飼料によるニシキゴイ体色の鮮明化

岩橋正雄・涌井治雄

(1976 年 6 月 4 日受理)

Intensification of Color of Fancy Carp with Diet

Masao IWAHASHI* and Haruo WAKUI*

In order to improve the color of fancy carp, test diets containing alfalfa meal, mysis, lutein or astaxanthin were fed to solid red yearlings and red mottled 3-year-old fish for 63 days.

The redness of the fish skin increased proportionally to the amounts of the carotenoids in the diets. Astaxanthin was more effective in color development than lutein, and produced bright red color. Cholesterol added to the test diets had no effect on the accumulation of carotenoids.

Accumulation rate of dietary carotenoids in the fish skin was calculated to be 2% in average.

ニシキゴイの赤、黄の体色がキンギョと同じく主としてルテインとアスタキサンチンの存在によるものであり、これらが餌料のカロチノイドに由来することが明らかにされてから、カロチノイドを豊富に含む餌料をニシキゴイに与えて体色をより鮮明にしようとする試みが養魚家の間で行われるようになった。しかし、その実験的報告および定量的検討はまだほとんどなされておらず、わずかにキンギョについての報告があるのみである。¹⁾ そこで今後のニシキゴイ産業の向上のためにも餌料の種類と鮮色効果との関係を明らかにしておくことが必要と考え本研究を実施した。

材料および方法

供試魚として紅白2年魚と赤無地0年魚を使用、コンクリート孵化池(3.3 m²) 20面 で 1968 年 8 月 16 日から 10 月 16 日まで 63 日間、半流水式で飼育した。

供試魚中赤無地は試験後色素分析に供したが、紅白は斑紋の位置、大きさ等に個体差があるため分析は不適当と考え、マンセルの色標および色差計(日本電色KK)を用い測定を行った。

試験の方法としてはアルファルファミールを含まない鯉用配合粉末飼料を基礎飼料とし、これに Table 1 に示すようにそれぞれルテイン、アスタキサンチン、アルファルファミール、冷凍アミを添加した。またカロチノイドの魚体内における蓄積に影響を与えると予想してコレステロール添加区を設けた。

なおアルファルファミールと冷凍アミのカロチノイド含量を表中に示した。すなわち、ルテイン含有量においては試験区 2, 2' と 3, 3', アスタキサンチン含有量においては試験区 6, 6' と 9, 9' がほぼ等しいことになる。

純ルテインはアカシアの緑葉をエーテル抽出し、常法によりケン化、アルミナによるカテムクロマトを行って得たルテイン画分をメタノール溶液より結晶化した。アスタキサンチンはホッコクアカエビの殻をアセトン抽出し、エーテルに転溶、濃縮した脂質をそのまま基礎飼料に添加した。その純度は約 20% であったが、本試験にはこの程度の純度で十分と考えられたので、異性化を避けるためこれ以上精製しなかった。試験区にはすべて植物油を 7% 加えたが、アスタキサンチン区のみは色素油と植物油の合計が 7% になるように

* 新潟県内水面水産試験場 (Niigata Pref. Freshwater Fish. Exp. St., Nagaoka, Niigata, Japan)

Table 1. Carotenoid sources and their amounts in test diets*1

Group*2	Carotenoid source	Amount (in 100 g diet)
1, 1'	Alfalfa meal*3	2 g
2, 2'	"	20 g
3, 3'	Pure lutein	5 mg
4, 4'	"	15 mg
5, 5'	Pure lutein+Cholesterol	15 mg+70 mg
6, 6'	Astaxanthin concentrate	5 mg
7, 7'	"	15 mg
8, 8'	Astaxanthin concentrate+Cholesterol	15 mg+70 mg
9, 9'	Frozen mysis*4	50 g
10, 10'	Carotenoid-free basal diet	

*1 A commercial diet for common carp was used as a basal diet. Alfalfa meal and frozen mysis were added in replacement of the basal diet. Vegetable oil (7%) was added to all the test diets.

*2 See Tables 2 and 3.

*3 Alfalfa meal contained 27.5 mg of lutein and 37.5 mg of total carotenoids per 100 g. Consequently the diets for groups 1 and 1' contained 0.55 mg of lutein per 100 g and those for groups 2 and 2' 5.5 mg.

*4 Frozen mysis contained 5.5 mg of astaxanthin per 100 g. Consequently the diets for groups 9 and 9' contained 3.25 mg of astaxanthin per 100 g.

配合した。

給餌量は紅白が1日平均 2.5 g/尾、赤無地が 0.5 g/尾で、朝昼2回に分け投与した。

結果および考察

飼育結果 紅白3才魚と赤無地当才魚の飼育結果と投与色素量をそれぞれ Table 2, 3 に示した。

各区の増重率、増肉係数を比較すると、試験区 2, 2' のアルファルファミールの大量投与区においては増重率、増肉係数ともいちじるしく劣っていたが、これは添加したアルファルファミールが栄養源としてあまり利用されなかつたためと考えられる。

また、0年魚を供試魚とした 5', 6' 区の増重率が他より劣っていたが、この2区は飼育水槽の位置等から特に魚が脅え、餌付きが悪かつたことに起因していると思われる。

Table 2. Growth and feed conversion rate of 3-year-old red mottled fancy carp in a 63-day feeding experiment

Group	Average weight		Growth rate	Feed conversion rate	Dose of carotenoid (per fish per experimental period)	
	initial	final			Lutein	Astaxanthin
1	336 g	461 g	37%	1.76	0.90 mg	— mg
2	358	447	25	6.00	7.40	—
3	304	451	48	1.11	7.20	—
4	355	506	42	1.08	23.00	—
5	305	450	47	1.11	23.00	—
6	310	474	52	1.00	—	7.20
7	351	477	36	1.30	—	23.00
8	294	478	62	0.91	—	23.00
9	343	474	38	1.38	—	5.90
10	397	558	40	1.20	—	—

Table 3. Growth and feed conversion rate of yearling of solid red fancy carp in a 63-day feeding experiment

Group	Average weight		Growth rate	Feed conversion rate	Dose of carotenoid (per fish per experimental period)	
	initial	final			Lutein	Astaxanthin
1'	7.28 g	22.73 g	221%	1.91	0.16 mg	— mg
2'	7.28	19.30	164	3.50	0.77	—
3'	7.28	21.17	190	2.28	1.50	—
4'	7.28	21.54	198	2.27	4.50	—
5'	7.28	19.43	166	2.77	4.50	—
6'	7.28	18.60	155	2.92	—	1.50
7'	7.28	24.73	239	1.88	—	4.50
8'	7.28	25.48	250	1.77	—	4.50
9'	7.28	22.43	214	2.18	—	1.00
10'	7.28	22.01	201	2.04	—	—

体色変化の肉眼による観察 マンセル色標を用い紅白ニシキゴイ体色の変化を肉眼により測定し、またその結果を色差計による結果と照合して明度と色相の変化により 5 段階に分け Table 4 に示した。

表に示したように、供試魚のすべてが赤くなつたのは試験区 7, 8 のアスタキサンチン大量添加区と 9 の冷凍アミ添加区、6 割以上が赤くなつたのが 1 のアルファルファ 2% 添加区、4, 5 のルテイン大量添加区、6 のアスタキサンチン 5 mg 添加区であった。そして、添加するルテイン、アスタキサンチンの量に比例し赤色が増していた。アスタキサンチン区とルテイン区を比較すると、前者の方が赤味が強かつた。

なお、10 のカロチノイド無投与区においても試験期間中に赤みの増したものが少数あつたが、これは天然の藻類の発生を防ぎ切れずこれを若干摂取したためと考えられる。

色の三属性からみた体色の变化 色差計による測定結果から、ニシキゴイ体色における色の三属性の変化を調べ Table 5 に示した。これによるとニシキゴイ体色における明度は 6 のアスタキサンチン区を除きすべて暗く変化し、その度合はルテイン区で大きかつた。すなわち体色が暗くなつたのはルテイン区が最大で、次にアスタキサンチン大量添加区であつた。

次に彩度の変化は各区まちまちで、特に変化が大きく、色が鮮かになつたのは試験区 1 のアルファルファ 2% 添加区、5 のルテイン 15 mg 添加区、7 のアスタキサンチン 15 mg 添加区、9 の冷凍アミ 50% 添

Table 4. Intensity of redness of red mottled 3-year-old fancy carp after the feeding experiment*

Group	No. of fish	Intensified	Somewhat intensified	Unchanged	Somewhat faded	Faded
1	7	4 (57)	2 (28)	1 (15)	0 (0)	0 (0)
2	7	0 (0)	4 (57)	1 (15)	2 (28)	0 (0)
3	8	2 (25)	2 (25)	0 (0)	2 (25)	2 (25)
4	6	3 (50)	1 (17)	2 (33)	0 (0)	0 (0)
5	8	2 (25)	5 (63)	0 (0)	1 (12)	0 (0)
6	7	4 (58)	1 (14)	1 (14)	0 (0)	1 (14)
7	6	6 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
8	8	7 (90)	1 (10)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
9	7	5 (72)	2 (28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
10	8	1 (12)	1 (12)	1 (12)	3 (39)	2 (25)

* Figures in parentheses indicate percentage.

Table 5. Parameters of body color measured on red mottled 3-year-old fish after the feeding experiment

Group	$L_2 - L_1$ * ¹	$\sqrt{a_2^2 + b_2^2} - \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$ * ²	$\tan Q_2 - \tan Q_1$ * ³
1	-1.27	3.31	6'10"
2	-0.24	-1.41	5'20"
3	-3.66	0.00	8'30"
4	-4.51	1.56	12'20"
5	-9.36	2.98	11'50"
6	0.47	0.52	8'20"
7	-2.30	4.09	7'30"
8	-3.94	1.30	14'10"
9	-1.97	4.14	10'50"
10	3.36	0.22	4'00"

*¹ Lightness
 *² Saturation
 *³ Hue

加区で、逆に減少したのはアルファルファ大量添加区であつた。

色相の変化は全区が赤に移行したが、この中で試験区 4, 5 のルテイン 15 mg 添加区, 8 のアスタキサンチン 15 mg 添加区, 9 の冷凍アミ 50% 添加区 では特に変化の度合いが大きかつた。

すなわちニシキゴイ体色の变化はルテイン, アスタキサンチンの投与量に比例して赤味を増し体色が濃くなつた。また, ルテイン区とアスタキサンチン区を比較すると, 赤くなる点では大差ないが, 前者は暗い赤, 後者は明るい赤を示した。

なお, 今回の試験からニシキゴイ体色の鮮明さ(彩度)は色素以外の要因, たとえば水質, 土質等が関与しているものと思われるが, この点は今後なお吟味する必要がある。

皮膚のカロチノイド濃度およびその量的変化 赤無地当才魚は試験終了後常法によりカロチノイドを定量した。その結果を Table 6 に示す。まず単位面積当りのルテインの蓄積量をみると, ルテイン添加の試験区 3', 4', 5' は開始時の 2 倍近くか, それ以上に増加したのに対し, アスタキサンチン添加区は 8' を除き逆に減少した。

次にアスタキサンチンの蓄積量をみると, すべての区で増加し, 最低はルテイン 5 mg 添加区の 3' で 2.3 倍, 最高はアスタキサンチン 15 mg 添加区の 7' で 2.8 倍であり, 対照区の 10 を除き各区間の差は比較

Table 6. Lutein and astaxanthin in the red yearling after the feeding experiment (per cm² of skin)

Group	Initial		Final		Gained	
	Lutein	Astaxanthin	Lutein	Astaxanthin	Lutein	Astaxanthin
1'	0.86 μ g	0.96 μ g	1.23 μ g	2.51 μ g	0.43 μ g	1.55 μ g
2'	"	"	1.01	2.65	0.21	1.65
3'	"	"	1.41	2.24	0.61	1.28
4'	"	"	2.09	2.74	1.29	1.78
5'	"	"	1.85	2.71	1.05	1.75
6'	"	"	0.60	2.63	-0.20	1.65
7'	"	"	0.42	2.76	-0.38	1.79
8'	"	"	1.23	2.68	0.43	1.72
9'	"	"	0.92	2.39	0.12	1.43
10'	"	"	0.85	1.92	0.05	1.06

Table 7. Accumulation rate of dietary carotenoids

Group	Dosed	Accumulated	Accumulation* ¹ rate
1'	0.16 mg	101.18 μ g	33.80%
2'	0.77	67.59	2.68
3'	1.50	81.42	2.29
4'	4.50	140.29	2.07
5'	4.50	133.24	1.91
6'	1.50	47.14	0.13
7'	4.50	84.79	0.84
8'	4.50	110.65	1.41
9'	1.00	93.88	4.68
10'	—	47.10	—
Average* ²			2.00

*¹ [Carotenoid gain (initial—final) in the experimental groups—The same in the control] $\div$ Dosed carotenoids $\times 100$.

*² The value of group 1' was omitted from calculation, because it is abnormally high due to unknown reason.

的少なかつた。

ルテインの大量投与区においてもアスタキサンチン区とほとんど差がなかつたことは、ルテインそのものも蓄積されるが、投与ルテイン中のかかなりの量がニシキゴイの体内でアスタキサンチン様赤色素に変化して蓄積され、またアスタキサンチンを投与した場合にはそのまま蓄積するといえる。

試験期間中池の管理には特に留意したが、藻類の繁殖を完全に防ぐことはできず対照区においても色素の蓄積が多少認められた。

なお、今回の試験でルテイン区とアスタキサンチン区の体表面積当りの色素量に大きな差異が認められなかつたことから、魚体に蓄積されるアスタキサンチン様色素にはこのへんに量的限界があるのではないかとと思われるが、この点は今後なお吟味する必要がある。

投与カロチノイドの蓄積率 赤無地当才魚について Table 6 の数値を用い、これと体表面積の積を求め、見掛けの蓄積率を計算すると Table 7 のようになる。

試験区 1' のみは 33.8% という異常な値となつたが、この理由はいまのところ明らかでない。しかし、他の 8 つの区においては 0.13~4.68% の値が得られ、平均すれば 2.00% であつた。

コレステロール添加のカロチノイド蓄積に及ぼす影響 餌料カロチノイドの魚体への蓄積機構についてはいまだほとんど明らかにされていないが、おそらく体中において脂質と行動を共にすると想像されるところから、たとえば餌料中のステロール等がなんらかの影響をもつのではないかと考えて、今回、コレステロールの添加試験を行つたのであるが、前掲諸表中の試験区 4 と 5, 4' と 5', 7 と 8, 7' と 8' との数値をそれぞれ比較しても、本試験のかぎりではコレステロール添加がカロチノイド蓄積に影響するとは認められなかつた。

要 約

ニシキゴイを使用、アスタキサンチン、ルテインを飼料に添加して体色の変化を調べ、次の結果を得た。

1. ニシキゴイの体色は添加したルテイン、アスタキサンチンの量に比例して赤味を増し、体色が濃くなつた。
2. ルテイン添加区においては、そのままルテインとして蓄積するものもあるが、投与ルテイン中のかかなりの量がニシキゴイ体内でアスタキサンチン様赤色素に変化して蓄積され、アスタキサンチンのみの添加

区ではそのまま蓄積されるものと考えられる。また、アスタキサンチンの蓄積量は添加するルテイン、アスタキサンチンに関係なくその量に比例して増加した。

3. ニシキゴイ体色の赤みは皮膚に含まれるアスタキサンチンの含有量に比例して増加する傾向が認められた。

また、ルテインと体色との関係については、アスタキサンチン量がほぼ等しいとき、ルテインが少ないと明るい赤、多いと暗い赤であつた。

4. 餌料カロチノイドのニシキゴイ皮膚への見掛けの蓄積率は平均 2% であつた。また コレステロール投与はカロチノイド蓄積に影響を及ぼさなかつた。

本研究は、東海区水産研究所平尾秀一、菊地 嶺両先生、新潟県水産試験場土屋 保主任技師の御指導の下に行つたもので、ここに厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 平尾秀一・菊地 嶺・田口脩子： 本誌，29, 371-381 (1963).
- 2) 平尾秀一・菊地 嶺・田口脩子： 同誌，29, 382-386 (1963).