《技術報告》

開発中の新飼料資源を経済的に評価する試み

吉 田 実

農林省畜産試験場 千葉市 280

未利用の資源を原料として、これに種々の処理を加え、あるいはこれに微生物、微小動物を培養して、これを飼料として活用しようという研究は、各種の未利用資源を対象として、種々の角度から進められている。こうして生産される新しい飼料原料は、家畜、家禽に有害な成分を含まないものであって、相当の栄養価をもち、しかも、それを家畜、家禽に与えて生産した畜産物が食品として安全なものでなければならない。

これらの新飼料原料の飼料として評価のなかには、経済的な評価も当然含まれるはずである。未利用資源には、污水处理や廃棄物処理の副産物の形で生産されるものがあり、これらは、環境浄化の目的達成に関する評価を含めて生産物の価格を考えるべきであろう。したがって、価格 0、あるいは負の価格となる場合もあってよい。しかし、一般には、飼料の経済的評価はそれを家畜、家禽に与えたときに期待される利益にもとづいてなされる。すなわち、主としてその栄養価にもとづいて判断することになる。

栄養価にもとづく経済的評価法の 1 つとして、線型計画法による価格最小の飼料を設計する方法がある。(以下 LP 法)。これについてはすでに昭和 38 年に紹介されている^{1,2)}。線型計画法では、飼料原料の単価が高いため、最小価格の飼料設計に使用しなかったものについて陰の価格 (shadow price) が示される。これはその原料を無理に単位量使用したとすれば、でき上った飼料の価格が何円上昇するかを示すもので、現行価格との差額が、その原料の、その条件における実用上許容できる上限価格を示すことになる。一方、この種の経済的評価法として、古くから PETERSEN の方法³⁾がある。元来、トウモロコシと綿実粕の価格に基づいて適正価格を推定する方法であるが、トウモロコシと大豆粕の価格に基づいて推定するように改良されて紹介されている⁴⁾。

ここでは、現在話題となっているいくつかの新飼料資

源について、昭和 53 年における各種の飼料原料の単価に基づいて、陰の価格を計算し、同時に PETERSEN の方法による適正価格を計算して比較した。これにより、2 つの評価法の信頼性を検討するとともに、新飼料資源の開発研究の参考資料をえた。

研究材料および方法

研究材料としては、昭和 39 年度に材料とした 22 種類を用いた²⁾。その化学的組成は当時のままとし、その単価のみ昭和 53 年度のものとした。ただし、リンについては、全リンのほか有効リン⁵⁾の場合も検討した。使用した 22 種の飼料原料の組成と昭和 39 年および 53 年の単価を表 1 に示した。

これらの配合原料から選んで調製する初生ヒナ用配合飼料の持つべき条件を、制約条件として表 2 に示した。表 2 の 101~114 の条件は、昭和 39 年度に設定した条件²⁾そのままであり、115~118 は新しく追加した条件である。なお、条件 114 で成分総和を 99.31% としたが、これは、食塩 0.5%、コクシジウム予防剤 0.04%、抗生物質添加剤 0.15%、計 0.69% を一定成分として予め加えることにしたためであって、合計 100% となる。条件 118 は、新飼料資源の評価に用いた条件であって、この場合の一定成分は、食塩 0.5%、ビタミン B 添加剤 (1) 0.3%、ビタミン AD 剤 (2) 0.05%、微量ミネラル剤 0.01%、計 0.86% であって、合計 100% となる。

昭和 53 年の単価を用い、表 2 の 101~114 の制約条件に基づいて計算する場合を条件 (1) とする。これに制約条件 115 と 116 を加える場合を条件 (2) とする。ついで、制約条件 108 を 117 にかえてコリンの配合量を要求量である 1.3%⁶⁾以上とし、メチオニンの粗蛋白質(以下 CP)を実測値の 53.9%⁷⁾とし^{注)}、これに伴い可消化養分総量も 53.9% として、条件 (3) とした。さらに、制約条件 105 の代りに 118 を用いて、全リンではなく有効リンについて考慮することとして、これを条件 (4) とした。

注) 家禽会誌, 13, 202, 1976 の正誤表に示したように、文献 7, 表 1 のアルギンの数値はメチオニンのデータである。

昭和 53 年 2 月 21 日受付

A trial to evaluate novel feed sources under developing research economically. Minoru YOSHIDA, National Institute of Animal Industry, Chiba-shi, 280

表 1 単 味 飼 料 の 組 成 お よ び 単 価

	T ¹⁾	粗 蛋 白 質	含 ²⁾ 硫 ア ミ ノ 酸	カ ル シ ウ ム	リ ン 酸	マ ン ガ ン	リ ボ フ ラ ビ ン	コ リ ン	ピ リ ド キ ン	ピ タ ミ ン A	ピ タ ミ ン D	有 効 リ ン	単 価	
													昭 39 年	昭 53 年
1 黄色トウモロコシ	%	9.2	0.29	0.02	0.26	—	—	g/kg	mg/kg	ICU/kg	ICU/kg	%	円/kg	円/kg
2 小麦	76.3	12.2	0.43	0.04	0.39	—	1	0.44	5.2	8×10 ³	—	—	22.84	30.90
3 マイズ	70.6	10.9	0.36	0.04	0.32	—	1	1.00	3.9	170	—	0.22	29.42	35.40
4 魚粉 (CP 65)	74.2	67.1	2.95	4.21	2.54	—	6	0.62	1.9	—	—	—	21.22	29.40
5 " (CP 60)	68.4	60.3	2.43	4.14	2.67	—	7	3.60	1.9	—	—	2.50	63.33	124.20
6 大豆	66.0	46.6	1.28	0.30	0.66	—	4	3.61	1.1	—	—	2.63	51.43	111.00
7 ゴマ	56.2	37.0	1.83	2.00	1.60	—	3	2.83	5.9	330	—	—	39.49	62.40
8 血	57.5	84.0	2.50	0.33	0.25	—	5	—	7.7	660	—	—	36.09	39.00
9 吸着フアイツェンソリユ ブル (CP 35)	72.0	34.5	0.69	0.23	0.44	—	2	1.20	—	—	—	0.25	56.00	60.00
10 脱脂米	69.0	18.3	0.90	0.09	1.50	—	33.7	2.6	53.9	2×10 ⁴	—	0.44	40.00	40.00
11 フラス	41.6	15.3	0.36	0.14	1.29	—	2	0.95	48.4	—	3	0.405	23.80	34.20
12 アルファルファミール	50.1	17.5	0.66	1.40	0.22	—	3	1.11	14.2	420	—	0.60	24.47	36.30
13 タロ	42.0	—	—	—	—	—	15	0.96	6.6	214×10 ³	264	—	28.50	34.70
14 炭酸カルシウム	184.5	—	—	40.0	—	—	—	—	—	—	—	—	65.00	140.00
15 第2リン酸カルシウム	—	—	—	22.8	17.6	—	—	—	—	—	—	—	14.00	4.40
16 第3リン酸カルシウム	—	—	—	29.0	15.0	—	—	—	—	—	—	17.6	100.00	130.00
17 微量ミネラル添加剤	—	—	—	—	—	1.66×10 ⁵	—	—	—	—	—	15.0	37.00	76.80
18 ビタミンB添加剤 1	—	—	—	—	—	—	10×10 ³	110	—	—	—	—	165.00	200.00
19 " 2	—	—	—	—	—	—	5×10 ³	48	410	—	—	—	490.00	350.00
20 ビタミンAD添加剤 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10×10 ⁶	1×10 ⁶	—	440.00	420.00
21 " 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10×10 ⁶	2×10 ⁵	—	420.00	310.00
22 メチオニン	98.0 ³⁾	98.0 ³⁾	98.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	430.00	340.00
可消化養分総量	98.0 ³⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,100.00	720.00

1) 可消化養分総量

2) シスチン+メチオニン

3) 条件 (4) および (5) では 53.9% とした (本文参照)。

表 2 飼料配合の条件

成 分	条 件	初生ヒナ用飼料
101 可 消 化 養 分 総 量	≧	68%
102 粗 蛋 白 質	≧	20%
103 含 硫 ア ミ ノ 酸 ¹⁾	≧	0.7%
104 カ ル シ ウ ム	≧	1.0%
105 リ ン	≧	0.6%
106 マ ン ガ ン	≧	55 mg/kg
107 リ ボ フ ラ ビ ン	≧	8.3 mg/g
108 コ リ ン	≧	2.7 g/kg
109 ビ リ ド キ シ ン	≧	10.1 mg/kg
110 ビ タ ミ ン A	≧	3,960 IU/kg
111 ビ タ ミ ン D	≧	300 ICU/kg
112 マ イ ロ	≧	3%
113 血 粉	≧	20%
114 成 分 総 和 ²⁾	=	99.31%
115 吸着フィッシュソリュブル	≦	5%
116 ゴ マ 粕	≦	5%
117 コ リ ン	≧	1.3 g/kg
118 有 効 リ ン	≧	0.4%
119 成 分 総 和 ²⁾	=	99.14%

1) シスチン+メチオニン

2) 本文参照

表 3 新飼料原料の化学的組成

	T ¹⁾	粗	含 ²⁾	カ	リ	有
	D	蛋	硫	ル		効
	N	白	ア	シ		リ
		質	ミ	ウ	ン	ン
	%	%	%	%	%	%
玄米	84.1	7.8	0.32	0.03	0.33	0.05
乾燥鶏糞(1)	45.0	16.0	0.20	8.80	2.50	1.25
乾燥鶏糞(2)	28.0	10.0	0.20	8.80	2.50	1.25
乾燥残飯	80.0	25.0	1.00	0.80	0.50	0.25
活性汚泥	12.0	9.0	0.50	5.90	4.30	2.15
ビール酵母	59.2	51.4	0.98	0.02	1.76	1.76
ワムシ	77.1	57.1	1.48	0.33	1.33	1.08

1) 可消化養量総量

2) シスチン+メチオニン

新飼料資源の評価を行なう場合、その多くは、マンガ
ン以下の微量栄養素の測定値が欠けている。そこで、こ
れらを省き、制約条件を、表2の 101, 102, 103, 104,
118 および 119 の6項目とした。この場合を条件(5)
とした。条件(5)では、マイロ、ゴマ粕、吸着フィッ
シュブルの単価を 100 円/kg、血粉の単価を 250 円/kg
として、これらの原料を使用しないようにした。

表3は、経済的評価に用いた新飼料資源の組成をまし
ている。玄米の TDN は代謝エネルギー (以下 ME)⁸⁾ か
ら推定し、CP は実測値⁸⁾、その他は飼料成分表⁹⁾から、
またリン利用率は実測値⁵⁾を用いた。

乾燥鶏糞の TDN と CP は(1)では ME と CP の実測
値¹⁰⁾から、(2)では窪田の未発表データから、その他は米
国の文献値¹¹⁾から、それぞれ推定した。ただし、シスチ
ン含量は 1.17%¹¹⁾となっているが、利用率を考え、メ
チオニンと同量、すなわち 0.1%と推定した。

乾燥残飯の TDN は、神奈川畜試における 39 点の平
均値¹²⁾から消化率を 85%として推定した。なお、TDN,
CP と水分 10%に換算してある。カルシウムとリンは
米国のデータ4点の平均値¹³⁾で、リン利用率は 50%と推
定した。含硫アミノ酸含量は推定値である。

活性汚泥は、消化率を 20%とみなして、TDN、可消
化 CP、可消化含硫アミノ酸を推定し¹⁴⁾、カルシウムと
リンは実測値¹⁴⁾、リン利用率は 50%と推定した。

ビール酵母の TDN と CP は飼料成分表⁹⁾、その他は
当研究室における実測値(未発表)の平均値を用いた。

シオミズツボワムシ(以下ワムシ)のデータは実測値¹⁵⁾
を用いた。

なお、ME が実測されているデータでは、1g あたり
の ME kcal を 4.1⁶⁾で割り、100 倍して TDN% に換算
した。

計算は沖電気工業 K.K. の OKITAC-DOS-50 を用
い、シンプレックス法による線型計画法のサブルーチン
で行ない、出入力プログラムを新しく作って、陰の価格
などの必要な情報を印刷させると同時に、ピーターセン
による適正価格も計算させて、結果を印刷させた。

結 果

種々の条件下において、表1の 22 種類の原料を組合
せた価格最小の飼料の組成とその価格を表4に示した。
条件(1)は、昭和 39 年の条件と同じで、単価のみを昭和
53 年のものとしている。単価を比較すると、穀類は 3~
4 割の増加であるが、蛋白源では差が大きく、魚粉は 2
倍以上になっており、大豆粕も 6 割の増加であるが、ゴ
マ粕、血粉の単価上昇は 1 割以内であり、フィッシュソ
リュブルは変化していない。LP 法による計算結果は、
この事情を正確に反映して、表4の(1)の項に示したよう
に、割安なゴマ粕とフィッシュソリュブルを主要な蛋白
源として合計 40%も配合することになっている。そのた
め、飼料価格は 14% 増でずんでいる。昭和 39 年には割
高のため使えなかったメチオニンは、値下りをしており、
見のがさずに利用している。

しかし、この組成の飼料を与えると、ヒナは下痢をし、

表 4 種々の条件における価格最小飼料の組成と価格

条 件 ¹⁾	39 年	53 年 単 価				
	単 価	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
黄 色 ト ウ モ ロ コ シ	45.1638	35.0042	41.7723	44.8473	45.0891	67.5378
小 麦	—	—	—	—	—	—
マ イ ロ	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	—
魚 粉 (CP 66)	—	—	—	—	—	—
〃 (CP 60)	13.4516	—	5.6708	5.6357	6.9860	2.1643
大 豆 粕	4.5649	—	6.2740	5.8335	3.9865	26.6539
ゴ マ 粕	—	16.3013	5.0000	5.0000	5.0000	—
血 粉	—	—	3.0000	3.0000	3.0000	—
吸着フィッシュソリュブル	5.6408	24.6676	5.0000	5.0000	5.0000	—
フ ス マ	—	—	—	—	—	—
脱 脂 米 ヌ カ	8.0864	—	8.3373	8.0615	8.2305	—
アルファルファミール	—	—	—	—	—	—
タ ロ ー	—	—	1.1125	0.0531	—	—
炭 酸 カ ル シ ウ ム	0.9802	1.1400	1.5028	1.5089	0.6409	0.3841
第 2 リン酸カルシウム	—	—	—	—	—	—
第 3 リン酸カルシウム	—	0.5042	—	—	1.0229	2.2872
微 量 ミ ネ ラ ル 剤	0.0075	—	0.0075	0.0079	0.0077	—
ビ タ ミ ン B 剤 1	1.3991	1.6188	1.6043	0.3341	0.3349	—
〃 2	—	—	—	—	—	—
ビ タ ミ ン A D 剤 1	—	—	—	—	—	—
〃 2	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	—
メ チ オ ニ ン	—	0.0591	0.0130	0.0130	0.0014	0.1126
飼 料 価 格 ²⁾ (円/kg)	34.5308	39.5003	44.9969	39.6111	40.6803	42.4880

1) 条件の細目は本文参照。

2) 一定成分の価格を除く。

正常に育たないことは明らかであるから、ゴマ粕とフィッシュソリュブルの配合限度量をそれぞれ 5 % 以下に制限したのが条件(2)である。表 4 に示したように、割安なマイロ、ゴマ粕、血粉、フィッシュソリュブルを制限一杯に使用し、残りをその他の原料で補給している。そのため飼料の価格は上昇し、昭和 39 年の価格の 3 割高となった。条件(1)および(2)では、ビタミン B 剤を 1.6% 配合することになっている。これは既述のように²⁾ 主としてコリンを補給するためであって、その他のビタミンはすべて大過剰、すなわち無駄となっている。コリンの条件を修正した条件(3)ではビタミン B 剤の添加量は 0.33% となり、さらに有効リンの考えを導入した条件(4)では、リン酸カルシウムを 1 % 配合することになって、現実の配合割合に近似している。いずれの場合も、割安な原料であるマイロ、ゴマ粕、血粉、フィッシュソリュブルは、制約条件の限度まで使用し、魚粉は CP 65% のものを避けて、CP 60% のものを使用している。

ピーターセンの適正価格は、大豆粕とトウモロコシの価格に基づいて算出する。LP 法による陰の価格を、ピーターセンの適正価格と比較するため、上記 4 種類の割安な原料を使用しないよう、これらの単価を高くしておいたのが条件(5)である。この場合は、条件(3)、(4)の結果から、ビタミン剤や微量ミネラル剤は、食塩とともに、0.86% の一定成分に含むようにしており、当研究室で常用している対照飼料の組成に極めて近い。

表 4 の条件(5)における計算の結果として示された陰の価格と、ピーターセン法による適正価格とを対比して表 5 に示した。条件(5)では前述の割安な 4 種類の原料について、わざと高い単価をつけてあるので、これらについても陰の価格が示され、いずれも表 1 の昭和 53 年の価格を上回っている。ピーターセンの適正価格では、計算の基礎となったトウモロコシと大豆粕の組成に近い組成をもつ穀類やゴマ粕では、陰の価格とかなりよく一致するが、リン酸 2 カルシウムやタローのような単一の組成

のものは評価できないか、過小評価となる。同様に、大豆粕より蛋白含量の高い原料やトウモロコシよりエネルギー価の高い原料についても過小評価となっている。さらに、栄養価の低い原料、たとえば、スカ・フスマ類、アルファルファミール、活性汚泥などでは、過大評価となっている。

栄養素要求量に関する陰の価格を表 6 に示した。これは、栄養素要求量を 1 単位だけ上下させてこれを制約条件とすれば、再計算の結果えられる価格最小の飼料の価格は、表 6 の陰の価格に相当する金額だけ増減することを示す。たとえば、含硫アミノ酸の要求量を 0.1% 高めて 0.8% とすると、再計算して求めた価格最小の飼料の価格は 1 単位 (1%) の 1/10、すなわち、0.674 円/kg だけ高くなる。

考 察

1. 2 種類の評価法の比較

ピーターセンの適正価格は、トウモロコシや大豆粕より、エネルギー価や蛋白含量の高いものについては、LP 法の陰の価格より低く、低いものについては高くなっていた。

玄米についてみれば、穀類中最も CP が少ないため、適正価格では低く評価されている。しかし、粗蛋白質中の含硫アミノ酸が、他の 3 種類の穀類より高く、エネルギーも高いことから、他の穀類より高く評価されることは十分考えられ、エネルギーと蛋白だけに基づく適正価格より陰の価格のほうが信頼できるであろう。

魚粉 (CP 65) についてみても、CP 60% の魚粉の単価 111 円からみて、適正価格が 86.28 円とは考えにくい。これは、アミノ酸バランスやカルシウム・リン・バランスがすぐれている魚粉の特徴を評価していないためであって、やはり陰の価格のほうが信頼できる。

これに対し、適正価格ではアルファルファミールや活性汚泥など栄養価の低い原料を、陰の価格より高く評価している。これらの原料は相当量の含硫アミノ酸やカルシウム、リンを含み、これを含めて評価する陰の価格のほうが高くなると予想されるが結果は、逆となっている。これは陰の価格では、このような栄養価の低い原料を配合すれば、表 2 に示した配合飼料が含有していなければならない栄養素の条件を満たすために、栄養価が高く、したがって割高な原料を使うことになるので、そのための価格上昇分を控除しているためであろう。単にエネルギーと蛋白だけで評価する場合より低くなるのは当然である。

ピーターセンの適正価格は、計算が簡単であって、米国中西部地域では特に有益であろうが、当然ながらその

表 5. 線型計画法による陰の価格とピーターセン法による適正価格

		陰の価格	適正価格
		円/kg	円/kg
小	麦	31.98	32.26
マ	イロ	31.61	31.99
玄	米	35.81	30.07
魚	粉 (CP 65)	122.88	86.28
ゴ	マ 粕	58.72	53.22
血	粉	123.73	104.13
吸着フィッシュソリュブル		57.65	54.00
脱脂米スカ		20.79	30.07
フスマ		21.54	29.51
アルファルファミール		4.15	24.26
タロー		100.97	52.58
リン酸 2 カルシウム		84.73	0
乾燥残飯		57.51	47.68
ビール酵母		77.33	68.03
ワムシ		96.80	78.81
乾燥鶏ふん (1)		30.29	28.75
" (2)		11.07	17.93
活性汚泥		1.87	12.38

表 6. 栄養素要求量に関する陰の価格

	1 単位	陰の価格
可消化養分総量 ¹⁾	1 %	0.7561
粗蛋白質	"	1.0622
含硫アミノ酸	"	6.7400
カルシウム	"	1.0735
有効リン	"	5.6139

1) 代謝エネルギー換算では 0.1 kcal/g につき 1.8441 円

適用には限界があり、それを理解した上で活用することが望ましい。LP 法による評価は、表 6 に示した 5 種類の栄養素に限定して行なう場合であっても、かなり現実的な評価ができるといえるであろう。この方法では、リン酸カルシウムやタローのように単一の組成の原料についても評価ができる。

2. 陰の価格の弱点

表 5 に示した陰の価格は、表 6 の種類の栄養素の含量に基づいて評価したものであるが、飼料原料の組成はサンプルにより常に変動しているため、実際の原料の組成が表 1 や表 3 の組成と大幅に変動している場合は、推定評価額が実際とははずれてくることが十分に考えられる。また、5 種類の栄養素のヒナによる利用率は、すべての場合について一定であるという前提条件をおいてい

る。

表5に示したように、血粉については、123.73円という、魚粉より高い陰の価格となっている。血粉のCP含量、TDN含量が高いことが、この評価の主要な理由であろうが、血粉はアミノ酸組成が著しく偏っており、ヒスチジンとロイシンがCP中11%で極端に多く、これに比して、含硫アミノ酸とイソロイシンが著しく少ない⁹⁾。このような条件を考慮して評価すれば、血粉の評価額は表5の価格より低くなるであろう。

血粉の例のように、5種の栄養素以外のすべての栄養素の含量に基づいて評価することが理想的であろうが、新飼料資源のすべてについて、栄養素の含量をすべて実測することは、実行上種々の制約があって困難である。

したがって、表4の例のように限られたものについての実測値から評価せざるをえない。この場合、栄養学上の知識に基づいて、たとえば血粉の配合量を3%以下とする制約を設けることによってこの欠陥をかなり避けることができるであろう。

3) 新飼料資源の評価

玄米は、アミノ酸組成がよく、エネルギーも高いことから、他の穀類の約1割高に評価されている。玄米にかぎらず、すべての場合について、陰の価格は、表1～3で設定した条件下における評価である。この評価は、古占米の飼料化にあたり参考となるであろう。

乾燥残飯は、57.5円という評価である。残飯の組成は変動が多いことが知られており¹²⁾、しかも、表3のデータは米国のデータからの推定値が多いので、評価額そのものは単なる参考に過ぎないが、乾燥残飯は穀類などよりかなり高く評価されると考えてよいであろう。乾燥残飯の実用化を研究している人々にとっては、励みになるであろう。

現在各種の炭素源に酵母や細菌を培養して微生物蛋白質を生産する試みがなされている。これらの参考としてビール酵母の陰の価格を求めたが、77.3円という評価であった。現在研究中の微生物蛋白質は、表3に示したビール酵母の組成より蛋白¹⁶⁾、エネルギー¹⁶⁾、有効リン¹⁷⁾ともに高いものが多いが、これらはより高く評価されるであろう。

乾燥鶏ふんや活性汚泥の評価額は低い。この面からも、これらを直接家畜の飼料として利用することは好ましくないといえる。そこで、これらを飼料として微小動物やプランクトンを培養して、生産された微小動物やプランクトンを飼料とすることが考えられている¹⁵⁾。動物性プランクトンの一種であるシオミズツボワムシ（本報告では単にワムシと略している）は、表3に示したように栄養価が高く、陰の価格も96.8円と評価されている。これが現実の価格とはいいいきれないが、乾燥残飯の場合と同様に、研究を進めている人々にとって励みとなるデータである。

謝 辞

飼料原料の単価を調査して頂いた日本科学飼料協会の野呂春暢氏に感謝します。

文 献

- 1) 奥野忠一：科学飼料，9，224 および 267，1964.
- 2) 吉田 実：同上，9，305 および 346，1964.
- 3) PETERSEN, W.M. E.: J. Dairy Sci., 15, 293, 1932.
- 4) 森本 宏：飼料学，p. 565，養賢堂，1968.
- 5) 星井 博，吉田 実：家禽会誌，14，274，1977.
- 6) 農林省農林水産技術会議：日本飼養標準：家禽，中央畜産会，東京，1975.
- 7) YOSHIDA, M.: 家禽会誌，10，76，1973.
- 8) 吉田 実，星井 博：同上，7，139，1970.
- 9) 農林省農林水産技術会議：日本標準飼料成分表，中央畜産会，東京，1975.
- 10) 吉田 実，星井 博：家禽会誌，5，37，1968.
- 11) BHATTACHARYA, A. N.- and J. C. TAYLOR: J. Anim. Sci., 41, 1438, 1975.
- 12) 吉田 実：畜産の研究，30，1293，1976.
- 13) BARTH, K. M., G. W. VANDER NOOT, W. S. MACGRATH, and E. T. KORNEGAY: J. Anim. Sci., 25, 52, 1966.
- 14) 農林省農林水産技術会議：研究成果，73，169，1974.
- 15) YOSHIDA, M., and H. HOSHII: 家禽会誌，15，64，1978.
- 16) 小坂清巳，星井 博，吉田 実：同上，9，159，1972.
- 17) 吉田 実，星井 博：同上，14，79，1977.