コイの成長,飼料効率,血清および体成分におよぼす配合飼料に補足した燐の影響

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	四反田,勝久 我妻,隆介 浮田,逵啓
発行元	水産増殖談話会
巻/号	27巻1号
掲載ページ	p. 26-32
発行年月	1979年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

〔水産増殖27巻1号(1979)
THE AQUICULTURE〕

コイの成長，飼料効率，血清および体成分におよぼす配合飼料に補足した燐の影響

四反田勝久*・我妻隆介**・浮田達啓*
(日本農産工業株式会社・淡水魚試験場*)
(日本農産工業株式会社・開発室**)

前報で著者ら[1]は，北洋ミールを主タンパク源とする養鯉用配合飼料に添加すべき主要無機塩が燐酸塩であることを知った．北洋ミールを主タンパク源とする配合飼料への燐800mg%(Na_2HPO_4として4%)添加が，コイに最大の成長と飼料効率をもたらすことは，はじめ村上[2]によって報告され，ついで高松ら[3]も燐740 mg%(Na_2HPO_4として3.4%)添加が，体重約90gのコイの成長，飼料効率およびタンパク質効率を向上させことを認めた．

しかし，村上[2]および高松ら[3]が用いた燐酸塩無添加の配合飼料には，荻野ら[4]が卵アルブミンをタンパク源とする精製飼料で求めた燐の最低必要量(飼料中600～700 mg%)以上の2.6%と1.9%の燐が存在していた．それでもなお最大の成長と飼料効率を得るためには，荻野ら[4]が示した必要量程度の燐添加が必要であったという．したがって本研究では，まず北洋ミールをタンパク源とする飼料に対する燐(Na_2HPO_4)の補足効果と適正補足量を追試し，次いで飼料への燐補足が血清無機燐とカルシウム量および体成分におよぼす影響について検討した．

材料および方法

1. 供試魚 市販の養鯉用配合飼料〔日本農産工業㈱ 粗タンパク質42%〕で60日間予備飼育した0才魚のコイから成長がほぼ同じで体重の揃ったものを選別して試験に用いた．

2. 試験飼料 成長，飼料効率から燐の至適補足量を求めた試験Ⅰでは，第1表に組成を示す基本飼料(P_1-0.2)と，それに第2燐酸ソーダを2，4，6および8%補足した4種の試験飼料(P_1-0.6，

第1表 飼料組成(%) (試験Ⅰ)

飼料原料＼試験飼料	P_1-0.2	P_1-0.6	P_1-1.0	P_1-1.5	P_1-2.0
北洋ミール	60	60	60	60	60
小麦粉	31	29	27	25	23
セルロース粉末*1	4	4	4	4	4
ビタミン混合*2	3	3	3	3	3
無機塩混合*3	2	2	2	2	2
Na_2HPO_4	0	2	4	6	8
燐総補足量(mg%)	192	628	1,064	1,500	1,936

*1 パルプフロック
*2 ハルバー処方ビタミン混合
HALVER, J. E. 1957: J. Nutr., **62**(2), 225～243.
*3 NaCl 4.35(g), $MgSO_4$ 13.70, 乳酸カルシウム 32.70, クエンサン第2鉄 2,97, NaH_2PO_4 8.72, K_2HPO_4 23.98, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ 13.58. $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 15(mg), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 300, CuCl 10, $MnSO_4 \cdot nH_2O$ 80, KI 15, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 100.

P_1-1.0, P_1-1.5, P_1-2.0) を用いた.

飼料への燐補足量と血清無機燐あるいはカルシウム量との関係を求めた試験ⅡとⅢでは，第2表に組成を示す基本飼料(P_2-0) と，それに第2燐酸ソーダを2，4および6％補足した試験飼料 (P_2-0.4, P_2-0.9, P_2-1.3)を用いた.

飼料への燐補足が魚体成分におよぼす影響をみた試験Ⅳでは，第3表に組成を示す基本飼料 (P_3-0.2) と，それに第2燐酸ソーダを4％補足した試験飼料(P_3-1.0)を用いた.

これらの供試飼料の一般成分は，第4，5および6表に示す．なお，燐酸塩補足による各試験飼料の増量分は，小麦粉（試験Ⅰ）あるいは，α-セルロース（試験Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ）を減量して調整した.

3. 飼料の調整 各飼料100部に水50部を加え充分に混和した後，試験Ⅰの飼料はカリホルニアペレットマシーンで，試験Ⅳの飼料はチョッパーを用いて径 3.2 mm，長さ 5～6 mm のペレットに成型し55℃で一夜乾燥した，試験ⅡおよびⅢの各飼料は練り餌とし，大豆粒大に成型して給餌まで冷蔵庫に保存した.

4. 飼育条件 供試魚は区分け後，試験Ⅰ，ⅡおよびⅢでは260 l 容塩化ビニール製水槽に，試験Ⅳでは50 l 容ガラス水槽に収容した．各水槽には25℃に調節した地下水を試験Ⅰ，ⅡおよびⅢでは130l/時間，試験Ⅳでは25l/時間の割合で注水し，通気を充分に行った，なお，用いた地下水の無機物は第7表に示す通りで，Ca, Mg および Na が比較的に多い．毎回の給餌量は，沈下した飼料が2～3分以内に食い尽くされる程度とした．なお，血清無機燐およびカルシウムに対する影響をみた試験ⅡおよびⅢの魚には，採血の1週間前から試験飼料を与えた.

第2表 飼料組成(％) （試験ⅡとⅢ）

飼料原料＼試験飼料	P_2-0	P_2-0.4	P_2-0.9	P_2-1.3
北洋ミール	40	40	40	40
小麦粉	45	45	45	45
ビタミン混合*1	3	3	3	3
CMC	5	5	5	5
α-セルロース*2	7	5	3	1
Na_2HPO_4	0	2	4	6
燐補足量(mg％)	0	436	872	1,308

*1 第1表と同様
*2 アビセル RC-501（繊維素グリコール酸ナトリウム製剤）

第3表 飼料組成(％) （試験Ⅳ）

飼料原料＼試験飼料	P_3-0.2	P_3-1.0
北洋ミール	57	57
デキストリン	22	22
α-スターチ	5	5
スケソウダラ肝油	6	6
α-セルロース*1	5	1
ビタミン混合*2	3	3
無機塩混合*3	2	2
Na_2HPO_4	0	4
燐総補足量(mg％)	192	1,064

*1 第2表と同様
*2,3 第1表と同様

第4表 飼料の分析値(％) （試験Ⅰ）

分析項目＼試験飼料	P_1-0.2	P_1-0.6	P_1-1.0	P_1-1.5	P_1-2.0
水分	4.8	4.3	5.3	5.3	5.1
粗タンパク質	45.2	45.9	45.4	45.0	45.1
粗脂肪	5.9	5.6	5.5	5.4	5.3
粗繊維	6.5	6.5	6.3	6.1	6.0
粗灰分	14.5	16.4	18.3	20.0	21.9
Ca	3.96	4.17	3.60	3.60	3.47
P	1.69	2.04	2.45	2.59	2.80
水溶性-P	0.26	0.63	1.01	1.43	1.80
pH	6.50	6.94	7.14	7.35	7.46

第5表 飼料の分析値(%) (試験ⅡとⅢ)

分析項目＼試験飼料	P_2-0	P_1-0.4	P_2-0.9	P_2-1.3
水分	11.2	11.0	10.9	10.8
粗タンパク質	35.16	34.77	34.44	34.37
粗脂肪	3.89	3.59	3.61	3.66
粗繊維	3.84	2.90	1.95	0.98
粗灰分	8.60	10.49	11.96	13.58
Ca	1.99	2.06	2.02	2.01
P	1.29	1.71	2.31	2.86
水溶性-Ca	0.031	0.021	0.019	0.018
水溶性-P	0.15	0.54	0.93	1.38
pH	7.14	7.46	7.62	7.78

第6表 飼料の分析値(%) (試験Ⅳ)

分析項目＼試験飼料	P_3-0.2	P_3-1.0
水分	2.8	2.6
粗タンパク質	41.7	44.7
粗脂肪	6.4	6.7
粗繊維	4.6	1.9
粗灰分	13.8	17.2
Ca	3.93	4.04
P	0.88	1.11
Na	0.11	0.23
Mg	0.25	0.22
pH	6.76	7.42

第7表 飼育水の無機物含量(ppm)

Ca	34.96
P	0.11
Fe	—
Mg	13.79
K	2.64
Na	18.30

5. 体重測定 試験ⅠとⅣの飼育魚は，12日あるいは15日ごとにオイゲノール〔CH_2:$CHCH_2C_6H_3(OCH_3)OH$〕で麻酔し，個体別に体重を測定した．

6. 採血方法 給餌後の血清無機燐とカルシウム量の経時的変化をみた試験Ⅱでは，1回目の給餌（時刻: 9：00）直後，1，2および4時間後に採血した．燐補足量が血清無機燐およびカルシウム量におよぼす影響をみた試験Ⅲでの採血は，3回目の給餌1時間後（時刻: 14：00）に行った．

各区より無作為に選んだ4尾をオイゲノールで麻酔した後，体表面の水を布でよく吸い取り，尾柄部を切断して個体別に全血を小型試験管に採取した．ついで全血は3500 rpmで10分間遠心分離し，上澄の血清を分析まで個体別に凍結保存した．

7. 血清・魚体および飼料の化学分析 凍結血清は分析時に融解し，各血清から一定量ずつ秤取して区毎に合一し無機質の定量に供した．血清の無機燐およびカルシウムは，和光純薬㈱製の臨床検査キットで定量した．燐補足が魚体成分におよぼす影響をみた試験Ⅳでは飼育試験終了後，直ちに各区より平均体重に近いものを10尾ずつ選び，個体別に全魚体をホモジナイズした．その肉ガユを一定量ずつ採取し，区ごとに合一してサンプルとした．魚体および飼料の一般分析は，農林省の定める飼料定量分析検査基準[5]によって行った．飼料の水溶性カルシウムおよび水溶性燐は，水抽出液を温式灰化(硝酸・過塩素酸)したのち，カルシウムは原子吸光法[6]，燐はバナドモリブデンサンアモニウム法[7]で定量した．また，カリウム，ナトリウムおよびマグネシウムも原子吸光法[8]で定量した．飼料のpHは，試料10 gに蒸留水100 m*l*を加えて振盪した後，静置してえた上澄み液のpHをpHメーター（日立・F5）で測定した値で示した．

結　果

1. 燐の至適補足量

体重150 g前後のコイを燐補足量の異なる飼料で36日間飼育した試験工の場合，第8表に示すように第2燐酸ソーダ2%補足飼料（P_1-0.6：無機塩混合由来の燐を合計した燐総補足量628 mg%）を与えた魚が最大の成長と飼料効率を示したが，それより補足燐が増加するにしたがって成長，飼料効率はいずれも低下した．しかし，第2燐酸ソーダ4%飼料区（P_1-1.0：燐総補足量1064 mg%）の成長および飼料効率は，第2燐酸ソーダ2%飼料区とほとんど差がなかったので，北洋ミール，小麦粉などからなる配合飼料に添加すべき燐の至適補足量は，628～1064 mg%（水溶性燐の分析値

第8表 コイの成長と飼料効率におよぼす飼料補足燐量（試験Ⅰ）

試験飼料		P_1-0.2	P_1-0.6	P_1-1.0	P_1-1.5	P_1-2.0
尾数	開始時	21	20	20	20	20
	斃死	0	0	0	1	0
平均体重(g)	開始時	145.5	150.5	150.3	149.3	148.5
	36日後	227.6	277.3	273.5	261.3	239.0
増重量 (g)		82.1	126.8	123.2	112.0	90.5
増重率 (%)		156	184	182	175	161
給餌量 (g)		133.1	140.4	139.2	135.4	139.0
日間給餌率 (%)		2.0	1.8	1.8	1.9	2.0
飼料効率 (%)		61.7	90.3	88.5	82.7	65.1

第9表 給餌1時間後のコイ血清無機燐量におよぼす飼料補足燐量の影響（試験Ⅱ，Ⅲ）

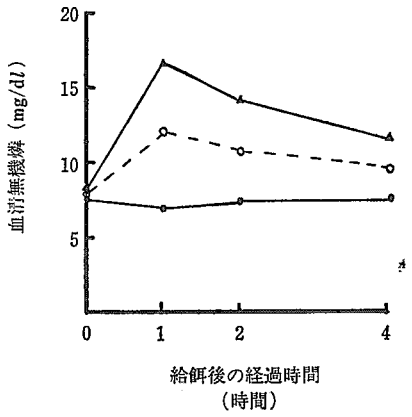
	試験飼料	尾数 (尾)	平均体重 (g)	給餌率 (%)	摂取総補足燐量 (mg/100g・Body・wt)	給餌1時間後の血清無機燐 (mg/dl)
試験Ⅱ	P_2-0	16	111.6	1.10	0	7.5
	P_2-0.4	16	109.2	1.20	5.23	12.3
	P_2-0.9	16	112.9	1.12	9.77	16.5
試験Ⅲ	P_2-0	8	141.6	3.60	0	7.5
	P_2-0.4	8	145.1	3.00	13.08	16.1
	P_2-0.9	8	147.1	3.10	27.03	19.0
	P_2-1.3	8	138.3	3.07	40.16	23.4

として 630～1010 mg%）といえる．

2. 燐補足が血清無機燐とカルシウムに及ぼす影響

給餌後の血清無機燐とカルシウム量の変動をみた試験Ⅱで，燐無補足飼料区の血清無機燐量は常にほぼ一定値を示し変動しなかったが，燐補足飼料区の血清無機燐は，いずれの区も給餌1時間後に顕著に増加し以後減少した（第9表，第1図）．

したがって，試験Ⅲで給餌1時間後の血清無機燐量と燐補足量との関係を求めたところ，燐補足量の増加にともなって血清無機燐は高い値を示した（第9表，第3図）．同様な結果は試験Ⅱでも認められたが，試験Ⅱの燐補足飼料区と試験Ⅲの対応する燐補足飼料との間には給餌1時間後の血清無機燐量に多少差があった．すなわち第2燐酸ソーダの2%区（P_2-0.4：燐補足量 436 mg%）と4%区（P_2-0.9：燐補足量 872 mg%）の無機燐量は，試験Ⅱでは 12.3 と 16.5 mg/dl であったが，

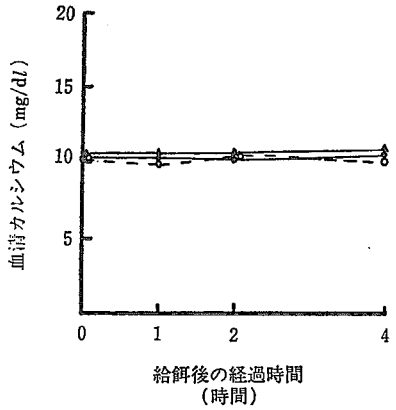


第1図 燐補足飼料を摂ったコイの血清無機燐の経済的変化（試験Ⅱ）
●—● 燐酸塩無添加飼料区（P_2-0）
○---○ Na_2HPO_4 2%補足飼料区（P_2-0.4）
▲—▲ Na_2HPO_4 4%補足飼料区（P_2-0.9）

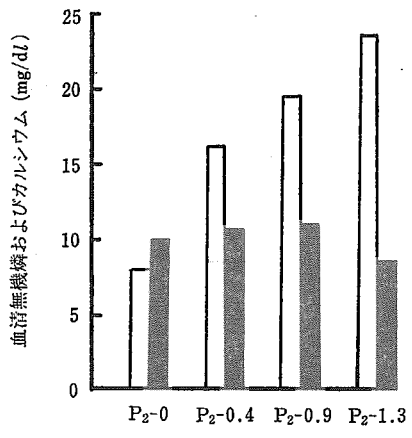
試験Ⅲでは 16.1 と 19.0 mg/dl で，試験Ⅲの場合が多少高い値を示した．この差は試験Ⅱが採血

日の第1回目の給餌後に，試験Ⅲが第3回目の給餌後に採血したためと考える．

血清カルシウム量は，試験Ⅱおよび試験Ⅲのいずれの場合も第2燐酸ソーダ2％および4％補足飼料区(P_2-0.4, P_2-0.9：燐補足量436 mg％，872 mg％)は，燐無補足飼料区(P_2-0)とほぼ同じ約10 mg/dl であった．しかし試験Ⅲの第2燐酸ソーダ6％補足飼料区(P_2-1.3：燐補足量 1308 mg％)では，8.0 mg/dl と僅かに低い値を示した．(第2，3図)



第2図 燐補足飼料を摂ったコイの血清カルシウムの経時的変化
(試験Ⅱ)
●—● 燐酸塩無添加飼料区(P_2-0)
○···○ Na_2HPO_4 2％補足飼料区(P_2-0.4)
▲—▲ Na_2HPO_4 4％補足飼料区(P_2-0.9)



第3図 数段階レベルの燐補足飼料を摂ったコイの給餌時間後の血清無機燐量とカルシウム含量
(試験Ⅲ)
□ 血清無機燐 ■ 血清カルシウム

3. 燐補足が体成分に及ぼす影響

燐 192 mg％ 補足飼料 (P_3-0.2) と 1064 mg％ 補足飼料(P_3-1.0) で体重10 g 前後のコイを45日間飼育し，補足燐量が成長，飼料効率および体成分に及ぼす影響を2回検討した(試験Ⅳ)．その結果いずれの場合も，1064 mg％ 補足区は 192 mg％ 補足区より成長と飼料効率が優れ(第10表)，全魚体の粗脂肪が少なく，粗灰分量と粗灰分中のカルシウムおよび燐が多かった(第11表)．また，魚体への粗脂肪と粗タンパク質の蓄積率* を算出して

第10表 コイの成長と飼料効率におよぼす飼料補足燐の影響 (試験Ⅳ)

		A		B	
試験飼料		P_3-0.2	P_3-1.0	P_3-0.2	P_3-1.0
尾数	開始時	12	12	15	15
	斃死	0	0	0	0
平均体重(g)	開始時	11.8	11.7	7.2	7.3
	45日後	40.3	47.0	26.1	29.8
増重量 (g)		28.5	35.9	18.9	22.5
増重率 (%)		342	407	363	409
給餌量 (g)		29.9	30.9	20.4	20.8
日間給餌率 (%)		2.56	2.30	2.72	2.49
飼料効率 (%)		95.2	116.2	92.6	108.2

第11表 コイの魚体成分におよぼす飼料補足燐の影響 (試験Ⅳ)

		A		B	
分析項目	試験飼料	P_3-0.2	P_3-1.0	P_3-0.2	P_3-1.0
水分(%)		79.4	81.4	77.0	80.8
粗タンパク質(%)		13.8	14.9	14.9	14.6
粗脂肪(%)		5.0	2.2	6.4	2.3
粗灰分(%)		1.5	1.7	1.4	1.9
Ca (%)		0.12	0.20	0.15	0.27
P (%)		0.11	0.16	0.11	0.19
粗灰分中 Ca (%)		8.00	11.76	10.71	14.21
粗灰分中 P (%)		7.33	9.41	7.86	10.00
粗灰分中 Ca/P		1.09	1.25	1.36	1.42

第12表 コイにおける飼料タンパク質および脂質の蓄積率に及ぼす飼料補足燐の影響（試験Ⅳ）

		A		B	
試験飼料		P_3-0.2	P_3-1.0	P_3-0.2	P_3-1.0
摂取 (g/尾)	粗タンパク質	12.47	13.81	8.51	9.30
	粗脂肪	1.91	2.07	1.31	1.39
増加 (g/尾)	粗タンパク質	3.93	5.35	2.82	3.29
	粗脂肪	1.43	0.79	1.21	0.52
蓄積率 (%)	粗タンパク質	31.5	38.7	33.1	35.4
	粗脂肪	74.9	38.2	92.4	37.4

みると，第12表に明らかなように燐補足量の多い1064 mg% 区は，192 mg% 補足区より粗脂肪蓄積率が著しく低く，粗タンパク質蓄積率が多少高かった．

$$* \text{ 蓄積率} = \frac{(\text{動物体被検成分の増加量}) \times 100}{(\text{試験飼料中の被検成分の摂取量})}$$

考　察

荻野ら[4]は，卵アルブミンをタンパク源とする精製飼料を用いてコイの最大成長に必要な燐量を求め，その量は飼料 100 g 中 600～700 mg であると報告した．一方，本研究に用いた基本飼料(P_1-0)には，北洋ミール，小麦粉などに由来する燐が，コイの上記要求量を満すに十分な 1498 mg %含有されていたにもかかわらず，なお，628～1064 mg% の燐補足を必要とした．この補足必要量は，村上[2]および高松ら[3]の結果とほぼ一致する．

一方，本研究で第２燐酸ソーダ４%補足飼料区(燐補足量 872 mg%) の給餌１時間後の血清無機燐量は，16.5～19.0 mg/dl であることを知った．この値は，飼料に添加すべき至適燐量を判定する上に役立つであろう．

このような養鯉用配合飼料への燐補足が必要な理由として，無胃魚のコイは胃酸の分泌がなく，北洋ミールなどに含まれる燐酸化合物を消化し難いため，解離度の高い第２燐酸ソーダのような燐酸塩の添加を必要とするものと考える．本研究では，また飼料への無機燐酸塩補足で体脂肪の減少が認められた．このことは燐補足によって脂質酸化に関与する燐酸関連化合物が常に十分量存在することになり，飼料中の脂質がエネルギーとして有効に利用され蓄積脂質が少なくなったものと考える．

要　約

1) 主として北洋ミール（60%）からなる粗飼料（北洋ミール由来の燐量 1498 mg%）に補足すべき燐の適正量は，燐酸塩補足料料を与えた体重 100～200 g のコイの成長と飼料効率からみて 628～1064 mg% であった．

2) 北洋ミールを40%含有する粗飼料に第２燐酸ソーダを補足すると，補足量が増すにしたがって給餌１時間後の血清無機燐量は増加した．しかし燐酸塩無補足飼料を摂餌したコイの血清無機燐量は，給餌後ほとんど変動しなかった．また，第２燐酸ソーダ４%補足飼料区（燐補足量 872 mg%）の給餌１時間後の血清無機燐量は，16.5～19.0 mg/dl であった．

3) 北洋ミールを40%含有する粗飼料を用いた場合，第２燐酸ソーダ４%補足レベル（燐補足量 872 mg%）では，いずれの補足レベルでも給餌後４時間の血清カルシウム量に変動なくほぼ一定の 10 mg/dl を示したが，６%補足区（燐補足量 1308 mg%）の給餌１時間後の値は，僅かに低い 8.0 mg/dl であった．

4) 北洋ミール57%を主タンパク源とする粗飼料への燐 1064 mg% 補足は，燐192 mg% 補足に比して魚体の粗脂肪量および脂肪蓄積率を著しく低下し，魚体の粗灰分量，粗灰分中のカルシウムと燐量および粗タンパク質蓄積率を上昇させた．

謝　辞

原稿の御校閲を賜った九州大学・農学部教授・米康夫博士に厚く御礼申しあげる．また試験飼料の入手あるいは分析に協力された中央研究所の方々に深謝する．

文　献

1) 四反田勝久・浮田達啓　1978：本誌(投稿中)

2) 村上恭祥　1970：広島県淡水魚指導所調査報告，9，33～46.
3) 高松千秋・遠藤悦美・長谷川忠男・鈴木隆雄 1975：本誌，**23**，(2)55～60.
4) 荻野珍吉・武田　博　1976：日水誌，**42**(7)793～799.
5) 農林省畜産局流通飼料課法制・技術研究会(編)1967：飼料安全ハンドブック．大成出版社，東京 p. 355～362.
6) 同　上：p. 363～366.
7) 同　上：p. 366～368.
8) 武内次夫・鈴木正己共著　1972：原子吸光分析，南江堂，東京