

## 5 ドジョウ飼育と水耕栽培 ドジョウも野菜も美味しい!

浜松市立東部中学校

1年 露木 愛

### 1 研究のきっかけ

自宅前の排水路に草が生えているのを見て、校外学習で見学した水耕栽培に似ていると思った。水槽でドジョウも野菜も大きく育つ水耕栽培を目的に研究を始めた。野菜の肥料はドジョウの餌として与える有機物であり、ドジョウも野菜も食べることができる点に注目して研究をした。

### 2 研究の経過

小学4年生の研究で自宅前の排水路や、すいれん鉢、金魚鉢、ドジョウの水槽、牛フン堆肥を溶かした水などで、チンゲンサイを水耕栽培した。金魚には根を食べられてしまったが、ドジョウの水槽ではチンゲンサイの根が伸び、少し育った。

小学5年生の研究で、ドジョウを飼いながらの水耕栽培「家の中での植物工場」を目指した。ドジョウの餌を、米ぬかと「鯉ソリュブル」(カツオの煮汁)で作った。

小学6年生では、節電のために、ドジョウを飼いながら省エネ水耕栽培を試みた。ドジョウが元気に、植物も大きく育つ方法を考えた。水中に溜まった硝酸態窒素を肥料として利用するには、培地を使った方がうまくいく。ドジョウの餌、ふん、尿などを分解する「硝化菌」には酸素が必要で、何かの表面に付いて増え、活動する菌であることが分かった。

### 3 ドジョウの飼育と水耕栽培の目的

ドジョウに限らず、魚は排泄物としてアンモニア態の窒素を水中に出す「アンモニア態窒素」は微生物によって「亜硝酸態窒素」となり、さらに微生物によって「硝酸態窒素」になって安定する。これらの微生物を総称して「硝化菌」と呼ぶ。

植物は硝酸態窒素を肥料分として根から吸収する。硝酸態窒素が蓄積した水槽水では藻が繁殖するので、硝酸態窒素を減らすために、たびたび水替えをしなければならない。水槽内の硝酸態窒素を植物が吸収することは、魚にとっても、飼育する人のとっても都合が良いことも実験で分かった。

亜硝酸態窒素は有害な物質なので「どれだけスムーズに魚の排泄物を硝酸態窒素に出来るか」が重要になる。農研機構野菜茶業研究所の篠原さんのお話をうかがい、土を微生物源として、硝化菌が活動しやすい養液を作ってから、水耕栽培を始めることにした。篠原さんや、農園会社「京丸園」の叔父によると、現在の水耕栽培は化学肥料 100%で行われているので、有機物が水耕栽培の肥料にできれば「かなり価値がある」という。ドジョウも、食材として優良で美味しいと聞いたので、ドジョウも野菜も食べられることを目標にした。

### 4 ドジョウの餌を何にするか

2年前に、米ぬかと鯉ソリュブルの練り餌を手作りした。しかしドジョウが思うように食べなかったため、鯉ソリュブルは水に溶けたが、米ぬかはいつまでも残り、水中を浮遊していた。ドジョウが死ぬこともあった。

ドジョウの餌としては「水に沈む餌」や「ドジョウが好む臭いのある餌」「ドジョウが良く食べ、硝化されやすい餌」「ドジョウが速く、大きく、美味しく育つ餌」ということが必要だと考え、次

の2案を試した。

(案1) カツオ粉+ひき割り納豆+黒砂糖

市販の餌には魚粉が原料として使われている。スーパーで手に入る魚粉の中から、臭いがよく、手入りやすいカツオ粉を選んだ。魚粉だけでは米ぬかと同じく水中を浮遊してしまうので、固めるために納豆をプラスした。試すと、魚粉が固まって沈んだ。「よい香りで、微生物を元気にさせる」と勧められた黒砂糖も入れた。

(案2) 乳児用粉ミルク+卵黄+黒砂糖

「元気に育つ」で思いついたのが牛乳を卵だった。牛乳は水分が多すぎるので、硝化もよく栄養も整った乳児用の粉ミルクを用いた。案1と同じ理由で、黒砂糖も加えた。

(1) 実験方法

- ① 餌を1.0g ずつのタブレットにする。餌がまとまり、作りやすい割合は〈案1：カツオ粉40g・ひき割り納豆40g・粉黒砂糖4g〉〈案2：粉ミルク39g・卵黄(1個)20.6g・粉黒砂糖3g〉黒砂糖は微生物の活性と香りのためなので、納豆の10分の1(4g)を入れた。カツオ粉は餌がまとまるまで徐々に入れ、40gとなった。案2は、卵黄1個分を基本にした。スティックタイプの粉ミルク(1本13g)は大変溶けやすくタブレットにできないので、3本(計39g)を卵黄に混ぜた。黒砂糖は、案1と同じ割合になるように、約3gを混ぜた。
- ② 2つの水槽(汲み置き水10L・硝化菌のいる養液10L)にドジョウ(やすぎどじょう生産組合から購入)を10匹ずつ(1匹の重さ約5g)入れる。各水槽に毎日、タブレット状の餌を1個ずつ入れる。

(2) 結果

餌を入れて1日目、案1の餌は入れて5秒もすると、ドジョウが次々と寄ってきて争うように食べ、3分で食べ終わった。案2の餌は、3分ぐらいで近くのドジョウがつつきだし、30分後には無くなったが、養液は濁っていた。

2日目、案1の餌は争って食べた。案2の餌には、そういった反応がみられず、数匹がつついている。餌は30分後になくなり、養液は濁っているが、6時間後には透明になった。

3日目、案2のドジョウが1匹死んでしまった。養液は昨日餌を入れてから20時間たっても、少し濁っていた。案1、2の水槽には、どちらもドジョウのフンらしきものが浮遊し始めた。

4日目、案2のドジョウが2匹死んだ。どちらの水槽の上も、小さくなった餌やフンなど、砂表面に落ちたものを砂ごと吸い込み、砂をえらから吐き出していた。砂と、ろ過付きエアポンプを入れたので、浮遊物はなくなった。

5日目、案2のドジョウがさらに2匹死んだ。案1の水に比べ、案2の方が濁って見えた。案2のドジョウが計5匹死んだので、実験を終了した。

(3) 考察

案1の餌の方がドジョウには良かった。臭いがあるカツオ粉をまとめられるものとして納豆を選んだが、「納豆菌」という脂肪やたんぱく質を分解する微生物を含んでいるので、それも、この餌でドジョウがうまく飼育できた原因かもしれないと考えた。

案2の水が濁ったことと、ドジョウが死んだことは無関係ではない。これまでの研究で、ドジョウは水作りが十分でない、つまり、硝化菌がスムーズにアンモニア態窒素から硝酸態窒素まで変えていけない水に大変弱いことが分かっている。案2は卵黄とミルクが粘土状になり、水中に溶けたミルクや卵黄成分は分解しにくいので、結果としてドジョウが死んでしまったと考えた。

5 養液を作る

(1) 目的

アンモニア態窒素から硝酸態窒素に速やかにかわる養液を作る方法を追究する。硝化の過程を試験紙で調べる。

## (2) 実験方法

水 10L に、畑土をつめた不織布 10g、鯉ソリュブル 10g を入れ、ポンプでエアレーションし、試験紙で硝酸、亜硝酸、アンモニアを測定する。

## (3) 結果と考察

有機物が分解されると、まずアンモニア態窒素になり、アンモニアが亜硝酸態窒素になり、硝酸ができてくる様子が分かった。

17 日間で硝化が完了し、この水を飼育養液として用いることにする。

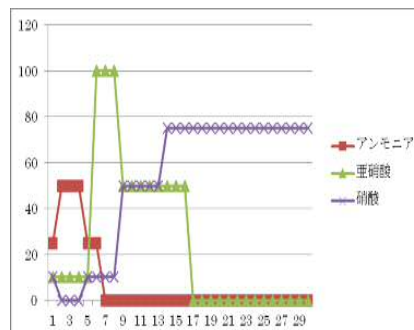


図 1 硝化の過程

## 6 餌の改良

餌としての成分はどうか。食品成分表で調べてみた。硝酸態窒素の原料となるのは、タンパク質だ。実験で失敗した卵黄と調整粉乳の餌はタンパク質が少なく、脂質が多かった。その脂質をドジョウがうまく消化できず、水質も悪くなって死んだのではないかと考え、高タンパク、低脂質、カルシウムやマグネシウム等が、多く含まれるスキムミルクを追加して餌を変更し、最終的に【カツオ粉 40g ・ひき割り納豆 60g ・スキムミルク 40g ・粉黒砂糖 4g】の配合にした。この餌の成分を食品成分表から補正計算した。

表 1 手作り餌の成分

	エネルギー	たんぱく質	脂質	ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム	リン	鉄	亜鉛	銅	マンガン	食塩相当量
単位	kcal	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	g
手作り餌	288	37.4	5.3	293	1047	349	93	571	3.9	2.3	0.27	1.80	0.7

30 日間、新餌を毎日 1g ずつ合計 30g 与え、体重は 10 匹合計で 24g 増えた。養液の成分を検査したが、鉄分は 0g だった。食品成分分析では、新餌 100g 当たり、3.9g 鉄分が含まれる。調べてみるとドジョウ自体が鉄分を多く含む食品で、「ウナギ一匹、ドジョウ一匹」と言われるほど栄養価が高いと言われる。ドジョウが新餌の鉄分をすべて吸収したため、養液に検出されなかったのだと考えた。

## 7 飼育栽培装置を作る

### (1) 培地何が適しているか

ドジョウは順調に大きくなった。1日に餌 1g を与えた方が、0.5g のものよりドジョウは大きくなった。しかし、チンゲンサイの生育に大きな差がなく、餌 1g 与えた方が小さいものもあった。

不織布（だし袋）にパーミキュライトを入れた培地を用いることで昨年の栽培がうまくいったので試してみた。鉄・カルシウムなどをカキ殻の上澄み液を加えることを試したが養液の pH が高くなってしまった。そこでカキ殻を培地に混ぜることで微量元素を補うことができると分かった。



図 2 小さいプラント

### (2) 栽培プラントを作ってみる

#### ア 小さいプラント

幅 30cm の水槽では、台所用水切りかご水面の上にセットし、苗を植えたカキ殻入り不織布

を入れた。養液は15 L、ドジョウは10匹。

### イ 大きいプラント

幅90cmの水槽(水80L+養液70L)の上に、「トロ箱」を置き、中に苗トレイ3個を入れた。水槽の底に厚さ約0.5cm砂を敷き、ドジョウ200匹を入れた。バスポンプを利用して養液をくみ上げた。作動試験では2日目に水槽の養液が緑色になったので、朝1回、5分間のおポンプ作動時間を1日4回、10分間ずつの作動に変えた。餌やりも朝から夕方に変えた。夜間に硝化が進み、植物が昼間光合成をするのに必要な水分や肥料分が汲み上がると考えた。この二つの装置では、小さいプラントの方が良く育った。常時根の先が養液に浸かっている肥料分をより多く吸収できたからだと考えた。



図3 大きいプラント

## 8 ドジョウ飼育水でのチンゲンサイ食味試験

ドジョウ飼育の水耕栽培で作ったチンゲンサイはどんな味が生で食べてみた。

### (1) 食味試験

ドジョウ飼育水耕栽培、化学肥料による水耕栽培、スーパーの地元地さんコーナー、野菜売り場で売られていた4種類のチンゲンサイ

を家族5人が生で食べ、4段階評価した。ドジョウ飼育水耕栽培が甘み、うまみがあった。化学肥料のものは苦味、えぐみがあって美味しくなかった。スーパーのものはひどい苦味はないが、甘くもなかった。苦味の原因は、葉に含まれる硝酸態窒素だろうと祖父が教えてくれた。

	①ドジョウ飼育	②化学肥料	③地元浜松産	④スーパー
栽培法	水耕栽培	水耕栽培	土耕栽培	?
私	◎ おいしい	△ 苦い	○ 普通	△ 苦い
母	◎ 甘い	△ 苦い	◎ おいしい	○ 甘くない
兄	◎ 旨味あり美味	△ 後味が悪い	○ よくわからない	△ 苦味が気になる

### (2) 硝酸態窒素の測定

硝酸態窒素の含有量をHOSHIBAのデジタル硝酸計で測定した。ドジョウ飼育水耕栽培のチンゲンサイがかなり低値だった。この値が食味実験の結果と深く関係していると考えた。他の野菜と比べて、チンゲンサイは葉に硝酸態窒素を貯めやすいのだと調べて分かった。しかし、同じチンゲンサイでも、8倍近い差ができることに驚いた。

	①ドジョウ飼育	②化学肥料	③地元浜松産	④スーパー販売
栽培法	チンゲンサイ	チンゲンサイ	チンゲンサイ	チンゲンサイ
栽培法	水耕栽培	水耕栽培	土耕栽培	?
硝酸態窒素量	980	7500	3800	4700

植物は根から硝酸態窒素の形で吸収し、それを材料にタンパク質をつくる。化学肥料は水に溶けて、植物が吸収しやすい形であるので、根からの吸収が早い。使いきれない硝酸態窒素が葉に残ってしまうのだ。夏は特に吸い上げる水の量が多いので、葉に硝酸態窒素がたまりやすい。

硝酸態窒素が多く含まれる野菜を「美味しくないと感じるのは、人間には必要のない物質だからだ。硝酸態窒素を大量に摂取すると健康に害を与えることも分かった。EU(欧州連合)などでは、野菜に含まれる硝酸態窒素に規制値を設けている。3,000ppm以下が基準なので。私が調べた薬物野菜は基準を大きく上回っていることになる。

## 9 研究のまとめ

手作りで、ドジョウが大きく育つ餌ができた。栄養成分に着目し、餌の栄養成分を分析したことも意義があった。ドジョウを料理して食べたら、とても美味しかった。硝酸態窒素の少ない、美味しいチンゲンサイを栽培でき、ドジョウも大きく美味しくなったことで、1つの形ができた

と思う。今後、硝酸態窒素以外の栄養価も調べてみたい。御指導下さった農研機構野菜茶業研究所の篠原信さん、京丸園株の鈴木厚志さん、東部中学校の先生方に感謝いたします。