コイに対する各種微量元素無添加魚粉飼料の影響^{*1}

佐藤 秀一・山本 裕夫・竹内 俊郎・渡辺 武

(1982 年 7 月 7 日受理)

Effects on Growth and Mineral Composition of Carp of Deletion of Trace Elements or Magnesium from Fish Meal Diet

Shuichi SATOH^{*2}, Hiroo YAMAMOTO^{*2}, Toshio TAKEUCHI^{*2},
and Takeshi WATANABE^{*2}

A long-term feeding experiment (83 weeks) was conducted to examine the effect of the deletion of each trace element (Zn, Mn, Cu, Co) or magnesium (Mg) from the mineral mixture in white fish meal diets on growth and mineral composition of common carp.

The deletion of Mn from the fish meal diet caused cataracts (70%) together with short body dwarfism (90%) and depressed growth. These results were found to be very similar to those obtained in the fish receiving the diet without a supplement of any trace elements. The deletion of the other elements from the diets also resulted in cataracts (40-70%) and reduced growth. On the other hand, short body dwarfism was not induced by the deletion of Zn from the fish meal diet, quite different from the case of rainbow trout. The deletion of Mn resulted in reduced levels of crude ash, Ca, Mg, P, and Mn in vertebrae. Furthermore, the content of Mn in vertebrae of carp was found to be significantly lower than that of rainbow trout.

These results have shown that the supplement of dietary Zn, Mn, Cu and Mg to fish meal diets are each essential for common carp.

先に,¹⁾ 北洋魚粉をタンパク源とした飼料の場合にも、ニジマスに優れた成長を与えるためには、各種ミネラルの添加が必要であることを報告した。そこで今回は、無胃魚のため北洋魚粉中のリンをほとんど利用できないことが知られている²⁾ コイを、各種微量元素無添加魚粉飼料で稚魚から親魚まで飼育し、微量元素無添加の影響をニジマスの場合と比較した。

実験方法

供試魚のコイ *Cyprinus carpio* は、東京都水産試験場水元分場より入手後、当研究室において、市販配合飼料で予備飼育した平均体重約 5.5 g の稚魚で、各区 20 尾用いた。飼育期間は 83 週間とした。その間の水温は 5.0~26.7°C で、各週の平均水温の変化を Fig. 1 に示した。

試験飼料の基本組成を Table 1 に示した。既報³⁾ のニジマスの場合と同様、北洋魚粉は 55% (粗タンパク質 36~38%)、ミネラル混合物は 5% 添加とした。なお、コイの場合、エネルギー源として炭水化物、脂質いずれもよく利用する^{4,5)}ため、飼料の酸化防止を考慮し、脂質

Fig. 1. Effect on growth of carp of deletion of trace elements or Mg from the fish meal diets.

を 5% に下げ、デキストリンを 10% に増加させた。試験区は前報¹⁾ のニジマスの場合と同様、1 区を対照区、2 区を全微量元素無添加 (No-tr) 区、3 区を亜鉛無添加 (No-Zn) 区、4 区をマンガン無添加 (No-Mn) 区、5 区

^{*1} Mineral Requirements in Fish—XV.

^{*2} 東京水産大学水族栄養学講座 (Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato, Tokyo 108, Japan).

Table 1. Composition of basal diet

Ingredient	%
White fish meal	55
α -Starch	20
Dextrin	10
Lipid ^{*1}	5
Mineral mixture ^{*2}	5
Vitamin mixture	1.5
Chlorine chloride	0.5
Cellulose	3

^{*1} Soybean oil: pollock liver oil=3: 2, containing 1% DL- α -Tocopheryl acetate.

^{*2} Composition of the mineral mixture is shown in previous paper.³⁾

を銅無添加 (No-Cu) 区, 6 区をコバルト無添加 (No-Co) 区, 7 区をマグネシウム無添加 (No-Mg) 区とした。

試験飼料および北洋魚粉の分析結果を Table 2 に示した。北洋魚粉の lot が試験中 3 回変わったが, lot 1 および 2 はニジマスの実験に使用したもの³⁾と同じものである。各 lot 間で各組成に大差なかった。試験飼料のミネラル組成をみると, K, Na, Ca, P 含量には各区の間に差はなく, Mg 含量は No-Mg 区で対照区に比べ 2/3 に減少していた。しかし, Mg は無添加としても, 魚粉由来のためにコイの Mg 要求量 (飼料中 0.04~0.05%)⁶⁾ は見かけ上満足されていた。微量元素については, 対照区に比べて, Mn が No-tr 区で 1/5, No-Mn 区で 1/6, Zn が No-tr 区および No-Zn 区で 1/2~1/3, Cu が No-tr 区および No-Cu 区で 1/3 に減少していた。Zn は Mg と同様に, 魚粉中に多く含まれているために, 無添加魚粉飼料中でもコイの Zn 要求量 (15~30 μ g/g 飼料)⁷⁾ を満たしていた。なお, Co は飼料中の含量が低いため測定できなかった。

魚体の分析は, 試験開始後 35 週目および終了時の 83 週目に各区から取り上げた 3 尾の魚について行った。

飼育方法および分析方法は既報³⁾に準じた。

結果および考察

成長 飼育結果を Table 3 および Fig. 1 に示した。飼育開始後 10 週目頃より成長に差が現われ始め, 20 週目以降から飼育終了時まで No-Mn 区の成長が最も劣った。次いで, No-tr 区, No-Co 区, No-Zn 区, No-Cu 区, No-Mg 区の順で劣っていた。前報¹⁾のニジマスの結果では, No-tr 区の成長が最も劣っていたが, コイでは Mn 無添加の影響が最も顕著で, コイとニジマスでは微量元素無添加の影響が大きく異なっていた。また, Zn, Cu, Co および Mg の無添加も, コイの成長に影響を及ぼすことがわかった。飼料効率も, 成長と同様, No-Mn 区が最も低い値であった。なお, 60 週目から 70 週目にかけて各区とも成長が低下しているが, これは水温低下にともなう摂餌量の減少によるものと思われる。

試験魚に認められた異状 外見上の症状としては, 既報^{1,3,8)}のニジマスの場合と同様, 白内障および短軀症が観察されたが, さらに頭部の発達異常も認められた。飼育開始後 12 週目頃より, No-Mn 区で白内障の発生が認められ, その後他の区でも発生し, 最終取り上げ時には, No-tr 区で 80%, No-Zn 区および No-Mn 区でそれぞれ 70% と高い値を示した。一方, 短軀症は No-tr 区および No-Mn 区で発生し, 発生率はそれぞれ 60% および 90% であった。しかし, 前報のニジマスでは, No-Zn 区で短軀症が多発したのに対し, コイでは全く発生しなかった。No-tr 区および No-Mn 区で観察された短軀症および頭部の発達異常魚の写真を Fig. 2 およ

Table 2. Proximate and mineral compositions of the experimental diets and white fish meals used

		Diet no.							White fish meal Lot no.		
		1 Control	2 No-tr	3 No-Zn	4 No-Mn	5 No-Cu	6 No-Co	7 No-Mg	1	2	4
Moisture	%	3.0	3.1	3.6	4.4	5.1	4.5	3.3	9.5	7.5	7.4
Crude protein	%	37.0	38.7	38.4	36.6	37.1	37.2	37.5	64.0	65.2	67.3
Crude lipid	%	9.8	9.5	9.3	10.1	9.6	9.5	9.4	9.8	10.2	8.7
Crude ash	%	13.7	13.8	13.6	13.1	13.1	13.2	13.2	17.6	18.2	18.4
K	mg/g	6.3	6.5	6.1	5.9	6.5	6.0	5.8	6.1	5.1	4.4
Na	mg/g	6.7	6.7	6.9	6.5	6.8	6.3	6.7	9.7	7.9	5.4
Ca	mg/g	27.8	27.0	28.3	28.5	27.9	27.2	28.6	57.8	64.0	61.4
Mg	mg/g	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.2	2.6	2.5	2.0
P	mg/g	33.5	34.3	34.6	35.0	33.8	34.0	34.3	28.8	29.9	41.5
Mn	μ g/g	20.5	4.0	19.6	3.4	17.6	18.0	20.2	4.5	4.7	4.2
Zn	μ g/g	76.5	33.5	29.9	72.2	82.2	78.9	80.4	68.9	72.2	68.2
Fe	μ g/g	281.8	275.8	295.5	281.8	284.2	278.8	292.3	119.8	161.9	100.0
Cu	μ g/g	5.4	1.6	4.9	5.0	1.5	4.2	5.7	1.8	1.6	2.4

Table 3. Effect on the growth of carp of deletion of trace elements or Mg from fish meal diets

Diet	No. of fish	Initial	Average body weight (g)*1			Growth rate(%)	Feed** efficiency	Cataract (%)	Short body dwarfism(%)
			35th week	64th week	83th week				
1 Control	20	5.5±0.6	121.4 ±34.5	259.2 ±74.9	497.0 ±124.8	8940	0.80	10	0
2 No-tr	20	5.4±0.6	114.5 ±22.4	206.2 ±43.8	347.2 ±74.0	6330	0.78	80	60
3 No-Zn	20	5.5±0.6	108.1 ±25.7	232.1 ±61.8	409.7 ±74.6	7350	0.75	70	0
4 No-Mn	20	5.5±0.8	100.2 ±28.2	163.3 ±45.2	267.9 ±80.6	4770	0.69	70	90
5 No-Cu	20	5.4±0.7	121.9 ±36.0	222.1 ±74.6	418.9 ±70.6	7660	0.80	50	0
6 No-Co	20	5.3±0.7	117.5 ±33.8	218.3 ±53.6	388.3 ±49.5	7230	0.76	40	0
7 No-Mg	20	5.8±0.9	117.6 ±46.7	234.0 ±64.0	421.0 ±76.9	7160	0.76	40	0

*1 Mean±S.D., **2 g gain/g feed.

Fig. 2. Carp fed respectively on the control diet (1), and the fish meal diet without supplement of trace elements (2), showing short body dwarfism.

Fig. 3. Carp fed respectively on the control diet (1), and the fish meal diet without supplement of Mn (4), showing short body dwarfism.

び3に示した。

各区試験魚の骨格を比較観察したところ、短軀症が認められた No-tr 区および No-Mn 区で、脊椎骨の間隔が短縮していた。特に、No-Mn 区で症状が激しく、脊椎骨が屈曲し、各椎骨も不規則に変形していた (Fig. 4)。低 Mn 飼料による短軀症および脊椎骨の変形の発現は今まで報告されておらず、本実験での観察が最初である。

荻野・楊⁷⁾は精製飼料を用いた実験で、コイの Zn 欠乏症として、成長低下、高死亡率、鱗および皮膚の炎症などを観察したが、白内障はみられなかったと報告している。本実験ではこれらの症状のうち、成長低下は一致したが、白内障の発生については異なっていた。Mg についても同様に、けいれん、運動不活発、高死亡率、成長低下などの症状が報告⁸⁾されている。本実験では、No-Zn 区同様、成長低下および白内障が観察されたが、他の症状は認められなかった。

魚体の分析結果 筋肉の一般組成を Table 4 に示した。各取り上げ時毎では、各成分とも各区の間では大きな差はなかったが、最終取り上げ時には、35 週目に比べ、各区とも粗脂肪含量が増加する傾向がみられた。

脊椎骨のミネラル組成を Table 5 および Fig. 5 に示した。35 週目の結果をみると、No-Mn 区で粗灰分含量が減少し、Ca, Mg および P 含量が低下していた。さらに、Mn, Fe および Cu 含量も低下したが、Zn は影響を受けなかった。No-tr 区では Zn, Mn および Cu 含量が低下した。最終取り上げ時の結果でも、No-Mn 区では粗灰分含量が最低となり、さらに Ca, Mg および P 含量も低下していた。No-tr 区でも同様の傾向が認められた (Fig. 5)。また、Cu および Co 以外の各無添加区で無添加の元素の含量がそれぞれ低下し、各無添加飼料の影響が顕著に認められた。コイとニジマス⁹⁾の脊椎骨中の微量元素含量¹⁾を比較すると、コイはニジマスに比べ、

Fig. 4. Vertebrae of carp fed on the control diet (1), and the diet without a supplement of Mn^{2+} (4) respectively.

Table 4. Effect on the proximate compositions of muscles of deletion of trace elements or Mg from the fish meal diets (%)

	Diet no.													
	1		2		3		4		5		6		7	
	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week
Moisture	79.8	77.6	80.0	78.7	79.0	78.3	79.9	78.5	80.4	78.5	80.1	78.1	80.9	78.4
Crude protein	18.7	20.0	18.4	19.0	19.5	19.0	17.9	19.3	18.2	18.7	18.5	18.9	17.7	19.4
Crude lipid	0.7	1.5	0.8	1.5	0.9	1.3	0.9	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.7	1.1
Crude ash	1.4	1.2	1.4	1.4	1.5	1.2	1.3	1.2	1.4	1.2	1.4	1.2	1.3	1.3

Table 5. Effect on the mineral compositions of the vertebrae (on lipid-free dry basis) of deletion of trace elements or Mg from the fish meal diets

		Diet no.													
		1		2		3		4		5		6		7	
		35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week	35th week	83th week
Ash	%	59.5	56.9	57.0	55.9	58.1	55.6	55.3	53.0	58.2	54.6	57.5	55.6	57.0	57.4
K	mg/g	3.8	4.4	3.6	3.9	3.8	3.6	4.1	3.5	3.6	3.4	3.7	3.6	3.7	3.7
Na	mg/g	3.5	3.2	3.6	3.7	3.5	4.0	3.7	3.4	3.3	3.9	3.5	3.5	3.5	3.5
Ca	mg/g	200.8	202.2	192.2	178.9	202.2	198.1	171.5	170.1	190.2	197.0	187.7	198.8	193.8	194.4
Mg	mg/g	4.6	3.9	4.2	3.1	4.3	3.7	3.5	3.2	3.2	3.8	4.7	3.8	4.6	3.7
P	mg/g	96.5	95.9	92.2	87.3	95.0	96.6	79.4	76.4	92.9	99.9	89.0	102.4	95.4	100.1
Mn	μ g/g	1.0	1.6	0.8	0.3	1.2	1.2	0.8	0.2	1.1	1.3	0.9	1.6	1.5	1.6
Zn	μ g/g	102.4	122.6	49.1	36.5	96.0	53.9	116.5	102.8	116.4	104.7	89.2	108.8	106.8	109.3
Fe	μ g/g	27.8	17.3	38.8	15.7	32.4	14.0	10.7	16.1	22.9	17.8	13.0	16.4	12.0	14.6
Cu	μ g/g	1.4	tr	0.9	tr	1.8	tr	0.4	tr	1.2	tr	1.8	tr	2.6	tr

Fig. 5. Effect on the mineral compositions of vertebrae of deletion of trace elements from the fish meal diets.

▨: calcium, □: phosphorus, ■: zinc, ■: manganese.

Mn 含量が 1/10 と非常に少ないことがわかった。なお、No-Co 区および No-Mg 区のミネラル組成は対照区とほとんど差がなかった。No-Zn 区は見かけ上、コイの Zn 要求量を満足していたが、脊椎骨の Zn 含量が著しく減少し、ニジマスと同様、コイにおいても北洋魚粉中の Zn は利用されにくいものと推察された。

本実験の結果、コイは北洋魚粉をタンパク源とした飼料でも、ニジマスと同様に微量元素の添加が必要であることが明らかとなった。また、コイでは白内障が対照区以外の各区で多発したが、これはコイが無胃魚であるため、北洋魚粉中の各微量元素の利用率がニジマスに比べ劣る結果とも考えられる。さらにコイは、ニジマスと異なり No-Mn 区の成長が No-tr 区よりも著しく劣り、また白内障および短軀症の発生率も高く、症状も進んでいた。そして、No-Mn 区では、脊椎骨の Ca, Mg, P 含量までもが減少し、ニジマスにおける Zn 無添加の場合と同様の傾向がみられた。上述したように、コイの脊椎骨の Mn 含量はかなり少ないため、飼料中の Mn が不足した場合には、ニジマスよりも欠乏症が現われやすいとも考えられた。一方、No-Zn 区では、ニジマスと異なり、奇形魚の発生はみられなかった。コイ魚体の含量

は他の魚種と比較し高いことが知られており、⁹⁾ これが Zn 欠乏の影響を発現しにくくしている原因の一つと推察された。コイ用魚粉飼料における Mn の影響については現在さらに検討中である。

文 献

- 1) 佐藤秀一・山本裕夫・竹内俊郎・渡辺 武: 日水誌, **49**, 425-429 (1983).
- 2) 荻野珍吉・竹内レビエン・武田 博・渡辺 武: 日水誌, **45**, 1527-1532 (1979).
- 3) 山本裕夫・佐藤秀一・竹内俊郎・渡辺 武: 日水誌, **49**, 287-293 (1983).
- 4) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉: 日水誌, **45**, 977-982 (1979).
- 5) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉: 日水誌, **45**, 983-987 (1979).
- 6) C. OGINO and J. Y. CHIOU: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 71-75 (1976).
- 7) 荻野珍吉・楊 洗洋: 日水誌, **48**, 967-969 (1979).
- 8) T. WATANABE, T. TAKEUCHI, and C. OGINO: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 1521-1525 (1980).
- 9) S. S. JENG and H. W. LO: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 509 (1974).