

資料

ドジョウの水田養殖における米糠の利用性

石山尚樹*

Utilization of rice bran powder in paddy field aquaculture of the oriental weather loach

Naoki ISHIYAMA

To reduce feed costs in loach paddy field aquaculture, I focused on rice bran and examined the effect of replacing commercial formula feed and the habitat of benthic organisms. The results of feeding oriental weather loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) larvae with different mixing ratios of compound feed and rice bran showed that loach growth slower and the daily growth rate and feed efficiency became lower as the mixing ratio of compound feed to rice bran increased. The effect of replacing rice bran with compound feed could not be confirmed. Benthic organisms were most abundant in the test ponds where rice bran was dispersed. Almost no benthic organisms were observed in the test ponds where loach larvae were released into and fed with rice bran from the middle of the test. Because the loach are thought to have grown by feeding on the benthic organisms generated by the rice bran, it is necessary to consider ways to increase the number of feed organisms when rice bran is used in the future.

キーワード：ドジョウ, 水田養殖, 米糠, 底生生物
2023年4月27日受付 2024年7月19日受理

ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* は池沼や水路, 水田, 河川中・下流域に生息し, 日本列島に広く分布する (中島 2017)。水田地帯では古くから我々の原風景として馴染みの魚であり, 貴重な水産資源として積極的に利用され, 水田養殖は大正時代より試みられている (清水 2014)。ドジョウの水田養殖は, 農家が耕作放棄地の荒廃防止, 副収入の確保, 地域の活性化を目的として取り組むことが多く, 養殖においては水稻栽培と比べて高額な機械や労働作業が要らない利点も挙げられる (大概 2021)。山あいや谷地田など自然条件が悪いことや労働力不足により, 耕作放棄地を含む荒廃農地は中山間農業地域に多くみられる (農林水産省 2023)。現在, 中山間農業地域で耕作放棄地を活用したドジョウの水田養殖は, 島根県, 石川県, 秋田県, 岡山県, 富山県をはじめとして日本各地で行われている。

ドジョウの水田養殖の餌はドジョウ専用の養殖用配合飼料がないため, 他魚種用の配合飼料が用いられる。近年, 主原料である魚粉で世界的な需要拡大を背景に, 養殖用配合飼料は価格が上昇傾向にあり, 生産経費を抑えるためには飼料費を抑える取り組みが求められる。石川県内のドジョウ生産者は養殖を始めた 2012 年以降は市販配合飼料を使用していたが, 2019 年ごろから飼料費を減らすため, 米糠の栄養素への期待と市販配合飼料の表示票に米糠が記載されていることから, 市販配合飼料に米糠を混合してドジョウに給餌する事例が散見された。米糠は玄米を精白する際に発生する加工残渣物である。食品における米糠の栄養成分は可食部 100g 当たり炭水化物 48.8g, 脂質 19.6g, 蛋白質 13.4g であり, 炭水化物の割合が最も高い (文部科学省 2020)。コイ *Cyprinus carpio* ではエネルギー源として炭水化物を

* 石川県水産総合センター
〒 927-0435 石川県鳳珠郡能登町字出津新港 3-7
Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center
3-7, Ushitsu-shinko Noto, Ishikawa, 927-0435, Japan
E-mail : cisiyama@pref.ishikawa.lg.jp

効率的に利用することが確認されている（深津・土橋 1984）。同じコイ目に属するドジョウにおいてもコイと同様に効率的に利用できることが想定される。

ドジョウは、ユスリカ類幼虫などの水生昆虫、ケンミジンコ類、附着藻類など動植物を含め幅広い食性を持つ（久保田 1961a, 鈴木 1982, 松澤ら 農業土木学会全国大会講演要旨集 2006）。米糠はドジョウを籠で漁獲する際の誘引物質や養殖用の餌として利用されることがある（久保田 1961a, 牧野 1996）。米糠, サナギ粉などの餌料で高密度飼育した場合, 他魚種よりも餌料効率が低く, 餌が無駄になることが多い（鈴木 1982）。ドジョウに配合飼料と米糠あるいは小麦糠を用いて比較した給餌試験では, 配合飼料の方が良好な結果が得られている（頼ら 1969, 田中 1982）。しかし, 水田養殖対象種のホンモロコ *Gnathopogon caerulescens* では米糠の給餌により摂餌行動が観察され, 成長速度の低下があるものの, 養殖池で自然発生した微生物を利用することで不足する栄養素を補う可能性があることから, 配合飼料からの置き換え効果があることを示唆している（石原ら 2018）。

ドジョウの水田養殖では, 米糠の利用はドジョウの餌料効率の低下がみられるが, 適切に利用すれば飼料費の削減として市販配合飼料から置き換えできる可能性がある。米糠の利用にあたってはドジョウの餌となる底生生物が発生しやすい屋外環境の養殖池では頼ら（1969）や田中（1982）のように知見がある一方で, 底生生物が存在しない条件で米糠を用いてドジョウを育成した知見はない。そこで, 底生生物が存在しない条件で, 市販配合飼料と代替餌料である米糠を用いて置き換え効果について検討した。また, ドジョウの養殖池で米糠を給餌した際の底生生物の生息状況の動向は定かではないことから, ドジョウの成長と底生生物の生息状況について検討した。水田養殖の開始時期から米糠を用いることを想定して, この試験を実施した。この結果, ドジョウの成長, 米糠による置き換え効果, 底生生物の生息状況などの知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 供試魚と飼育方法 石川県内の河川で採捕した天然個体由来で, 石川県水産総合センター内水面水産センター（石川県加賀市山中温泉荒谷町）の養殖池で継代飼育したドジョウであり, 国内在来種とされるB1系統を用いた。複数の個体から人工授精法で得た受精卵を容量 1.2m³ 楕円水槽に収容し, 2日後にふ化した。水温を 26℃ に設定し, 餌には淡水ワムシ, プラインシュリンプ, 市販配合飼料を成長に合わせて切り替え, 30日齢まで飼育した。

2. 餌料の栄養成分 試験に使用した餌料は市販配合飼料と米糠である。米糠は石川県小松市内の自動精米所か

ら入手した。市販配合飼料と米糠の成分分析は北陸保健衛生研究所に委託した。

3. 配合飼料の置き換え試験 2020年7月6日から9月9日に同センターの敷地で実施した。配合飼料の置き換え効果を確認するため, 市販配合飼料と米糠の混合割合を重量当たり 25% ずつ変えて 5つの実験区（配合飼料区, 25%米糠区, 50%米糠区, 75%米糠区, 100%米糠区と記す）を設け, 各餌料の必要量を計った後, 容器に入れて均一になるように攪拌させた。全実験区に反復を 1つずつ設定し, 5実験区×2水槽の計 10水槽とした。

飼育環境は, 砂を 2cm 程度敷いたガラス製水槽（幅 60cm×奥行 30cm×高さ 36cm）にフィルター（テトラビリーフィルター, スペクトラム ブランズ ジャパン株式会社）を設置し, 飼育水を循環させた。各水槽にドジョウ稚魚 20尾（平均全長 28~30mm）を収容し, 自然光で 65日間飼育した。鈴木（1982）に基づいて, 給餌の頻度は平日に 1日 2回, 開始時の給餌量は給餌率 10% に設定した。これ以降の給餌量は, 影平（2005）を参考に, 配合飼料区の水槽における残餌の有無を判断基準に調整し, 全水槽で同じ重量になるように調整した。給餌方法は餌料を 0.1g 単位で計量後に水槽へ投入し, 水面を攪拌したうえで水槽底へ沈めた。実験期間中の水温は 20.0~26.6℃ であった。開始と終了時に各水槽のドジョウを取り上げ, 尾鱗や尾柄部の欠損が確認できないことから全長を測定し, 生残数と全重量を記録した。試験期間中に, 水槽内でユスリカ類幼虫などの底生生物は目視で確認できなかった。

4. 水田養殖池における米糠の施用試験

(1) 飼育方法 2020年6月9日から10月9日に同センターの敷地にある, ドジョウを捕食する生物の侵入を防止するためビニールハウス内のコンクリート池（幅 0.90m×奥行 5.30m×水深 0.55m: 底面積 4.77m²）で実施した。実験区は, 何も入れない（以下, 対照区と記す）, 米糠の散布（以下, 米糠区と記す）, 米糠の散布とドジョウの収容（以下, 米糠+ドジョウ区と記す）, 市販配合飼料の給餌とドジョウの収容（以下, 配合飼料+ドジョウ区と記す）を設けた。

飼育環境は, コンクリート池に砂を 5cm 程度敷き, 2か所で通気させた。全試験池は 2019年秋までドジョウの育成のために使っており, ドジョウを収容した 2試験池は 2020年4月まで飼育していた。試験は 6月9日に開始し, ドジョウを収容する区では稚魚 250尾（平均全長 25~26mm）を放養した。対照区を除いた区では, 開始時の投入量を 1回あたり 10g に設定し, 平日に 1日 2回散布した。水田養殖池の飼育水は基本的に植物プランクトンまたは浮泥で濁っており, 残餌の確認は難しく, 給餌時にドジョウも水面に浮上しないため, 給餌量は配合飼料+ドジョウ区の計測時におけるドジョウの体形と飼

育水の色を判断に調整し、3試験池で同じ重量になるように調整した。毎月2回、籠で採捕したドジョウの全長と体重を記録した。終了時の10月9日には試験池の水を抜き、ドジョウを採捕した。1回の作業では完全に捕りきれないため、10月12日にも採捕した。10月9日から12日の期間は給餌を行わなかった。実験期間中の水温は16.5～30.2℃であった。

(2) 底生生物の採取 ドジョウの餌料生物の指標としてユスリカ類幼虫およびイトミミズ類の生息密度と現存量の推移を把握するため、コドラート調査を実施した。コドラート調査は鶴田ら(2009)と長(2012)を参考に、毎月3回、硬質塩化ビニル管(内径100mm)を用いて各池3点から底土を採取した。採取した試料は、上から順に目合5.0, 2.0, 0.125mmの篩で砂と底生生物を選別し、目視で確認できた底生生物を記録した。採捕した生物は大まかな種類ごとに個体数、湿重量(0.01g単位)を求めた。底生生物の湿重量とコドラート面積から1m²当たりの湿重量を算出し、試験池の底面積を掛けて、現存量を求めた。

5. 結果解析 久保田(1961b)と山本ら(2003)を参考に肥満度、日間成長率、餌料効率に次の計算式から求めた。各データを比較のために統計検定としてt-testを用いた(P<0.05)。

$$\begin{aligned} \text{肥満度 (g/(mm)}^3 \cdot 10^6) &= BW2/TL^3 \cdot 10^6 \\ \text{日間成長率 (\%/日)} &= [\ln(BW2) - \ln(BW1)]/D \cdot 100 \\ \text{餌料効率 (\%)} &= (W2 - W1)/Wf \cdot 100 \end{aligned}$$

BW1: 開始時の平均体重(g)
BW2: 終了時の平均体重(g)

W1: 開始時の総重量(g)
W2: 終了時の総重量(g)
Wf: 総給餌量(g)
TL: 全長(mm)
D: 飼育日数

結果

1. 餌料の栄養成分 委託分析した市販配合飼料100g当たりの栄養成分は、水分7.5g、蛋白質45.0g、脂質5.9g、炭水化物28.4g、灰分13.2gであり、米糠では水分9.9g、蛋白質14.3g、脂質21.5g、炭水化物45.6g、灰分8.7gであった。

2. 配合飼料の置き換え試験 試験結果は表1に示した。ドジョウの生残率は50%米糠の1水槽で70%と低かったものの、他の水槽では80%以上とへい死個体は少なかった。ドジョウは基本的に底層を遊泳しており、水面に浮いている個体は確認できなかった。配合飼料区では残餌が確認できなかった一方で、米糠を給餌した4試験区では残餌が確認された。

終了時におけるドジョウの全長と体重は、市販配合飼料の混合割合を減らし、米糠の混合割合を増やすと小さくなる傾向がみられた。配合飼料区の各水槽の肥満度と日間成長率は6.30, 2.14%/日および6.26, 1.81%/日であり、100%米糠区では4.27, -0.02%/日および4.45, 0.17%/日であり、配合飼料の混合割合を減らし、米糠の混合割合が増やすと低下する傾向にあった。100%米糠区における終了時のドジョウの外見は著しく痩せていた。同様に、増重量と餌料効率も米糠の混合割合を増やすと、減少する傾向にあった。

表1. 配合飼料と米糠を用いたドジョウ稚魚の給餌試験の結果

項目/試験区	配合飼料区		25%米糠区		50%米糠区		75%米糠区		100%米糠区		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
飼育期間	2020.7.6~9.9										
飼育日数(日間)	65										
尾数	開始時	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	終了時	19	20	19	18	16	14	19	16	29	19
生残率(%)		95	100	95	90	80	70	95	80	100	95
全長(mm)	開始時	28±3	29±3	29±3	29±2	29±2	29±2	30±3	29±2	29±3	28±2
	終了時	43±5	43±4	42±2	41±3	38±4	39±3	37±3	37±3	32±3	32±3
体重(g)	開始時	0.13	0.16	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14	0.13
	終了時	0.51	0.51	0.45	0.40	0.30	0.33	0.26	0.25	0.14	0.14
肥満度(g/(mm) ³ ・10 ⁶)		6.30	6.26	5.92	5.66	5.36	5.59	4.98	5.06	4.27	4.45
日間成長率(%/日)		2.14	1.81	1.87	1.62	1.09	1.36	0.79	0.92	-0.02	0.17
総増重量(g)		7.13	7.03	5.90	4.37	1.85	1.88	1.82	1.25	-0.03	0.15
総給餌量(g)		14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
餌料効率(%)		49.2	48.5	40.7	30.1	12.8	13.0	12.6	8.6	-0.2	1.0

全長は平均値±標準偏差を示す。

3. 水田養殖池における米糠の施用試験

(1) 供試魚の育成状況 ドジョウの全長と体重の推移は図1、試験結果は表2に示した。米糠+ドジョウ区では開始時に平均全長 $26 \pm 2\text{mm}$ (平均値 \pm 標準偏差)、平均体重 0.08g であり、終了時の10月9日の $66 \pm 6\text{mm}$, 1.24

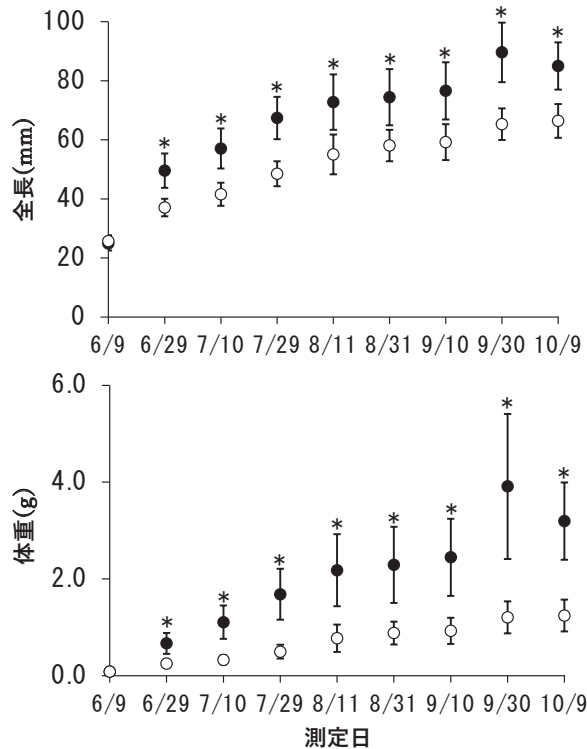


図1. 米糠の施用試験におけるドジョウ稚魚の全長と体重の推移
●: 配合飼料+ドジョウ区, ○: 米糠+ドジョウ区, 縦線は標準偏差を示す。*は同じ測定日における両区間の全長と体重で有意差がみられたことを示す ($P < 0.05$, t -test)。

表2. 米糠の施用試験におけるドジョウ稚魚の育成結果

項目/試験区	米糠+ドジョウ区	配合飼料+ドジョウ区
試験期間	2020.6.9~10.9	
飼育日数(日間)	122	
尾数	開始時	250
	終了時	162
生残率(%)	85.2	64.8
全長(mm)	開始時	26 ± 2
	終了時	66 ± 6
体重(g)	開始時	0.08
	終了時	1.24 ± 0.33
肥満度($\text{g}/(\text{mm})^3 \cdot 10^6$)	4.17 ± 0.33	5.16 ± 0.86
日間成長率(%/日)	2.22	2.96
総重量(g)	開始時	20.83
	終了時	256.28
総増重量(g)	235.45	235.05
総給餌量(g)	2,385	2,385
餌料効率(%)	9.9	20.0

全長、終了時の体重、肥満度は平均値 \pm 標準偏差を示す。終了時の全長と体重には両区間で有意差がみられた ($P < 0.05$, t -test)。

$\pm 0.33\text{g}$ まで緩やかに成長した。配合飼料+ドジョウ区のドジョウは $25 \pm 2\text{mm}$, 0.09g であり、終了時の10月9日には $85 \pm 8\text{mm}$, $3.20 \pm 0.80\text{g}$ まで成長した。ドジョウの全長と体重において、試験開始20日後である6月29日以降において、配合飼料+ドジョウ区のドジョウは米糠+ドジョウ区と有意差が見られた。日間成長率は米糠+ドジョウ区2.22%, 配合飼料+ドジョウ区2.96%であり、米糠より配合飼料を給餌したドジョウの方が成長は早かった。肥満度は、米糠+ドジョウ区 4.17 ± 0.34 , 配合飼料+ドジョウ区 5.16 ± 0.86 であり、配合飼料を給餌したドジョウの方が体形は大きかった。終了時の増重量は米糠+ドジョウ区 235.45g , 配合飼料+ドジョウ区 477.05g であり、餌料効率は米糠+ドジョウ区9.9%, 配合飼料+ドジョウ区20.0%であり、配合飼料+ドジョウ区は米糠+ドジョウ区に比べ約2倍の差があった。生残率は米糠+ドジョウ区で85.2%, 配合飼料+ドジョウ区で64.8%であり、米糠+ドジョウ区で生残率が高かった。

(2) 底生生物の生息状況 確認できた底生生物はユスリカ類幼虫(ユスリカ亜科 Chironominae, エリユスリカ亜科 Orthocladiinae), イトミミズ類 Tubificidae, ドジョウ, カワナ Semisulcospira libertina, モノアラガイ Radix auricularia japonica, サカマキガイ Physa acuta, トビケラ類幼虫 Trichoptera, ガガンボ類幼虫 Tipulidae であった。供試魚であるドジョウを除いた底生生物の生息密度と現存量について、4試験区における試験期間中の推移を図2に示した。ユスリカ類幼虫とイトミミズ類は全試験区で出現しており、生息密度では他の底生生物に比べて優占していた。ユスリカ類幼虫とイトミミズ類以外の底生生物は両者に比べて採捕数が少ないことから、その他としてまとめた。

対照区では、ユスリカ類幼虫は6月9日から徐々に増加し、7月21日と8月11日をピークとする二峰形であり、8月21日以降は $297 \sim 1,995$ 個体/ m^2 で増減を繰り返した。イトミミズ類の生息密度と現存量は9月30日まで緩やかに増加し、10月9日に急激に増加した。米糠区では、ユスリカ類幼虫は開始時の6月9日から徐々に増加し、8月21日の生息密度は $10,610$ 個体/ m^2 , 現存量は 159.9g と最も高くなり、8月31日以降は徐々に減少した。イトミミズ類は、他の試験区に比べて出現が最も少なかった。米糠+ドジョウ区では、イトミミズ類の出現が多く、ユスリカ類幼虫とイトミミズ類の生息密度と現存量は6月9日から7月29日まで増減を繰り返しながら出現していたが、8月11日以降はほとんど確認できなくなった。配合飼料+ドジョウ区は開始時の6月9日から7月9日までイトミミズ類の生息密度および現存量は多く、イトミミズ類とユスリカ類幼虫の生息密度は6月29日に $11,799$ 個体/ m^2 と最も高くなり、7月9日以降は徐々に減少し、9月18日以降はほとんど確認できなくなった。

その他では、サカマキガイは対照区および米糠区で8

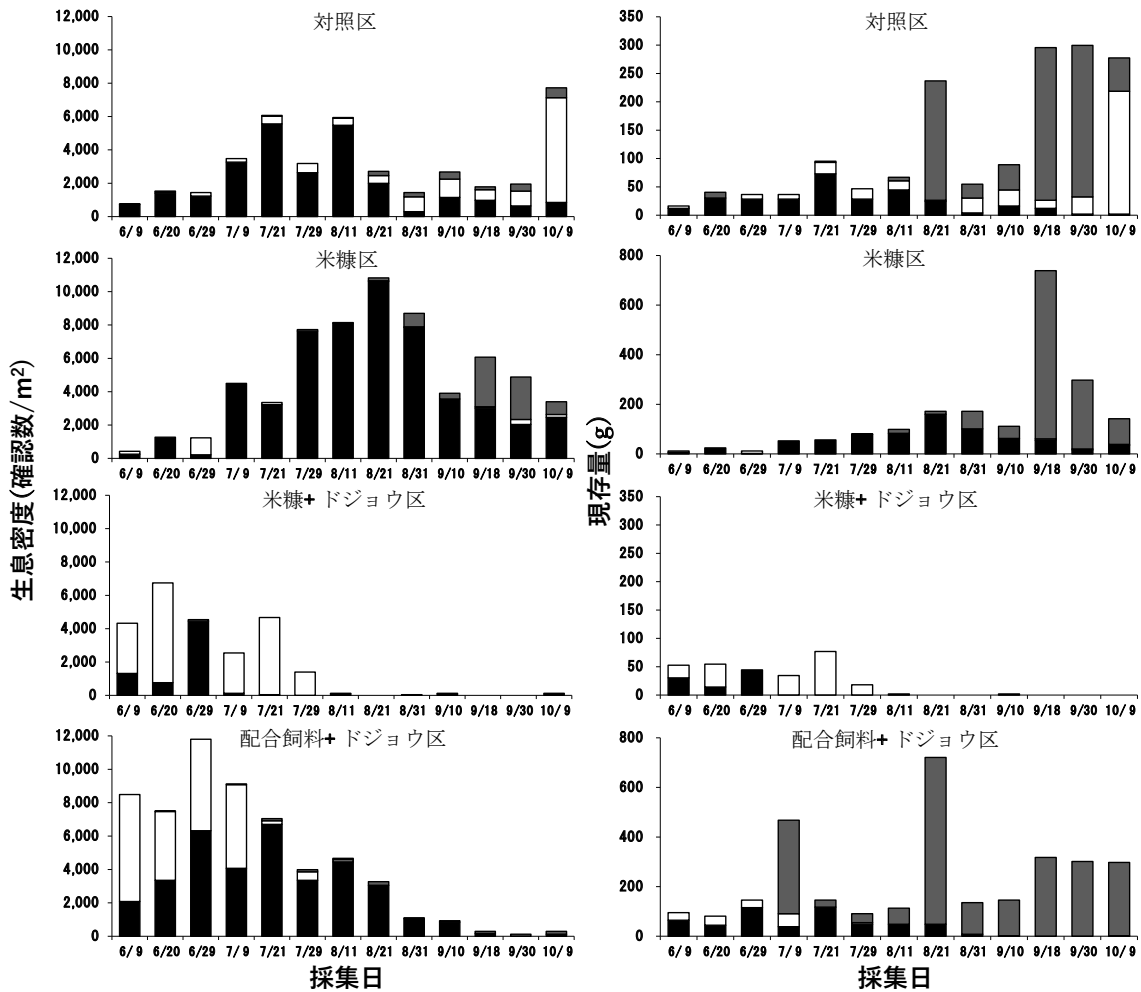


図2. 底生生物の生息密度と現存量の推移

■：ユスリカ類幼虫，□：イトミズ類，■：その他を示す。その他には、カワニナ、モノアラガイ、サカマキガイ、トビケラ類幼虫、ガガンボ類幼虫が含まれる。

月21日以降、カワニナは配合飼料+ドジョウ区で6月20日以降に採捕された。これに伴い、サカマキガイとカワニナの重量の影響で、対照区、米糠区、配合飼料+ドジョウ区の現存量は大きく増減した。

考 察

ドジョウ水田養殖において飼料費の削減のため、代替餌料として安価で入手が容易な米糠に着目し、配合飼料の置き換え効果と底生生物の生息状況について検討した。

配合飼料の置き換え効果においては、底生生物が存在しない水槽環境で、市販配合飼料と米糠の混合割合を重量基準で25%ずつ変えた5段階でドジョウを育成した。分析した米糠の栄養成分は炭水化物が45.6%と最も多く、魚類の成長に大きく貢献する粗蛋白質14.3%は市販配合飼料45.0%に比べて少ない。市販配合飼料と米糠の比率から、5段階における粗蛋白質の含有率は、市販配

合飼料の混合割合が大きい方から45.0, 37.3, 29.7, 22.0, 14.3%と推定される。底生生物が存在しない環境において、米糠の混合割合を徐々に増やし成育させたドジョウの肥満度、日間成長率および餌料効率は低下した。田中（1982）では底生生物の存在は不明であるものの、ドジョウ（体重1.9g）に配合飼料と50%を小麦糠に置き換えて66日間飼育した試験では、配合飼料で育成したドジョウの餌料効率は25.7%、小麦糠で50%置き換えたドジョウでは3.5%と低い結果が報告されている。このことから、ドジョウに米糠を給餌しても成長にはほぼ貢献しておらず、配合飼料から米糠へ置き換えることは難しいと考えられる。一方で、底生生物が存在する環境において米糠で育成したドジョウは、市販配合飼料で育成した個体 비해成長は劣るものの、底生生物が存在しない条件において米糠で育成した個体と比べると日間成長率、餌料効率は高い結果が得られたことから、底生生物を摂餌して成長していると考えられる。

ユスリカ類幼虫およびイトミズ類は何も投入しない

試験池に比べ、米糠を散布した試験池で多く出現した。次に、ドジョウを収容し米糠を散布した試験池ではユスリカ類幼虫およびイトミミズ類は開始時に出現が多かったものの、試験途中からほとんど確認できなくなった。配合飼料を給餌した試験池では、米糠を散布した池に次いでユスリカ類幼虫の出現が多かった。ユスリカ類幼虫およびイトミミズ類は魚類の餌料として重要な動物群集として認識されている（栗原・菊池 1983, 平林・中本 2001）。水稲有機栽培では米糠を散布すると、ユスリカ類幼虫の増殖効果が確認されている（堀内・前田 2006）。また、イトミミズ類においても堆肥や有機質肥料を積極的に活用する水田では増加する（伊藤ら 2011）。このことから水稲水田と似た環境である試験池においても、米糠の散布でユスリカ類幼虫およびイトミミズ類が増殖したと考えられる。矢田（1981）では乾燥鶏糞の施肥と自家餌料の組み合わせでティラピアを飼育した際に底生生物の生息密度の推移も調べている。試験池の出現種はユスリカ幼虫とわずかなイトトンボ幼虫であり、ユスリカ幼虫の生息数は実験初期に多く、その後は減少したことから、池底泥中の天然餌料を高度に利用していると推論している。今回の試験においても米糠および配合飼料を給餌した試験池では試験途中からユスリカ類幼虫およびイトミミズ類がほとんど確認されなかったことから、ドジョウは増殖した底生生物を摂餌していると考えられる。また、配合飼料を散布した試験池では試験途中からユスリカ類幼虫の生息密度が低下しており、これは設定した給餌量では途中から少なくなったためにドジョウが底生生物を捕食して不足分を補ったと推測される。

今回の結果では、ドジョウの水田養殖で飼料費を削減するために、ドジョウに米糠を給餌したところ、ドジョウは米糠で増殖した底生生物を摂餌して成長した。一方で、米糠で育成したドジョウの肥満度や日間成長率は市販配合飼料に比べて低下した。石川県内でドジョウ生産者が米糠の給餌のみで全長 10cm 程度まで育成したドジョウを調理した際に可食部が少なく、ドジョウの蒲焼きに使用できなかった事例もみられた（石山 私信）。今回の試験では米糠の投与量および投入時期と餌料生物の増殖の関係などについて検証していない。適切な利用方法が明らかになれば、米糠が水田養殖で利用できる可能性がある。

謝辞

匿名の査読者の皆様から非常に有益な意見を賜りました。この場を借りて、深く感謝を申し上げます。

文献

深津鎮夫・土橋豊一（1984）コイ用飼料原料の蛋白質源および糖質源としての飼料価値について。長野県水産試験場研究報告, 1, 37-57.

平林公明・中本信忠（2001）水辺におけるユスリカ類に関する研究の現状とその課題。日本生態学会誌, 51, 23-40.

堀内直彦・前田忠信（2006）水稲有機栽培の米ぬか・くず大豆田面施用による水稲生育と雑草抑制メカニズム。日本作物学会関東支部会報, 21, 20-21.

石原学・武田維倫・渡邊長生・尾田紀夫（2018）加工残渣の利用によるホンモノ飼料自給率向上の試み（平成 28 年度）。栃木県水産試験場研究報告, 61, 14-16.

伊藤豊彰・川瀬莉奈・原宏太・今智穂美（2011）冬期湛水・有機栽培水田の土壌動物：イトミミズの生態と機能（有機農業を巡る土壌微生物・小動物, シンポジウム）。土と微生物, 65, 94-99.

影平真明（2005）淡水魚：水産増養殖システム 2。恒星社厚生閣, 東京, pp.211-225.

久保田善二郎（1961a）ドジョウの生態に関する研究-II 食性。農林省水産講習所研究報告, 11, 177-195.

久保田善二郎（1961b）ドジョウの生態に関する研究（IV）：成長度および肥満度について。農林省水産講習所研究報告, 11, 213-234.

栗原康・菊地永祐（1983）イトミミズと雑草：3. 水田生態系制御への試み。化学と生物, 21, 398-404.

牧野博（1996）ドジョウー養殖から加工・売り方まで。農山漁村文化協会, 東京, 159p.

農林水産省（2023）荒廃農地の現状と対策。
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/attach/pdf/index-2.pdf>, 2023 年 6 月 27 日.

文部科学省（2020）日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）。
https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_01110.html, 2023 年 6 月 27 日.

中島淳（2017）日本のドジョウ。山と溪谷社, 東京, 224p.

長雄一（2012）水田農法別の陸生・水生・土壌動物相の比較。環境科学研究センター所報, 2, 41-46.

大槻崇子（2021）国内養殖どじょうの流通システムの現状と課題—大分県および鳥根県安来市を事例として—。食品経済研究, 49, 4-17.

清水孝昭（2014）ドジョウ：資源利用と攪乱。魚類学雑誌, 61, 36-40.

鈴木亮（1982）図解/ドジョウの養殖。緑書房, 東京, 101p.

田中繁雄（1982）ドジョウの池中養殖のための技術開発試験（2）。埼玉県水産試験場研究報告, 41, 44-80.

鶴田哲也・多田翼・小寺信義・赤川泉・井口恵一朗（2009）千曲川流域の水田における底生動物の群集構造に及ぼす捕食者と除草剤の影響。陸水学雑誌, 70, 1-11.

山本剛史・鞍本裕子・古板博文・鈴木伸洋・神原淳（2003）大豆油粕およびコーングルテンミール主体ニジマス稚魚用無魚粉飼料の有効性。水産増殖, 51, 211-217.

矢田敏晃（1981）給餌、施肥および両者の併用池におけるティラピア・ニロチカとカワチブナの生産量の比較。水産増殖, 29, 190-197.

頼茂・長峰良典・青山禎夫・橋爪政男（1969）ドジョウ養殖試験。青森県水産試験場事業概要 昭和 44 年度, 209-211.