岡大学農学部応用生命科学科 教授 笹浪知宏

3. 研究成果概要：

【背景】

用宗港のしらす漁業は地域にとって重要な産業であり、今後も継続維持していくことが望まれる。しかし、近年は不漁に悩まされており、天然資源に頼ったしらす漁だけでは、用宗港のような小規模漁業は立ち行かない状況に陥りつつある。腐敗性昆虫であるアメリカミズアブ（Black Soldier Fly: BSF）は家畜や養殖魚の飼料として東南アジアやヨーロッパで大規模に生産されている。食品残渣などの安価な飼料で生産でき、成長スピードも速いことから、近年日本でも脚光を浴びつつある。静岡大学農学部附属地域フィールド科学教育研究センター用宗水圏フィールド（用宗フィールド）は用宗港に隣接し、地元に着した地域貢献を目指した教育研究を行っている。また、用宗フィールドには、海水ポンプおよび屋内・屋外飼育水槽が設置されており、海水魚養殖が可能な施設である。

【目的】

上述の背景のもと、BSFで代替した飼料により、養殖魚の飼育が可能かの検討を予備的に行なった。対象魚種として、日本各地で養殖が行われており、販売単価の高いものとして、ヒラメとアワビを選定した。また循環型養殖事業としての可能性を検討するため、BSFを飼育した後に残る糞や食べ残しなどの残渣（BSF残渣）を肥料として小松菜の栽培が可能かの検討を行った。加えて、BSF飼料で育てた養殖魚を市民が受け入れ、購入してくれるのかを知るため、市民556人に対するアンケート調査を実施した。

【研究結果および成果】

ヒラメの種苗（約7cm）およびメガイアワビの種苗（殻長約4cm）を、(株) マリンテック（愛知県田原市）および神奈川県栽培漁業センター（神奈川県三浦市）からそれぞれ購入した。ヒラメ用の市販飼料（ヒラメフロート）とアワビ用の市販飼料（ハリオスEX）は(株) 中部飼料および(株) フィード・ワンからそれぞれ購入した。ヒラメは120cm ガラス水槽（容量約243L）に20匹ずつ収容し、海水掛け流しで飼育した。アワビは市販の円形FRP水槽（容量約100L）に40匹ずつ収容し、同じく海水掛け流しで飼育した。これらの水槽は室温22度に調節した飼育室に設置した。BSFは受精卵を株式会社生物技研（神奈川県相模原市）から購入し、市販の鶏飼料に水道水を添加した餌を与えて飼育した。飼育11日目で回収し、60℃、一晚乾燥させ、ミキサーで粉砕した後、ヒラメ用アワビ用ともにBSF粉末：市販の飼料=1:1となるように混合した。混合物はペレタイザー（株土佐テック製 TS-55、静岡県工業技術研究所）でペレット化（直径5mm）し、これをBSF飼料とした。これらの材料を用いて以下の

検討を行った。

① ヒラメ育成の検討

ヒラメを3群に分け、市販飼料のみ、市販飼料：BSF 飼料=1:1（BSF 含有率 25%）または BSF 飼料（BSF 含有率 50%）を1日あたり体重の5%重量となるように与えて飼育した。10日に一度体重と全長を測定し、食べ残しが少なくなるよう成長に応じて給餌量を変更した。40日間の飼育の結果、生残率はすべての群で100%であった。また、市販飼料群と市販飼料：BSF 飼料=1:1では、体重増加、全長、飼料効率、飼料要求量に大きな違いは見られなかったが（図1および表1）、市販飼料群と比較してBSF 飼料群では明らかに体重増加が小さく、飼料効率（体重増加量/総給餌量）、飼料要求量（総給餌量/体重増加量）にも大きな違いが見られた（図1および表1）。これより、BSF 含有率 25%までは、市販飼料と同様に成長するが、50%までに増やすと、しだいに成長が鈍ることがわかった。

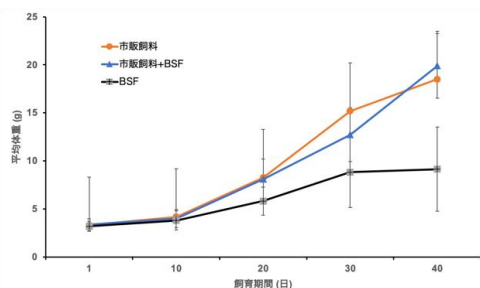


表1 飼育40日目における総給餌量、体重増加量、飼料効率および飼料要求量

| | 市販 | 市販+BSF | BSF |
|-----------|--------|--------|-------|
| 総給餌量 (g) | 618.85 | 601.35 | 372.2 |
| 体重増加量 (g) | 303.9 | 330.9 | 118.9 |
| 飼料効率 | 0.49 | 0.55 | 0.32 |
| 飼料要求量 | 2.04 | 1.82 | 3.13 |

図1 ヒラメの体重変化と飼育期間との関係

② アワビ育成の検討

アワビを3群に分け、ヒラメの場合と同様に市販飼料、市販飼料：BSF 飼料=1:1またはBSF 飼料を与えた。給餌量は1日あたり体重の3%重量となるように与え、2週間に一度、体重および殻長を測定し8週間の飼育を行った。8週間目の生残率は、市販飼料、市販飼料：BSF 飼料=1:1およびBSF 飼料でそれぞれ95.7、94.3および97.0%であり大きな違いは認められなかった。市販飼料群と市販飼料：BSF 飼料=1:1では、体重増加、殻長、飼料効率、飼料要求量に大きな違いは見られなかった（図2および表2）。市販飼料群と比較してBSF 飼料群では明らかに体重増加が小さく、飼料効率、飼料要求量にも大きな違いが見られた（図2および表2）。これより、ヒラメの場合と同様に、BSF 含有率 25%までは市販飼料と同様に成長するが、50%までに増やすと、しだいに成長が鈍ることがわかった。

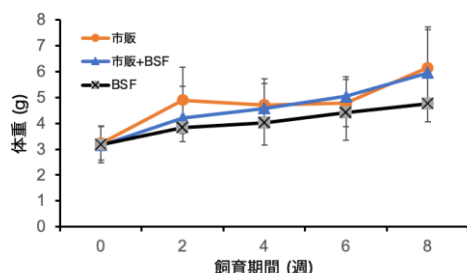


表2 飼育8週間目における総給餌量、体重増加量、飼料効率および飼料要求量

| | 市販 | 市販+BSF | BSF |
|-----------|-------|--------|--------|
| 総給餌量 (g) | 539 | 539 | 539 |
| 体重増加量 (g) | 204.6 | 196.9 | 118.34 |
| 飼料効率 | 0.38 | 0.37 | 0.22 |
| 飼料要求量 | 2.63 | 2.74 | 4.55 |

図2 アワビの体重変化と飼育期間との関係

③ BSF 粉末の成分分析

作製した BSF 粉末の成分分析を行った(表 3)。市販のヒラメ飼料に比較して、BSF 粉末は、タンパク質含量が低く、炭水化物含量および脂質含量が高いことがわかった。一般に魚類はタンパク要求量が高く、ヒラメとアワビの成長遅延はタンパク含量の低さが原因と思われた。なお、市販アワビ飼料の分析は行わなかった。

| | ヒラメEP (%)* | BSF粉末 (%) | |
|-----------|------------|-----------|---------|
| 水分 (%) | 約15 | 6.35 | 常圧加熱乾燥法 |
| 脂質 (%) | 12以上 | 30.9 | エーテル抽出法 |
| タンパク質 (%) | 50以上 | 32.9 | ケルダール法 |
| 灰分 (%) | 16以下 | 14.3 | 直接灰化法 |
| 炭水化物 (%) | 3以下 | 15.6 | 差し引き法 |
| カルシウム | 2.5以上 | - | |
| リン | 1.5以上 | - | |

*パッケージの成分表

④ BSF 残渣を用いた小松菜の栽培

循環型養殖事業としての可能性を検証するため、BSF を育成後に残った残渣を市販の培養土と 10 または 20%の割合で混合し、2 週間放置した。その後 60cm プランターに入れ小松菜の種を蒔いた。比較として、培養土のみ、0.4%の化学肥料 ((有)岩倉社製、N:8%、P:8%)、10 または 20%の牛糞堆肥 ((有)タムラファーム社製、N:1.5%、P:1.6%) 添加群を用いた。30 日間の栽培後に代表的な 10 株の新鮮重量を測定した。その結果、BSF 残渣を 10%添加した群で、培養土のみと比較して 10 倍以上に新鮮重量が増加した(図 3 および写真 1)。20%の BSF 粉末を添加した場合には、成長が培養土のみの場合と同等となった。20%添加時の成長不良の原因は不明であるが、土壌 pH の試験紙による簡易測定から、土壌が酸性化していた可能性が考えられた。

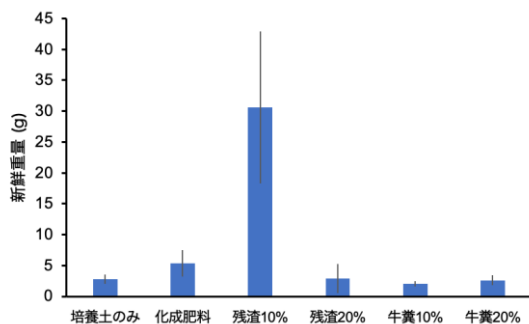


図 3 小松菜の成長に及ぼす影響の検証



写真 1 30 日間栽培した小松菜

次に、BSF 残渣が小松菜の成長に及ぼす最適濃度を探索するために、BSF 残渣を、0、2.5、5 または 10%となるように培養土に添加し、2 週間放置した後に小松菜の種を蒔いた。30 日間の栽培後に新鮮重量(全体の重さと地上部の重さ)を測定したところ、BSF の添加量に応じて成長が良くなることがわかった(図 4 および写真 2)。

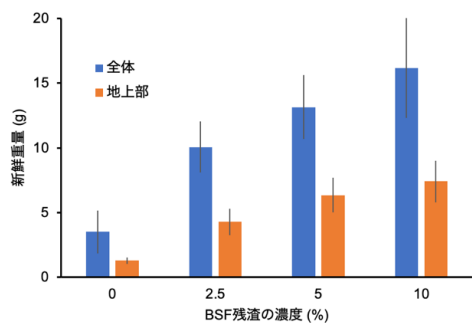


図4 BSF 残渣が小松菜の成長に及ぼす影響



写真2 様々な濃度のBSF 残渣で育てた小松菜

⑤ BSF を飼料として生産した養殖魚に対するアンケート調査

養殖魚の主要な購入層と思われる20代から60代の女性556人に対して、BSFを飼料として生産した養殖魚に対するイメージや購入意欲、循環型養殖についてどのように思うか等の調査を行なった。購入意欲については、51.6%が「購入したい」と答え、その理由の36.2%は「環境・(地球)に良い・貢献できるから」であった。循環型養殖についての意見は、「環境に良い・エコである」「新たな取り組みを応援したい」など前向きな意見が多かった。一方、イメージについては「特にない」や「よくわからない」といった回答が43.7%を占め、今後どのように循環型養殖を周知していくのかを考える必要があると思われた。

[まとめ]

BSF粉末でヒラメを育成した結果、全体の25%代替で市販飼料と同等の成長が見込めると判断された。しかし、50%代替とした場合、明らかに成長に悪影響があった。成分分析の結果から、BSF粉末は市販飼料と比較して、タンパク質含量が低く、炭水化物および脂質含量が高いことが判明した。このことから、BSF粉末を搾油するなどして、タンパク質含量を増加させた飼料に加工することで代替率の向上が期待できるのではないかと考えている。搾油により、廃油が生じるが、これは逆にバイオディーゼル燃料などへの積極的な利用が想定される。アワビに関しても、25%代替で市販飼料と同等の成長が観察されたが、アワビは成長が遅いこともあり、結論に至るためには、さらに長期的なモニタリングが必要と思われる。陸上養殖における生産コストのうち、その半分が飼料代であるため、25%の代替率であっても養殖コストの大幅な削減に繋がることが期待される。加えて、BSF残渣は、小松菜の成長を劇的に早め、有機堆肥の生産材料としての期待も高まった。アンケート調査の結果を踏まえ、今後どのように循環型養殖をアピールして行くかを考える必要があると思われる。

[地域社会への波及効果]

BSFを利用した養殖魚の飼育・販売が可能になれば、昨今問題となっているフードロスの削減にもつながり、SDGsの達成に大きく貢献でき、社会的注目度の高い事業としてPRすることができる。今回はその予備的な検討を行うことができた。雇用創出の第一段階として、清水漁協用宗支所に養殖魚の飼育管理を業務委託し、計3人の漁師さんにアルバイトとして従事して頂いた。本事業が大規模化し社会実装された場合、漁業関係者に対する雇用創出が可能となり、小規模漁業(シラス漁業)との共存にも大きく貢献できるものと思われた。