

魚病のコントロールと新たな飼料の開発を目指し、  
全国一の鯉の生産量を誇る郡山市の内水面養殖を高校生が盛り上げる。

—魚粉に替わる植物性飼料の開発に向けて—



実施担当者 福島県立安積高等学校  
教諭 平山 陽子

## 1 はじめに

魚類を題材とした課題研究は、生徒自身が身近に関心を持ちやすいテーマであり、生徒に多くの学びをもたらす。また、生き物を扱うことで倫理観の醸成にもつながるだけでなく、食糧との関係から持続可能性を考える視点も養われる。さらに、生物学のみならず、化学や物理の知識も必要となるため、分野を横断した幅広い知識を得ることが可能である。

コイ (*Cyprinus carpio*) は郡山市が生産量日本一を誇り、市内の小中学校の給食メニューにもなっている。生徒は、地本の養鯉業者への聞き取り調査をおこない、最大の課題は飼料価格の高騰であることを知った。飼料(魚粉)の原料はカタクチイワシ等の小魚であるが、世界的需要による乱獲や地球温暖化により、漁獲高が年々減少している。そのため、魚粉は20年前の4倍以上の価格となっている。水産資源の保護、持続可能な養殖業の観点から、魚粉に替わる代替飼料の研究は急務である。しかし、代替飼料の研究は、タイのような海水魚では盛んであるが、淡水魚であるコイの研究例は少ない。そこで、本校生徒はコイでの魚粉の代替飼料について研究した。

昨年度は魚粉に替わる代替飼料として植物性タンパク質や昆虫粉を検討した。今年度は代替飼料として有力だった大豆粉について更に詳しく検討した。また、低コストである大豆油粕についても検討した。その結果、加熱加水成形大豆粉(大豆粉に水を加えオートクレーブで2時間加熱したもの)で3割程度、魚粉に代替できることがわかった。また、大豆油粕も魚粉より成績は劣るが、価格の面では代替飼料として有力な候補であることがわかった。

我々の研究結果をもとに、安積黎明高校では、昆虫粉での追試実験および酸素供与による給餌実験を行った。その結果、どちらも魚粉給餌のものに比べ、良好な結果は得られなかった。しかし、前者については本校の研究結果を裏付けることができた。また、酸素供与については、本校では出来なかった研究なので、次年度の研究の参考になるものであった。

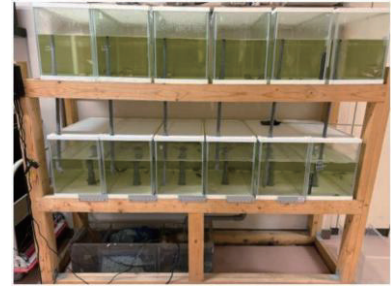
## 2 研究内容

### 2-1 飼料の開発 I (加工大豆粉)

循環水槽でコイを飼育した。各水槽にコイ稚魚を 5 匹飼育し、水槽ごとに給餌を変えた。5 日ごとに群体重を測定し、総体重の 3% の餌を与えた。2 週間後の体重から飼料効率を算出した。

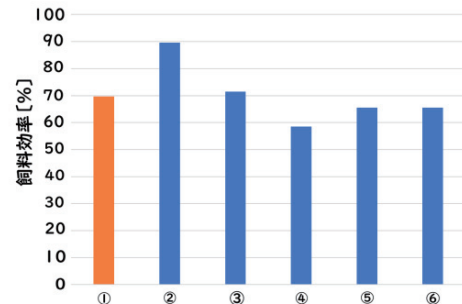
大豆粉を生、蒸し、加熱大豆 (オートクレーブ加熱)、加熱加水 (加水オートクレーブ加熱)、と加工を変えて給餌したところ、加熱加水大豆を 15%、魚粉に代替したものは魚粉 100% 餌と同程度の飼料効率を得ることができた。

$$\text{飼料効率} [\%] = \frac{\text{体重変化量}}{\text{総給餌量}} \times 100$$



### 2-2 飼料の開発 II (長期給餌)

昨年度、予備実験として各群の飼育を 1 ヶ月実施し、実験群ごとの総体重を比較した。その結果、給餌 2 週間で総体重の差が明らかとなり、1 ヶ月後でも総体重の差は縮小・逆転することはなかった。そのため、給餌実験期間を 2 週間とした。しかし、発表会では飼育期間が短いのでは、という指摘を多数された。そこで 2 ヶ月間、飼育を継続した。その結果、加熱加水形成大豆 30% で最も飼料効率が高くなった (②)。また、加熱加水形成大豆 15% でも魚粉と同等の結果を得ることができた (③)。加熱加水形成大豆が良好な成績であることは、昨年度も実施しており、実験の信頼性が高まった。

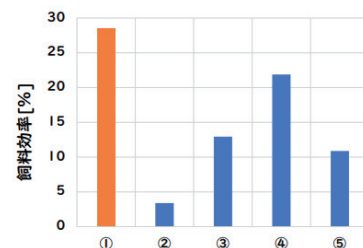


群	飼料組成
①	魚粉 100%
②	加熱加水形成大豆粉 (オートクレーブ 121°C・2 時間) 15%・魚粉 85%
③	加熱加水形成大豆粉 (オートクレーブ 121°C・2 時間) 30%・魚粉 70%
④	加熱加水形成大豆粉 (オートクレーブ 121°C・2 時間) 45%・魚粉 55%
⑤	加熱加水形成大豆粉 (オートクレーブ 121°C・2 時間) 60%・魚粉 40%
⑥	加熱加水形成大豆粉 (オートクレーブ 121°C・2 時間) 75%・魚粉 25%

### 2-3 飼料の開発 III (大豆油粕給餌)

大豆油粕の給餌実験を行った。大豆油粕を 30% 程度代替すると魚粉の 8 割程度の飼料効率を得ることができた (④)。大豆油粕は低コストであり、海水魚の養殖でも飼料として用いられている。淡水魚であり、消化管の短いコイでも代替飼料として有力な候補となった。

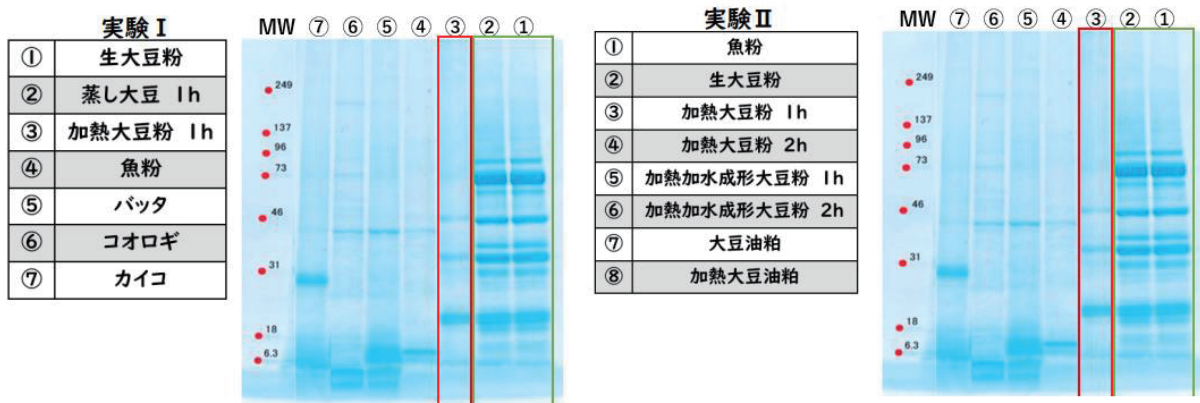
今後、餌の加工法や飼料効率の大豆油粕の割合を算出していきたい。



群	飼料組成
①	魚粉 100%
②	生大豆粉 30%・魚粉 70%
③	加熱大豆粉 (オートクレーブ 121°C・1 時間、乾燥条件) 30%・魚粉 70%
④	大豆油粕 30%・魚粉 70%
⑤	加熱大豆油粕 (オートクレーブ 121°C・1 時間、乾燥条件) 30%・魚粉 70%

## 2-4 飼料の開発Ⅳ（飼料電気泳動実験）

各実験の結果を分子量の差で考察するため、SDS電気泳動法を行った。その結果、加熱大豆粉（実験Ⅰの③）や加熱加水形成大豆粉（実験Ⅱの⑤⑥）でバンドの消失がみられた。これは大豆粉を加熱することで変性し、泳動バッファーに溶解しなかったからだと考えられる。変性したタンパク質の中には消化酵素のインヒビターも存在すると推測される。一般的に消化をよくするためには、タンパク質を加水分化する方法があるが、塩酸や酵素を用いたそれらの処理はコストが高くなる。加水加熱という簡便な方法で、大豆の飼料効率を上げることができた。

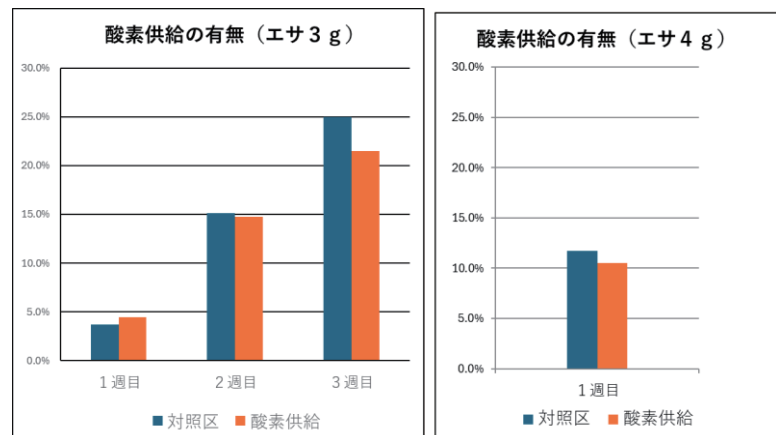


## 2-5 安積黎明高等学校との共同研究（昆虫飼料給餌・高濃度酸素供給）

福島県立安積黎明高等学校では、課題研究で魚の研究に取り組んでいる生徒がいる。昨年度は水槽の準備・立ち上げ・コイの飼育技術の習得について本校生が指導、助言した。

実験テーマについても本校の研究結果をもとに決定した。

昆虫飼料を用いた給餌実験では、魚粉に比べ、良好な結果が得られなかった。これは本校の実験結果を裏付けた。また、高濃度酸素供給実験でも良好な成績は得られなかった。その理由について、魚類の代謝と酸素濃度の観点から安積黎明高校の生徒と議論することができた。教員が関わらずとも生徒どうしで活発に議論や交流を行っていた。両校の生徒にとって貴重な経験となった。



## 2-6 飼料の開発Ⅴ（魚肉の味覚評価 新たなテーマ）

飼料が変わると魚肉の味も変わることがわかっている。2ヶ月飼育において、うまみ成分であるグルタミン酸含量は、魚粉飼育と15%加熱加工大豆飼育で違いがないことがわかった。さらに飼育期間を長くし、他の味に関わる成分についても比較する予定である。また、食味が良くなる代替飼料についても検討したい。

## 2-7 飼料の開発VI（開発した飼料を市内の養鯉業者に提供 新たなテーマ）

研究成果の実用化を目指し、今後は簡易に飼料を作る方法を模索する。開発した代替飼料は養鯉業者に試用してもらう予定である。

## 2-8 研究成果発表

校内セレクションを経て、令和7年度SSH成果発表会にて研究成果を発表した。また、論文投稿では、令和7年度野口英世賞高等学校共同研究の部で最優秀賞を受賞した。JSEC2026では入選を果たした。さらに、第11回福島産業賞にて学生の部、奨励賞を受賞した。高校生の研究として、高い水準であるだけでなく、地域産業に貢献していることが認められた。

自分たちの苦労が結果となって現れ、生徒にとって大きな自信となった。



## 3 まとめ

魚類は飼育が難しく、今年度の実験は飼育期間も長かった。水槽管理ができないと実験が成立しない。生徒は何度かの失敗を経て自分たちで飼育体制を確立した。また、発表会に参加することで、人に伝えるための技術が向上するだけでなく、質疑応答の中から研究の課題を見いだせるようになった。実験については敢えて細かい指導はせず、生徒の自主性・主体性を伸ばせるよう心がけてきた。生徒達は大学の教員や業者にも自ら連絡をとり、指導を仰ぎ研究を進められるようになった。地域のタウン誌にも活動が取り上げられ、「安積高校で地域のために研究しているのなら」と援助をいただけることも多くなった。

今回の研究では、コイの養殖において、飼料を大豆で代替し、魚粉飼料を削減できることを明らかにできた。しかし、持続可能な養殖業のためには、更に魚粉に頼らず低コストの飼料を模索する必要がある。また、養殖業の安定のために、魚類の免疫機構を踏まえて魚病をコントロールすることについても研究も急務である。「1つの結果が明らかになると、新たな疑問が出てきますね。」議論している生徒の言葉である。研究について、見方、考え方がわかった生徒の成長が実感できた瞬間であった。生徒の言葉のとおり、課題は山積みである。新たな疑問は後輩に引き継ぎ、この研究に携わった生徒の成長を喜びたい。

## 謝 辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の助成により実施しました。大学に比べ、高校は設備も生徒の知識も十分ではありません。そのような環境でも、生徒が失敗してもその原因を共に考え、再びチャレンジさせることができたのは貴財団の支援によるものです。厚く御礼申し上げます。

また、廣瀬養鯉場様、熊田純幸養鯉場様には研究対象のコイを提供していただきました。福島大学食農学類教授松田幹先生、福島大学地域未来デザインセンター特任教授永井義人先生には電気泳動の実験協力、指導をしていただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) Kei-ichiroh SUGIMURA et al. (1984) 「Nutritional Value of Earthworms and Grasshoppers as Poultry Feed」
- 2) 萩野珍吉(1980) 「コイおよびニジマスの必須アミノ酸要求量について」