

実証試験から生産体制の構築までの検証 実績報告書

フレッグ食品工業株式会社

1 目指す姿

当社工場の商品製造の過程において、廃棄物となるコンブやかつお節のだし殻等を原料としてアワビの養殖用飼料を開発する。それを当社で運営するアワビの陸上養殖に使用することで、廃棄物の有効活用および養殖の生産コスト、CO₂排出量を下げることを目指す。

2 現状・課題

当社食品工場にて、コンブが2,000 kg/年、かつお節が12,000 kg/年廃棄されている。これらの焼却に伴い、約28,718 kgのCO₂が排出されると想定される。

令和5年度に本事業を活用し、アワビの養殖用飼料を開発したが、市販の配合飼料と比較すると、摂餌する量が少なかったことと、灰分の割合が低かったことが課題として挙げられた。また、試作した陸上養殖水槽は、アワビを50個体/水槽で飼育できるものであり、廃棄物の活用量は少量になることが想定された。

3 解決策

- ・市販の配合飼料と同程度の量を摂餌するかつ、灰分の割合を令和5年度に作成した飼料よりも高い割合とした配合飼料を開発する。
- ・廃棄物の活用量を増やすために、年間1,000個体の出荷を目標として、水槽を多段式に積み上げた水槽（以下、多段式陸上養殖水槽）を試作する。

4 実施体制

◆フレッグ食品工業㈱

- ・試験に要する飼料の作成、手配
- ・各種試験経費の負担
- ・飼料の作成等に要する費用の試算

◆ふくい水産振興センター

- ・開発した飼料を用いたアワビの成育を確認する試験の実施
- ・多段式陸上養殖水槽の作成
- ・試験の結果とりまとめ、評価

5 事業スケジュール(実績)

(本事業の実施前までの経緯)

令和4年度はアワビにコンブ、かつお節のだし殻をそれぞれ単独で給餌したが、市販の配合飼料と比較すると、成育が劣ることを確認した。令和5年度は本事業を活用して、コンブとかつお節等を原料とした配合飼料を試作し、コンブやかつお節のだし殻を単独で給餌した場合よりも高い成育を確認し、併せて、陸上養殖水槽の試作も実施した。

(本事業の実施内容)

- 1～2月： 灰分の割合を令和5年度に作成した飼料よりも高い割合とした配合飼料の試作
多段式陸上養殖水槽の作成
- 3月： 試作した配合飼料のアワビへの給餌試験および成分分析の実施
多段式陸上養殖水槽の試験運用の実施

6 成果

【県内にて活用可能な未利用資源の実証試験】

(1) 実証試験の背景・目的

当社工場の商品製造の過程において、廃棄物となるコンブやかつお節のだし殻等を原料としてアワビの養殖用飼料を開発する。

○実証試験の実施体制

フレッグ食品工業(株)で試験用の養殖用飼料(以下、試験飼料)を作成し、ふくい水産振興センターで給餌試験を実施した。

○実証試験の試験方法

- ・ 供 試 魚 クロアワビ
- ・ 試験場所 福井県水産試験場 企画・先端研究部
- ・ 試験期間 2025年3月3日～3月7日(5日間)
- ・ 試験区 2区
 - ・ 試験区：試験飼料を給餌
 - ・ 対照区：アワビ用配合飼料(日本農産工業(株)製あわびスペシャル3号)(以下、市販飼料)を給餌
- ・ 数 量 各試験区 30個
- ・ 方 法
 - ・ 試験飼料の成分分析を株式会社アルプ(石川県金沢市)に委託して実施した。
 - ・ 各試験区に3/3～3/7の5日間飽食給餌を行った。
 - ・ 給餌開始前に残餌を回収し、計測することで、摂餌量を算出した。
 - ・ 試験開始時に体重を測定した。
 - ・ 試験期間中に給餌量および水温を記録した。

○実証試験の結果・考察

[結果]

飼育期間中の平均水温は17.3℃であった。試験飼料の成分分析結果を表1に示す。また試験飼料の組成を表2に示す。また、飼育期間中の殻長、体重および日間摂餌率を表3に示す。殻長および体重に有意差はなかった(T検定 $p>0.05$)。試験区は対照区と比較し日間給餌率が低かった。

また、給餌後約24時間が経過した後回収した試験飼料および市販飼料の外観を図1に示す。図1より、試験飼料の保形性が高いことが観察できた。

表1 試験飼料および市販飼料の飼料組成

	試験飼料	(参考) 令和5年度試験飼料	市販飼料※1
	(g/100 g)	(g/100g)	(g/100 g 以上)
水分	28.4	34.6	4.3
粗たんぱく質	24.2	23.4	29
粗脂肪	7.7	5.3	2
炭水化物	34.3※3	34.8※3	43.7
粗灰分	5.4	1.9	21
(カルシウム)	0.52	0.15	1.5

※1 市販飼料の栄養成分は公開されている成分表を記載し、水分については記載がなかったため、ふくい水産振興センターで計測した値を記載

※3炭水化物の値は差し引き法により算出した値を記載

表2 試験飼料の飼料組成

	(g/100g)
かつお節(だし殻)	33.6
コンブ(だし殻)	8.6
玄米米粉	24.9
米ぬか	7.5
大豆	6.5
水	6.5
レタス	5.0
小麦粉	4.4
ミネラル	2.6

表3 試験区および対照区における各計測結果等

	試験区	対照区
体重 (g)	10.8±2.3	10.6±2.4
日間摂餌率 (%)	1.9	2.5

※日間摂餌率：1日あたりの摂餌量が体重に対してどれだけの割合であったかを示した値

$$\text{日間摂餌率} = \{ \text{総摂餌量} / (\text{総体重} \times \text{飼育日数}) \} \times 100$$



図1 試験飼料および市販飼料の外観の変化の様子

[考察]

アワビの飼料成分の至適含量はたんぱく質 20～30%⁽¹⁾、炭水化物 20～30%、脂質 3～5%、灰分 4%⁽²⁾の割合が望ましく、これら項目のうち成長に大きく影響するのがたんぱく質である⁽³⁾。試験飼料は粗たんぱく質量が 24.2%であり、アワビに適したたんぱく質の含有量であったといえる。ただ、日間摂餌率は対照区のほうが高かった。これは、試験区が対照区と比較すると、アワビの嗜好性が高いアルギン酸⁽⁴⁾を含むコンブの含有量が低いためであったと考える。

灰分については、試験飼料は灰分量が 5.4%であり、令和 5 年度に作成した試験飼料よりもアワビに適した灰分の含有量であったといえる。また、殻の形成に必要なカルシウムの含有量も前回作成した試験飼料よりも高い割合とすることができた。試験飼料の材料において、灰分（カルシウム）が多く含まれているものはコンブである。そのため、今後はコンブを粉末化することにより、より高い割合で飼料を作成することで飼料の更なる改良を図りたい。

また、飼料の保形性は市販飼料より高かった。給餌後約 24 時間が経過した市販飼料は細かい粒子となる部分があったが、試験飼料は形が崩れず、固形のままであった。この特徴は閉鎖式の循環養殖を実施するうえで、水質の悪化を防ぐことに大きく寄与すると考えられる。

参考資料

- (1) 浮永久, 煙山彰, 渡辺武. アワビ飼料におけるタンパク質の至適含量. 日本水産学会誌. 1986, vol.52, no.6, p.1005-1012
- (2) 浮永久, 煙山彰, 渡辺武. アワビ用試験飼料の基本組成の検討. 日本水産学会誌. 1985, vol.51, no.11, p.1825-1833
- (3) 伊藤智広, 山本大, 瀧田(森)優子, 阿閉耕平, 横山一樹, 中島綾香, 鈴木健吾. 食品加工副産物を利用したクロアワビ (*Haliotis discus discus* Reeve) 養殖飼料の開発. 日本食品科学工学会

詩.2023,vol.70,no.1,p13-24

(4) 真岡東雄,中村烈.アワビ稚貝用人工飼料の実用化に関する研究-1.茨城県水産試験場事業報告.1977,vol.21,p.1-8

(2) 実証試験の背景・目的

廃棄物の活用量を増やすために、多段式陸上養殖水槽を試作し、実際に飼育すること。

○(2) 実証試験の試験方法

- ・ 供試魚 クロアワビ
- ・ 試験場所 福井県水産試験場 企画・先端研究部
- ・ 試験期間 2025年3月6日～3月14日(9日間)
- ・ 数 量 500個(125個×4水槽)
- ・ 方 法
 - ・ アンモニア濃度、亜硝酸濃度、水温、へい死数を測定した。
 - ・ 以下仕様に沿って多段式養殖水槽を試作した

(仕様)

- ・ 水槽の様式：閉鎖循環式
- ・ 多段式陸上水槽の材質：[水槽] アクリル(厚さ5mm)、[架台] 木製
- ・ 多段式陸上水槽のサイズ：約 幅150cm×高さ180cm×奥行き80cm
- ・ 水槽の数：4水槽
- ・ 生物濾過槽サイズ：約 幅70cm×高さ50cm×奥行き41cm(容量100L)

○実証試験の結果・考察

[結果]

多段式陸上養殖水槽を図2のとおり作成した。また、各水質測定結果およびへい死数を図3に示した。飼育期間中の平均水温は17.3℃であった。アンモニア濃度が3.3 ppmとなった3/10にへい死数が90個に増加し、3/14に171個の大量へい死が発生した。



図2 多段式陸上養殖水槽の外観

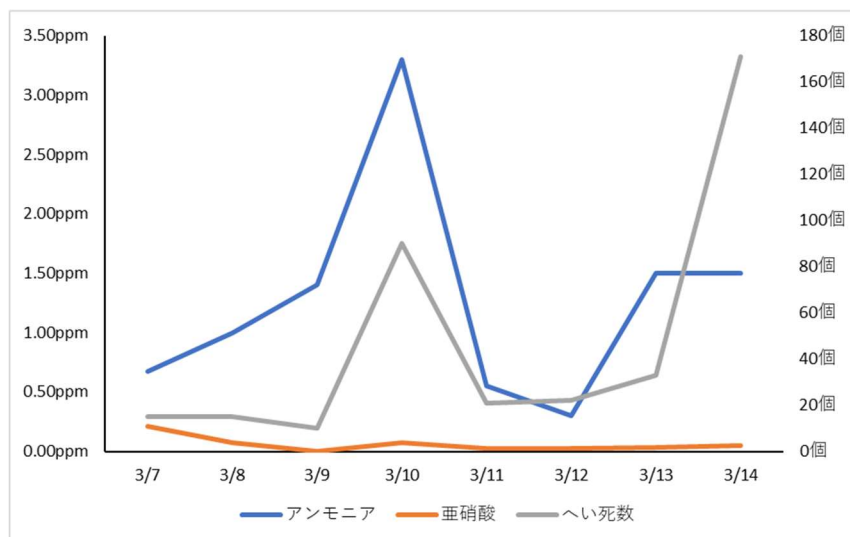


図3 各水質の測定結果およびへい死数の推移

[考察]

大量へい死の原因は、アンモニア濃度の上昇であると考え。従来の知見では、アンモニア濃度は0.2 mg/L 未満で飼育することが望ましいとされる^{※1}。本試験では亜硝酸濃度が非常に低く推移したこと、生物濾過槽の硝化能力が弱かったことが推測される。飼育当初からクロアワビが排出するアンモニアを十分に分解できず、アンモニア濃度が上昇し、大量へい死に至ったと考える。

今後は、本多段式陸上養殖水槽に適した硝化細菌が増殖するまで十分な熟成期間を設けること、また生物濾過槽の容量を現在の約100Lから約200Lに増量することで、硝化能力の強化を図りたいと考える。

参考資料

- (1) 大島義徳,井上昌士,前田茂哉,金井貴弘.アワビの循環式陸上養殖の研究.大林組技術研究所報.2020,no.84

【未利用資源の活用に向けた生産体制の構築】

○未利用資源の運搬方法等の供給体制

- ・だし取り後のコンブ・かつお節は自社工場の廃棄物を再利用する。
- ・大豆、玄米米粉等の原料も自社で使用している物を使い、養殖用飼料の作成は自社で行う。

○肥料や飼料等への活用時の製造工程と配合割合等

・養殖用飼料の製造工程

1. 調合：真空カッターミキサーを用いて、原料を粉碎し、混合
2. 加熱：ボイル調理、スチームコンベクションオーブンにより加熱（125℃ 25分）

3. 包装：真空包装機を用いる

4. ・養殖用飼料の配合割合

	(g/100g)
かつお節(だし殻)	33.6
コンブ(だし殻)	8.6
玄米米粉	24.9
米ぬか	7.5
大豆	6.5
水	6.5
レタス	5.0
小麦粉	4.4
ミネラル	2.6

○肥料や飼料等への活用時のコスト試算（事業として継続可能か）

- ・現段階では遊休設備の一部を利用して養殖用飼料を試作している。遊休設備を整備することで大量生産を行ない、価格・品質の安定した製品が供給出来ると考えられる。
- ・多段式陸上養殖水槽を用いて、アワビを大量に飼育することで、多くのコンブ、かつお節が活用でき、廃棄費用の更なる減少が見込める。

○活用時に想定されるリスク

- ・工場内でのだし取り後のコンブ・かつお節の冷却時間及び水切り時間が確立していないことにより、品質にばらつきが生じる可能性がある。

○未利用資源を活用して栽培した農作物等の販売方法

- ・自社工場でアワビを加工品（干しあわび・煮あわび・蒸しあわび等）として販売。
- ・自社施設内の「ラブとるズガーデン（アメリカンBBQ施設）」での商品として提供。

【実証試験から生産体制の構築までの検証 試験全体のまとめ】

○事業実施に向けた今後の課題

- ① 成長に最も影響を与えるのはたんぱく質であり、試験飼料のたんぱく質含量は24.2%で、アワビに適していた。しかし、日間摂餌率は対照区の方が高かった。これは、試験飼料に含まれるアワビの嗜好性が高いアルギン酸を含むコンブの含有量が低いためであったと考える。

灰分については、試験飼料の灰分量が5.4%で、前年度の試験飼料よりも適していた。また、カルシウム含量も高く、殻の形成に寄与することも期待された。今後は、コンブを粉末化することで、コンブの含有量を増やすことで飼料の改良を図る予定である。

また、試験飼料の保形性は市販飼料よりも高く、給餌後約24時間が経過しても形が崩れず、水質の悪化を防ぐ効果が期待された。

- ② 500個体/水槽が飼育可能な多段式陸上養殖水槽を試作した。本多段式陸上養殖水槽を複数個設置することで、省スペースでも大量のアワビの飼育が可能となり、廃棄物を活用した

試験飼料の利用料も増加することが期待される。今回の試験では、アンモニアの分解が進まず、大量へい死となってしまったが、硝化細菌が増殖するまで十分な熟成期間を設けると、また生物濾過槽の容量を増量することで、硝化能力の強化を図りたいと考える。