

# 配合飼料に添加した各種燐酸塩のコイの成長・飼料効率および血清無機燐・カルシウム量に及ぼす影響と北洋ミールの節約効果

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	四反田, 勝久 浮田, 蓬啓
巻/号	27巻2号
掲載ページ	p. 98-104
発行年月	1979年8月

# 配合飼料に添加した各種燐酸塩のコイの成長・飼料効率および血清無機燐・カルシウム量に及ぼす影響と北洋ミールの節約効果

四反田勝久\*・浮田 達啓\*\*

(\* 日本農産工業株式会社・中央研究所)

(\*\*日本農産工業株式会社・東京支店)

前報<sup>1)</sup>で著者らは、北洋ミールを主タンパク源とする養鯉用配合飼料に第2燐酸ソーダを添加し、コイの成長および飼料効率から燐の至適補足量を求めたところ、628~1,064 mg/100 g 飼料であることを知った。一方、荻野<sup>\*1</sup>らによればコイによる各種燐酸塩および飼料素材に存在する燐の消化吸収率は、非常に異なるという。

したがって、本研究では各種燐酸塩を添加した配合飼料を与えた場合の、コイの成長・飼料効率および血清無機燐とカルシウム量を比較し、さらに燐補足による間接的な北洋ミール節約効果につ

いて検討した。

## 材料および方法

1. 供試魚 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歳魚のコイから、体重の揃ったものを選別して試験に用いた。

2. 試験飼料の組成 各種燐酸塩が成長・飼料効率におよぼす影響をみた試験Iでは、第1表に組成を示す無機燐無添加の基本飼料(C)と、この飼料のセルロース粉末の一部を各種燐酸塩で置き

第1表 飼料組成(%) (試験I, II, III)

試験飼料	C	II Na	II K	I Ca	II Ca	III Ca
飼料原料						
北洋ミール	40	40	40	40	40	40
小麦粉	45	45	45	45	45	45
ビタミン混合 <sup>*1</sup>	3	3	3	3	3	3
CMC	5	5	5	5	5	5
α-セルロース <sup>*2</sup>	7	5	4.6	5.2	4.6	4.8
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	—	2	—	—	—	—
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	—	—	2.4	—	—	—
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	—	—	—	1.8	—	—
CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	—	—	—	—	2.4	—
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	2.2
燐補足量 (mg%)	0	436	427	442	432	439

\*1 ハルバー処方ビタミン混合<sup>7)</sup>

\*2 アビセル RC 501 (繊維素グリコール酸ナトリウム製剤)

\*1 荻野珍吉・武田 博 1975: 日本水産学会秋季大会講演要旨集, 423.

換え、飼料の添加燐量が約 450 mg% となるようにした試験飼料を用いた。すなわち、試験飼料は第 2 燐酸ソーダ 2% 添加飼料 (II Na), 第 2 燐酸カリ 2.4% 添加飼料 (II K), 第 1 燐酸カルシウム 1.8% 添加飼料 (I Ca), 第 2 燐酸カルシウム 2.4% 添加飼料 (II Ca) および第 3 燐酸カルシウム 2.2% 添加飼料 (III Ca) の 5 種である。各飼料の一般成分分析値を第 2 表に示す。

2 回の試験 (試験 II と III) で燐酸塩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が、試験 II では試験 I に用いた基本飼料 (C) と 3 種の試験飼料 (II Na, II K および II Ca) について、試験 III では基本飼料 (C) と 4 種の試験飼料

(II Na, I Ca, II Ca および III Ca) について検討した。

燐補足による北洋ミール節約効果をみた試験 IV では、第 3 表に組成を示した。即ち北洋ミールを 40, 60 および 70% 含有した 3 種の対照飼料 (W40, W60 および W70) と各対照飼料および北洋ミール 50% 含有飼料に、それぞれ第 2 燐酸ソーダを 2% 添加した 4 種の試験飼料 (W40P, W50P, W60P および W70P) を用いた。なお、燐酸塩添加による各試験飼料の増量分は、コーンスターチを減量して調整した。各飼料の一般成分分析値を第 4 表に示す。

3. 飼料の調製 試験 I, II および III に用い

第 2 表 飼料の分析値 (%) (試験 I, II, III)

試験飼料	C	II Na	II K	I Ca	II Ca	III Ca
分析項目						
水分	11.2	11.0	11.0	11.3	11.3	11.1
粗タンパク質	35.16	34.77	35.31	35.24	34.88	35.34
粗脂肪	3.89	3.59	3.78	3.67	3.64	3.74
粗繊維	3.84	2.90	2.61	3.07	2.62	3.00
粗灰分	8.60	10.49	10.64	9.86	10.37	10.70
Ca	1.99	2.06	2.05	2.31	2.61	2.71
P	1.29	1.71	1.68	1.72	1.78	1.72
水溶性-P	0.15	0.54	0.57	0.76	0.17	0.13
pH	7.14	7.46	7.73	6.18	7.04	7.24

第 3 表 飼料組成 (%) (試験 IV)

試験飼料	W40	W60	W70	W40P	W50P	W60P	W70P
飼料原料							
北洋ミール	40	60	70	40	50	60	70
コーンスターチ	43	23	13	41	31	21	11
$\alpha$ -セルロース*1	7	7	7	7	7	7	7
ビタミン混合*1	3	3	3	3	3	3	3
ミネラル混合*2	2	2	2	2	2	2	2
CMC	5	5	5	5	5	5	5
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	—	—	—	2	2	2	2
燐補足量 (mg%)*3	192	192	192	628	628	628	628

\*1 第 1 表と同様

\*2  $\text{NaCl}$  4.35 (g),  $\text{MgSO}_4$  13.70, 乳酸カルシウム 32.70, クエンサン第 2 鉄 2.97,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  13.58,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  8.72,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  23.98,  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  15 (mg),  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  300,  $\text{CuCl}$  10,  $\text{MnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  80,  $\text{KI}$  15,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  100.

\*3 ミネラル混合中の  $\text{P}(\text{mg}) + \text{Na}_2\text{HPO}_4$  の  $\text{P}(\text{mg})$ .

第4表 飼料の分析値 (%) (試験IV)

分析項目	試験飼料						
	W40	W60	W70	W40P	W50P	W60P	W70P
水分	5.6	4.8	5.0	6.3	6.6	10.0	9.3
粗タンパク質	29.1	41.4	48.3	28.1	34.8	39.6	45.9
粗脂肪	2.3	3.5	4.2	2.3	2.6	3.1	3.9
粗繊維	7.1	7.3	7.0	6.9	6.9	6.7	6.8
粗灰分	10.9	14.8	16.0	12.4	14.7	15.6	17.4
Ca	2.11	3.14	3.66	2.15	2.62	3.03	3.41
P	1.26	1.77	2.15	1.58	1.90	2.20	2.26
水溶性-P	0.21	0.23	0.24	0.60	0.57	0.51	0.50
pH	6.79	6.85	6.93	7.14	7.23	7.40	7.41

た飼料は、毎日各飼料 100 部に水50部を加え充分に混和した後、大豆粒大に成型して給餌まで冷蔵庫に保存した。試験 IV の飼料は、各飼料 100 部に水50部を加え充分に混和した後、チョッパーを用いて径 3.2 mm、長さ 5~6 mm に成型し、55 °C で一夜乾燥してペレットとした。

4. 投餌方法 いずれの試験でも、1日4回(時刻: 9:00, 11:00, 13:00, 16:00) 給餌し、毎回の投餌は沈下した飼料が2~3分以内に食い尽くされる程度とした。なお、試験 II および III における試験飼料の投餌は、採血1週間前から行った。

5. 飼育条件および体重測定 供試魚は区分けした後、試験 I, II および III では各区をそれぞれ 260 l 容塩化ビニール製の水槽に、試験 IV では各区をそれぞれ 50 l 容ガラス水槽に収容した。各水槽には 25°C に調節した地下水を、試験 I, II および III では 130 l/時間、試験 IV では 25 l/時間注水し、通気を充分に行った。なお、用いた地下水の無機質量は、第5表に示す通りである。

第5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

試験 I の供試魚は2週間毎に、試験 IV では10日

毎にオイゲノール [ $\text{CH}_2:\text{CHCH}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)\text{OH}$ ] 20 ppm で麻酔し、個体別に体重を測定した。

6. 採血方法 試験 II および III における採血は3回目の給餌1時間後(時刻: 14:00) に行った。各試験区より無作為に選んだ4尾を、それぞれオイゲノールで麻酔し、体表面の水を布でよくふきとった後、尾柄部を切断して全血を小型試験管に採取した。ついで全血を 3,500 rpm で10分間遠心分離し、血清を分析に供するまで個体別に凍結保存した。

7. 血清と飼料の化学成分定量法 血清は、個体別に一定量ずつとり区毎に合一して混合し、無機磷およびカルシウムの定量に供した。無機磷およびカルシウムは、和光純薬(株)製の臨床検査キット (P-Test wako, CaC-Test wako) で定量した。一方、飼料の一般分析は、飼料定量分析検査基準<sup>2)</sup> によって行った。飼料中の水溶性磷は、飼料の水抽出液を硝酸と過塩素酸で湿式灰化した後、バナドモリブデンサンアンモニウム法<sup>3)</sup> で定量した。また、飼料の pH は、試料 10 g に蒸留水 100 ml を加え約10分間振盪後静置し、上澄み液を pH メーター (日立・F5) で測定してえた値で示した。

## 結 果

1. 成長・飼料効率に及ぼす各種磷酸塩の添加効果  
体重 60 g 前後のコイを各種磷酸塩の添加飼料

第6表 コイの成長と飼料効率に及ぼす磷酸塩の添加効果 (試験 I)

試験飼料		C	II Na	II K	I Ca	II Ca	III Ca
尾数	開始時	15	15	15	15	15	15
	死	0	0	0	0	0	0
平均体重 (g)	開始時	59.5	57.7	59.7	61.7	58.4	54.6
	28日後	75.1	83.9	85.4	89.5	85.8	69.6
増重量 (g)		15.6	26.2	25.7	27.8	27.4	15.0
増重率 (%)		126	145	143	145	147	127
給餌量 (g)		45	52	52	54	52	42
日間給餌率 (%)		2.79	3.06	2.99	2.98	3.01	2.82
飼料効率 (%)		34.7	50.3	49.4	51.5	52.6	35.7

で28日間飼育した結果、第6表に示すように、第2磷酸ソーダ、第2磷酸カリ、第1磷酸カルシウムおよび第2磷酸カルシウムの各磷酸塩添加飼料区 (II Na, II K, I Ca および II Ca) は、磷酸塩無添加飼料区 (C) および第3磷酸カルシウム添加飼料区 (III Ca) より著しく高い成長と飼料効率を示した。

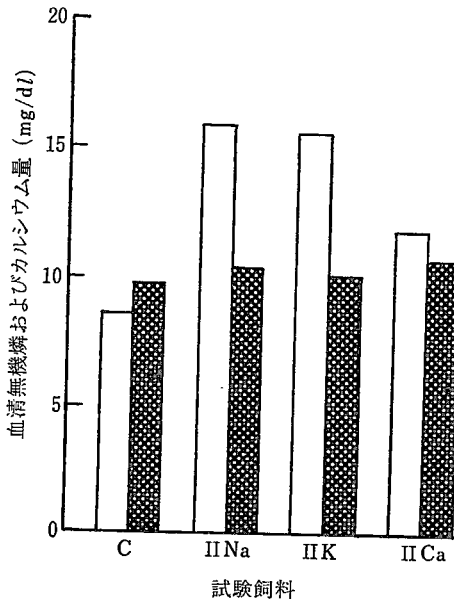
## 2. 各種磷酸塩添加が血清無機磷とカルシウム量におよぼす影響

試験 II では、採血日に試験飼料 (C, II Na, II K および II Ca) を3回投餌した後の1時間目に血清の無機磷とカルシウムを定量した。その結果、第2磷酸カルシウム添加飼料区 (II Ca) の無機磷量は、磷酸塩無添加飼料区 (C) より多かったが、第2磷酸ソーダ添加飼料区 (II Na) および

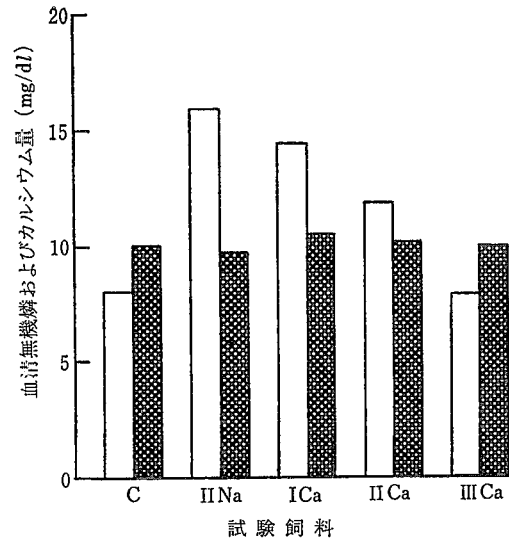
第2磷酸カリ添加飼料区 (II K) より少なかった。一方、血清カルシウム量は、各試験飼料区間にほとんど差はなく、いずれの飼料区も 10 mg/dl 前後の値を示した (第7表, 第1図)。試験 III においても試験 II の場合と同じく、採血日の3回目の投餌1時間後に血清無機磷とカルシウムを定量した。その結果、血清無機磷は、第2磷酸ソーダ添加飼料区 (II Na) と第1磷酸カルシウム添加飼料区 (I Ca) がもっとも多く、次いで第2磷酸カルシウム添加飼料区 (II Ca) が多く、試験 II の場合と同じく磷酸塩無添加飼料区 (C) より高い値であった。しかし第3磷酸カルシウム添加飼料区 (III Ca) の無機磷量は、もっとも少なく磷酸塩無添加飼料区とほとんど同じ低い値を示した。なお、血清カルシウム量は、いずれの区もほとん

第7表 給餌1時間後のコイ血清無機磷量に及ぼす飼料補足磷の影響 (試験 II, III)

	試験飼料	尾数 (尾)	平均体重 (g)	給餌率 (%)	摂取総補足磷量 (mg/100g・Body・wt.)	給餌1時間後の血清無機磷 (mg/dl)
試験 II	C	8	105.2	3.53	0	7.9
	II Na	8	110.4	3.52	15.35	16.0
	II K	8	123.1	3.75	16.01	15.8
	II Ca	8	106.2	3.34	14.43	12.0
試験 III	C	8	171.2	4.17	0	8.0
	II Na	8	184.3	4.23	18.44	16.0
	I Ca	8	165.9	3.92	17.33	14.8
	II Ca	8	170.9	4.01	17.32	12.2
	III Ca	8	169.7	4.14	18.17	7.7



第1図 磷酸塩添加飼料を摂取したコイの給餌1時間後の血清無機リンとカルシウム量 (試験II)  
□血清無機リン ■血清カルシウム



第2図 磷酸塩添加飼料を摂取したコイの給餌1時間後の血清無機リンとカルシウム量 (試験III)  
□血清無機リン ■血清カルシウム

ど差なく 10 mg/dl 前後であった (第7表, 第2図)。

### 3. 磷添加による北洋ミール節約効果

体重 20 g 前後のコイを第2磷酸ソーダ2%添加の北洋ミール含量が異なる飼料で31日間飼育した場合, それら試験飼料区の成長と飼料効率第8表に示すように, 対応する同じ北洋ミール含量

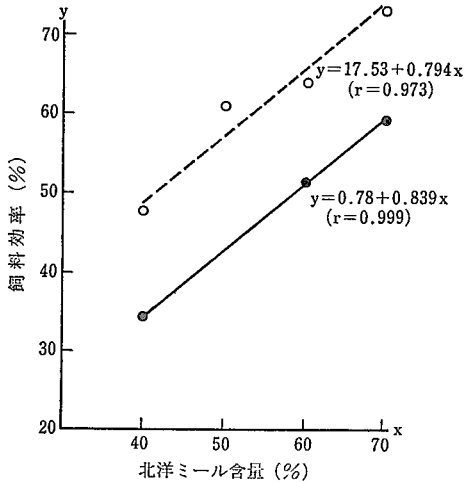
の第2磷酸ソーダ無添加飼料区のそれらより非常に優れていた。なお, W40P 区と W50P 区はいずれも, それぞれに与えられた飼料より北洋ミール量が20%多い第2磷酸ソーダ無添加飼料 (W60, W70) を与えた対照区とほぼ同じ成長と飼料効率を示した。

なお, 飼料の北洋ミール含量を  $x$  軸に, 飼料効

第8表 北洋ミール含量の異なる飼料に添加した第2磷酸ソーダのコイの成長と飼料効率に及ぼす影響 (試験IV)

試験飼料		W40	W60	W70	W40P	W50P	W60P	W70P
		尾数	15	15	15	15	15	15
開始時	15	15	15	15	15	15	15	
開始時	0	0	0	0	0	0	1	
平均体重 (g)	21.9	22.0	22.6	22.4	22.4	22.1	22.3	
31日後	30.0	34.5	36.5	33.5	36.9	37.3	43.0	
増重量 (g)	8.1	12.5	13.9	11.1	14.5	15.2	20.7	
増重率 (%)	137	157	162	150	165	169	193	
給餌量 (g)	23.7	24.2	23.5	23.4	23.9	23.9	28.4	
日間給餌率 (%)	2.89	2.71	2.58	2.71	2.59	2.60	2.50	
飼料効率 (%)	34.2	51.6	59.2	47.5	60.7	63.6	73.0	

率を  $y$  軸にとって図示すると、直線回帰式は、第2 燐酸ソーダ無添加飼料区で  $y=0.78+0.839x$  ( $r=0.999$ )、第2 燐酸ソーダ2%添加飼料区で  $y=17.53+0.794x$  ( $r=0.973$ ) となった(第3図)。



第3図 第2 燐酸ソーダ添加飼料区および無添加飼料区の飼料効率と飼料中北洋ミール量との関係(試験Ⅳ)  
 ○···· Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2% 添加  
 ○···· Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 無添加

これらの直線の傾きは0.8前後であり、ほぼ同程度の傾きを示した。したがって、飼料へ燐 436 mg% (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> として2%) を補足することによって、いずれの北洋ミール量の飼料でも飼料効率が約16%向上し、飼料の北洋ミール量が約20% (タンパク量として約13%) 間接的に節約されたといえる。

## 考 察

本研究で、成長・飼料効率が優れていた第2 燐酸ソーダ添加飼料区 (II Na)、第2 燐酸カリ添加飼料区 (II K)、第1 燐酸カルシウム添加飼料区 (I Ca) および第2 燐酸カルシウム添加飼料区 (II Ca) の給餌1時間後の血清無機燐量は、成長・飼料効率のいずれもが劣った第3 燐酸カルシウム添加飼料区 (III Ca) および 燐酸塩無添加飼料区より著しく高い値を示した。このことから燐酸塩および飼料素材の燐の利用性を推測する上に投餌1時間後の血清無機燐量が指針となるであろう。

一方、コイによる第2 燐酸ソーダから血清への燐のとりこみ度を100として、次式で算出した各燐酸塩からの燐のとりこみ度は、第2 燐酸カリの場合94、第1 燐酸カルシウムの場合91第2 燐酸カルシウムの場合54~56、第3 燐酸カルシウムの場合0となる。

$$\text{とりこみ度比} = \frac{(TP - CP) \times 100}{(SP - CP) \times \frac{T}{S}}$$

TP: 被検燐酸塩添加飼料投餌1時間後の血清無機燐量

CP: 燐酸塩無添加飼料投餌1時間後の血清無機燐量

SP: 第2 燐酸ソーダ添加飼料投餌1時間後の血清無機燐量

T: 被検燐酸塩添加飼料区の補足燐摂取量

S: 第2 燐酸ソーダ添加飼料区の補足燐摂取量

第2 燐酸カルシウムからの燐取りこみ度はかなり低いにもかかわらず、成長・飼料効率に及ぼす第2 燐酸カルシウムの添加効果は、第2 燐酸ソーダなどに比べて劣ってはいなかった。恐らくこの程度の燐取りこみ度であれば、本研究の場合のような短い飼育期間に成長・飼料効率に影響が現われることはないであろう。

荻野<sup>51</sup>らは、コイによる魚粉および第3 燐酸カルシウムに含まれる燐の消化吸収率は、近似して低いと報告している。一方、高松ら<sup>4)</sup>と著者ら<sup>3)</sup>が使用した北洋ミールを主タンパク源とした飼料には、荻野ら<sup>5)</sup>が精製飼料で検討したコイの燐要求量(飼料中600~700 mg%)以上の量の北洋ミールに由来する燐(1,690 mg%)が存在していたにもかかわらず、なお、第2 燐酸ソーダのような解離度の高い燐酸塩を上記要求量と同程度補足して最大の成長と飼料効率を得られた。

また、本研究で第3 燐酸カルシウム添加飼料区の成長・飼料効率はきわめて低く、給餌1時間後の血清無機燐が少なかった北洋ミール中の燐は、主として溶解度が低いCaCO<sub>3</sub>·nCa<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub><sup>6)</sup>として存在する。したがって塩酸の分泌がない無胃魚のコイは、北洋ミール中の燐を消化吸収できず北

洋ミールを主タンパク源とする配合飼料に、なお要求量程度の磷を必要としたのであろう。

またこの推測は、最近の米らの研究<sup>\*2</sup>によって裏付けられた。すなわち、彼らはコイとクロダイを700 mg%と100 mg%の磷( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )を添加した北洋ミールを主タンパク源とする飼料で飼育したところ、低磷飼料で飼育したコイの成長と飼料効率は高磷飼料区よりきわめて劣ったが、有胃魚のクロダイは、いずれの飼料でも近似した高い成長と飼料効率を示したという。

また、本研究では磷補足した高磷飼料を摂ったコイが低磷量で北洋ミールが、20% (タンパク質量として13%) 多い飼料を摂ったものとはほぼ同程度の成長と飼料効率を示した。これは、恐らく飼料への磷補足がコイの体内における解糖および脂肪酸の $\beta$ 酸化に関与する磷酸関連物質を増加し、ひいては炭水化物および脂質を有効にエネルギー化して間接的な飼料タンパクの節約効果を示したのであろう。

## 要 約

北洋ミールを主タンパク源とした配合飼料に添加した各種磷酸塩の、コイの成長・飼料効率・血清無機磷とカルシウム量に及ぼす影響および飼料タンパク節約効果について検討した。

1. 北洋ミール40%含有飼料(P 1,290 mg%)に磷として約450 mg 相当の第2磷酸ソーダ、第2磷酸カリ、第1磷酸カルシウムおよび第2磷酸カルシウムを添加すると、魚体重60 g 前後のコイの成長・飼料効率は顕著に向上した。しかし第3磷酸カルシウム添加飼料区の成長と飼料効率は、磷酸塩無添加飼料区とほぼ同程度で

きわめて劣った。

2. 第2磷酸ソーダ、第2磷酸カリ、第1磷酸カルシウムおよび第2磷酸カルシウムを添加した飼料を与えたコイの給餌1時間後の血清無機磷は、それぞれ16.0, 15.8, 14.8 および12.1 mg/dl で比較的高い値を示した。一方、第3磷酸カルシウム添加飼料区のそれは7.7 mg/dl でもっとも低く、磷酸塩無添加飼料区の8.0 mg/dl とほぼ同程度であった。給餌1時間後の血清カルシウム量は、いずれの試験飼料区もほとんど同じで10 mg/dl 前後であった。
3. 北洋ミール40, 60および70%と無機塩混合2%を含有する飼料へ磷を436 mg% ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  として2%) 補足すると、飼料効率が約16%向上し、約20%の北洋ミール(タンパク質として約13%) が間接的に節約された。

## 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日本農産工業㈱中央研究所の方々に深謝する。

## 文 献

- 1) 四反田勝久・我妻隆介・浮田達啓 1979: 本誌(投稿中)。
- 2) 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.
- 3) 同上: p. 366~368.
- 4) 高松千秋・遠藤悦美・長谷川忠男・鈴木隆雄 1975: 本誌, 23, (2) 55~60.
- 5) 荻野珍吉・武田 博 1976: 日水誌, 42(7) 793~799.
- 6) 橋本芳郎(編) 1973: 養魚飼料学. 恒星社厚生閣, 東京, p. 159.
- 7) HALVER, J.E. 1957: J. Nutr., 62(2), 225-243.

\*2 私信