

## 肥育全期間の高タンパク質・高脂質エコフィード給与が豚の発育と肉質に及ぼす影響

赤木友香・高橋圭二・新垣裕子・村野多可子

Effects of High Protein and High Lipid ECOFEED Feeding on Growth Performance and Meat Quality in Pigs

Yuka AKAKI, Keiji TAKAHASHI, Yuko ARAGAKI and Takako MURANO

### 要 約

低・未利用残さの利用技術の開発を目的として、高タンパク質・高脂質食品残さを飼料化した市販のエコフィードが、豚の肥育全期間に利用可能か検討した。肥育期間を前期（体重 30 ~ 70kg）- 後期（体重 71 ~ 110kg）に分け、供試飼料中のエコフィードの配合割合により 10 - 10% 区、10 - 20% 区、20 - 20% 区、0 - 0%（対照）区の計 4 区を設定し、給与試験を行った。

飼料要求率は肥育後期、全期間において、1 日平均増体量は肥育全期間において、対照区と比較し 10 - 20% 区、20 - 20% 区が劣った ( $p < 0.05$ )。肉質について、ロース芯肉色の L\* 値及び脂肪色の L\* 値は、10 - 20% 区、20 - 20% 区が対照区と比較し高い値を示し ( $p < 0.05$ )、脂肪色の a\* 値、b\* 値は、10 - 20% 区、20 - 20% 区が低い値を示した ( $p < 0.05$ )。また、配合割合が高くなるに伴い、筋肉内脂肪含量が高くなる傾向にあり、20 - 20% 区が対照区と比較して差がみられた ( $p < 0.05$ )。内層脂肪の脂肪酸組成は、エコフィード給与全区で対照区よりオレイン酸が高く、リノール酸が低い値を示した ( $p < 0.05$ )。これらより、肥育全期間へのエコフィード給与は可能であり、配合割合は前期 10%、後期 10% が良好と考えられる。

### 緒 言

輸入穀物の価格高騰により、飼料自給率が低い日本の畜産経営は非常に厳しい状況である。生産コストの 70% 以上を占める飼料費<sup>1)</sup>の上昇は、養豚経営に対し大きな脅威である。そのため、飼料自給率の向上及び飼料価格の安定化を目的として食品残さの飼料化が推進されているが、これらの食品残さには高タンパク質・高脂質の素材が多く、大量の給与は豚では軟脂の発生<sup>2)</sup>などが懸念される。前報<sup>3)</sup>で、高タンパク質・高脂質エコフィードの配合割合が肥育前期は 30%、肥育後期は 10% までであれば豚の飼料として利用可能である事を報告したが、肥育全期間を通しての試験は実施していない。そこで今回は肥育全期間への利用が可能であるか、高タンパク質・高脂質の残さを飼料化した市販のエコフィードを用いて検討した。

### 材料及び方法

平成 23 年 8 月 31 日受付

#### 1. 供試エコフィード

食品製造副産物、事業系調理残さ、事業系食べ残しなどを、油温減圧脱水方式により脱水乾燥したエコフィード（京都有機質資源株式会社、京 1 号）を用いた。エコフィードの成分値及び脂肪酸組成をそれぞれ表 1、2 に示した。成分値は、公定法<sup>4)</sup>により、脂肪酸組成

表 1 エコフィードの一般成分値

成分	分析値 (%)
水分	5.7
粗タンパク質	22.3
粗脂肪	9.3
粗繊維	4.3
粗灰分	7.4
NFE	56.7

※ 水分以外は乾物中の値

表 2 エコフィードの脂肪酸組成

脂肪酸	分析値 (%)
ミリスチン酸 (C14:0)	1.3
パルミチン酸 (C16:0)	16.7
パルミトレイン酸 (C16:1)	1.7
ステアリン酸 (C18:0)	6.1
オレイン酸 (C18:1)	43.2
リノール酸 (C18:2)	30.9
飽和脂肪酸	24.1
不飽和脂肪酸	75.8
一価不飽和脂肪酸	44.9
多価不飽和脂肪酸	30.9

は Folch 法<sup>5)</sup> で抽出した脂肪をナトリウム-メチラート法によりメチル化し、ガスクロマトグラフィー (島津 GC14A) で測定した。

## 2. 供試豚及び試験区分

当センターで維持している系統造成豚ボウソウ L 3 とボウソウ W を利用し生産した三元豚 LWD を計 36 頭 (去勢 17 頭、雌 19 頭) 供試した。試験区は、肥育期間 30kg から 110kg までを前期 (30 ~ 70kg) と後期 (71 ~ 110kg) に分け、エコフィードの配合割合により 0 - 0% (対照) 区、10 - 10% 区、10 - 20% 区、20 - 20% 区 の計 4 区を設け、各区去勢 4 頭、雌 5 頭 (10 - 20% 区のみ去勢 5 頭、雌 4 頭) を配置した。飼養方法は単飼で不断給餌、自由飲水とした。体重が 30kg に到達した時点から 3 日間の馴致期間を設け、その後 70kg までは肥育前期、71 ~ 110kg までは肥育後期の試験飼料を給与した。調査期間は 2010 年 7 月 1 日から 2010 年 11 月 29 日であった。

## 3. 供試飼料

供試飼料は、日本飼養標準<sup>6)</sup> に示された養分要求量を充足するように配合設計を行い (肥育前期: CP18.0% 以上、TDN75.0%、肥育後期: CP14.5% 以上、TDN75.0%)、当センターでエコフィードと飼料原料を配合した。供試飼料の成分値及び脂肪酸組成は、エコフィードと同様の条件で測定し、表 3、表 4 に示した。

## 4. 調査項目

### (1) 発育成績

30kg 到達時より毎週体重を測定し、1 日平均増体量を算出した。また、飼料給与量を毎日記録、残飼量を毎週測定し、飼料要求率を算出した。

### (2) 屠体調査

110kg に到達したのものから、屠場に出荷し、皮はぎ法により屠畜を行った。一晚冷却し、屠畜翌日に豚産肉能力検定法<sup>7)</sup> に準じて、冷屠体重、屠体長、背腰長、屠体幅、ロース断面積、背脂肪の厚さを測定した。

### (3) 肉質調査、脂質調査

肉質検査は豚肉の肉質改善に関する研究実施要領<sup>8)</sup> に準じて実施した。屠畜後 1 日目に左半丸枝肉のロース芯 (第 5 ~ 12 胸椎) を採取し、pH、水分、ロース芯肉色及び背脂肪色を測定し、2 日目に伸展率、加熱損失、加圧保水力、圧搾肉汁率、せん断力価、筋肉内脂肪含量を測定した。ドリップロス は 2 日目にサンプルを切り出し、6 日目にドリップの流出による重量損失を測定して算出した。pH は pH メーター (堀場製作所製 D-52) を使い、ロース芯 (第 5 ~ 7 胸椎) 部分に電極を挿して測定した。水分含量は乾燥法 (135°C、2 時間)、ロース芯肉色及び背脂肪色は色彩色差計 (ミノルタ製 CR300) により、L\* 値 (明度)、a\* 値 (赤色度)、b\* 値 (黄色度) を測定した。伸展率、加圧保水力は加圧ろ紙法により肉汁面積、肉片面積から算出した。加熱損失は 70°C で 1 時間湯煎、30 分間冷却後に加熱前

表 3 供試飼料の配合割合と一般成分値 (%)

	前期供試飼料			後期供試飼料		
	対照	10%	20%	対照	10%	20%
<b>【配合割合】</b>						
二種混	64.4	61.2	55.7	70.0	68.8	62.3
大豆粕ミール	23.2	19.6	15.7	13.5	9.7	6.0
大豆油	1.7	0.7	0.1	0.5	—	—
なたね油粕	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ふすま	5.0	3.0	3.0	10.0	5.0	5.0
炭酸カルシウム	1.1	1.0	0.9	1.4	1.5	1.5
第二リン酸カルシウム	0.9	1.1	1.3	0.9	1.2	1.4
食塩	0.4	0.1	—	0.4	0.5	0.5
プレミックス	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
エコフィード	—	10.0	20.0	—	10.0	20.0
<b>【成分値】</b>						
水分	13.1	12.9	12.6	13.5	13.1	12.5
粗タンパク質	20.6	20.0	19.3	17.3	15.3	15.4
粗脂肪	5.2	4.0	3.7	4.2	3.8	3.5
粗繊維	3.0	2.9	4.9	4.7	4.1	5.0
粗灰分	6.7	7.0	8.4	6.9	7.4	9.3
NFE	64.6	66.1	63.7	66.0	69.0	66.7

※ 成分分析値について、水分以外は乾物中の値

表 4 供試飼料の脂肪酸組成 (%)

区分	前期供試飼料の脂肪酸組成 (%)					
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
対照	0.0	13.3	0.0	1.4	26.2	59.1
10%	0.0	14.5	0.0	0.0	30.4	55.1
20%	0.0	14.9	0.0	1.6	32.7	50.8
区分	後期供試飼料の脂肪酸組成 (%)					
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
対照	0.0	13.6	0.0	0.0	26.7	59.7
10%	0.0	14.5	0.0	1.4	31.2	53.0
20%	0.0	15.2	0.0	1.6	34.0	49.1

後の肉重量から算出した。圧搾肉汁率は、加熱肉を用い、加圧ろ紙法により肉汁率を算出した。せん断力価は、Warner - Bratzler のせん断力価計を用いて測定した。筋肉内脂肪含量は、ソックスレー脂肪抽出法により測定した。脂肪は、第 5 胸椎の内層脂肪を採取し、脂肪融点を上昇融点法にて測定し、脂肪酸組成は、供試飼料と同様の条件で測定した。

## 5. 統計処理

一元配置分散分析法<sup>9)</sup> で有意差検定を実施し、差がみられた項目については最小有意差法で多重検定を行った。

## 結 果

### 1. 発育成績

発育成績を表 5 に示した。1 日平均増体量は肥育前期・後期では全ての試験区間に差はみられなかったものの、肥育全期間で 10 - 10% 区 831g/日、10 - 20% 区 789g/日、20 - 20% 区 761g/日となっており、10 - 20% 区、20 - 20% 区が 800g/日を下回り、対照区の 862g/日と比較して低い値を示した (p<0.05)。飼料要求率は肥育前期で 20 - 20% 区のみが 3.00 を超え、その他の区と比べて差がみられた (p<0.05)。肥育後期では 10 - 20% 区、20 - 20% 区が 4.00 を超え、肥育後期及び肥育全期間においても対照区と比較し 10 - 20%

赤木ら：肥育全期間の高タンパク質・高脂質エコフィード給与が豚の発育と肉質に及ぼす影響

区、20-20%区が劣る値を示した (p<0.05)。

2. 屠体成績

屠体成績を表6に示した。ロース断面積は対照区 25.0cm<sup>2</sup>、10-10%区 24.6cm<sup>2</sup>、10-20%区 23.2cm<sup>2</sup>、20-20%区 23.7cm<sup>2</sup>と若干エコフィード給与区が小さくなる傾向がみられたものの、差はみられなかった。背脂肪の厚さは全体的に薄い傾向にあり、格付けも中物が多くみられたが、屠体成績については全ての調査項目において各区分とも差はみられなかった。

3. 肉質成績

肉質成績を表7に示した。筋肉内脂肪含量は、対照

区 2.6%、10-10%区 2.7%、10-20%区 3.3%、20-20%区 4.0%とエコフィードの配合割合が高くなるにつれ、筋肉内脂肪含量が高くなる傾向にあり、対照区と比較し20-20%区で高い値を示した (p<0.05)。また、ロース芯肉色と脂肪色のL\*値は対照区と比較し10-20%区、20-20%区が高い値を示し (p<0.05)、脂肪色のa\*値、b\*値は対照区と比較し10-20%区、20-20%区が低い値を示した (p<0.05)。その他の項目については、各区分に有意な差はみられなかった。

4. 脂質成績

脂質成績を表8に示した。内層脂肪の融点は全ての

表5 発育成績

区	1日平均増体量 (g)			飼料要求率		
	前期	後期	全期間	前期	後期	全期間
対照	803 ± 75	924 ± 116	862 ± 56 <sup>a</sup>	2.61 ± 0.18 <sup>b</sup>	3.59 ± 0.30 <sup>b</sup>	3.15 ± 0.21 <sup>b</sup>
10-10%	776 ± 75	913 ± 126	831 ± 68 <sup>ab</sup>	2.74 ± 0.22 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.26 <sup>b</sup>	3.26 ± 0.22 <sup>b</sup>
10-20%	770 ± 103	825 ± 95	789 ± 77 <sup>bc</sup>	2.77 ± 0.23 <sup>b</sup>	4.26 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.27 <sup>a</sup>
20-20%	739 ± 68	824 ± 159	761 ± 61 <sup>c</sup>	3.04 ± 0.25 <sup>a</sup>	4.43 ± 0.43 <sup>a</sup>	3.76 ± 0.27 <sup>a</sup>

※ 平均値 ± 標準偏差

※ 異符号間に有意差あり (p<0.05)

表6 屠体成績

区	冷屠体重 (kg)	屠体長 I (cm)	背腰長 I (cm)	背腰長 II (cm)	屠体幅 (cm)
対照	75.2 ± 1.1	95.6 ± 2.3	79.2 ± 1.8	69.4 ± 2.1	32.9 ± 0.8
10-10%	74.4 ± 2.7	95.7 ± 2.5	79.1 ± 2.3	69.5 ± 2.2	33.6 ± 0.6
10-20%	74.2 ± 2.4	96.3 ± 2.6	80.0 ± 2.1	70.3 ± 2.4	33.6 ± 1.0
20-20%	73.8 ± 2.0	95.9 ± 2.0	79.6 ± 1.7	69.7 ± 2.0	33.6 ± 0.8

区	ロース断面積 (cm <sup>2</sup> )	背脂肪厚 (cm)				格付け
		カタ	セ	コシ	3部位平均	
対照	25.0 ± 4.1	3.5 ± 0.4	1.6 ± 0.2	2.7 ± 0.3	2.6 ± 0.2	2.1
10-10%	24.6 ± 3.0	3.2 ± 0.3	1.5 ± 0.3	2.5 ± 0.3	2.4 ± 0.2	2.2
10-20%	23.2 ± 1.8	3.4 ± 0.3	1.6 ± 0.2	2.6 ± 0.3	2.5 ± 0.2	2.1
20-20%	23.7 ± 3.3	3.6 ± 0.4	1.5 ± 0.3	2.6 ± 0.3	2.6 ± 0.3	2.2

※ 平均値 ± 標準偏差

※ 格付けは上=1、中=2、並=3、等外=4として計算した

表7 肉質成績

区	水分含量 (%)	伸展率 (cm <sup>2</sup> /g)	加熱損失 (%)	加圧保水力 (%)	ドリップロス (%)	圧搾肉汁率 (%)	せん断力価 (kg)	筋肉内脂肪含量 (%)
対照	74.0 ± 0.8	33.2 ± 2.3	21.2 ± 2.3	82.9 ± 3.6	3.9 ± 1.6	51.9 ± 1.2	3.1 ± 1.0	2.6 ± 0.9 <sup>b</sup>
10-10%	73.9 ± 0.7	31.1 ± 4.3	22.6 ± 3.7	82.4 ± 4.0	4.0 ± 0.9	51.9 ± 1.3	3.7 ± 1.5	2.7 ± 0.6 <sup>b</sup>
10-20%	73.8 ± 0.6	31.1 ± 1.7	23.4 ± 3.7	81.2 ± 3.5	4.4 ± 1.4	51.4 ± 1.0	2.8 ± 0.6	3.3 ± 1.0 <sup>ab</sup>
20-20%	73.3 ± 0.9	30.8 ± 1.3	25.3 ± 3.4	80.0 ± 2.9	5.0 ± 1.5	50.5 ± 1.7	3.0 ± 0.5	4.0 ± 1.2 <sup>a</sup>

区	pH	ロース芯肉色			背脂肪色		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
対照	5.71 ± 0.16	48.7 ± 3.2 <sup>b</sup>	7.3 ± 0.7	3.1 ± 1.0	77.1 ± 1.8 <sup>b</sup>	4.9 ± 1.3 <sup>a</sup>	4.9 ± 1.0 <sup>a</sup>
10-10%	5.63 ± 0.14	51.3 ± 1.9 <sup>ab</sup>	8.3 ± 1.4	3.3 ± 0.7	78.2 ± 0.7 <sup>ab</sup>	4.4 ± 0.9 <sup>ab</sup>	4.3 ± 0.8 <sup>ab</sup>
10-20%	5.61 ± 0.08	52.4 ± 2.5 <sup>a</sup>	8.6 ± 1.6	3.5 ± 0.9	78.6 ± 1.3 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.6 <sup>b</sup>	3.7 ± 0.4 <sup>b</sup>
20-20%	5.67 ± 0.11	52.7 ± 3.1 <sup>a</sup>	8.4 ± 1.0	3.6 ± 0.8	78.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	4.0 ± 0.6 <sup>b</sup>

※ 平均値 ± 標準偏差

※ 異符号間に有意差あり (p<0.05)

表8 内層脂肪の融点と脂肪酸組成

区	脂肪融点 (°C)	脂肪酸組成 (%)					
		C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
対照	32.9 ± 0.7	1.4 ± 0.1	26.2 ± 0.8	2.5 ± 0.1	17.0 ± 1.3	37.8 ± 1.2 <sup>b</sup>	15.0 ± 1.4 <sup>a</sup>
10-10%	34.2 ± 3.0	1.4 ± 0.1	26.5 ± 1.0	2.5 ± 0.2	17.3 ± 1.3	40.2 ± 1.4 <sup>a</sup>	12.1 ± 1.3 <sup>b</sup>
10-20%	33.8 ± 2.8	1.3 ± 0.1	25.9 ± 0.9	2.6 ± 0.2	17.2 ± 1.4	40.8 ± 1.3 <sup>a</sup>	12.2 ± 1.5 <sup>b</sup>
20-20%	33.5 ± 3.3	1.3 ± 0.1	25.9 ± 1.2	2.5 ± 0.2	17.6 ± 1.2	41.1 ± 1.2 <sup>a</sup>	11.5 ± 1.7 <sup>b</sup>

※ 平均値 ± 標準偏差

※ 異符号間に有意差あり (p<0.05)

エコフィード試験区で34.0℃前後であり、対照区の32.9℃と同等の成績であった。内層脂肪中の脂肪酸組成は、オレイン酸が10-10%区で40.2%、10-20%区で40.8%、20-20%区で41.1%となっており、対照区の37.8%と比較し全ての試験区が有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。リノール酸については、10-10%区で12.1%、10-20%区で12.2%、20-20%区で11.5%となっており、対照区の15.0%と比較し全ての試験区が有意に低い値を示した ( $p<0.05$ )。

## 考 察

今回の試験は前報<sup>3)</sup>に比べて対照区も含めて1日平均増体量や飼料要求率が劣った。これは試験期間が真夏にかかったことから、飼料摂取量や発育にヒートストレスが影響<sup>10,11,12,13)</sup>した可能性が考えられた。その状況下において発育面では、肥育前期・後期ともにエコフィードの配合割合が20%になると、1日平均増体量が減少する傾向がみられ、飼料要求率も劣る傾向がみられた。肉質については、供試飼料中のエコフィード割合が高くなるにつれて筋肉内脂肪含量が増加する傾向がみられ、対照区と比較して20-20%区が高い値を示した ( $p<0.05$ )。また、ロース芯肉色のL\*値は対照区と比較し10-20%区、20-20%区が高い値を示し ( $p<0.05$ )、脂肪含量の数値と合わせて考えると、「脂肪交雑」が入ったためと考えられる。従来の報告<sup>14,15,16)</sup>では、タンパク質やリジンが充足していない場合、発育が劣り、筋肉内脂肪含量が増加すると言われている。今回の試験では、飼料中の粗タンパク質含量、リジン含量は前期・後期ともに要求量を満たしているものの(リジンについては計算値)、エコフィードを20%給与した場合、発育が劣り、筋肉内脂肪含量が増加した。さらに筋肉内脂肪含量については、10-20%区は20-20%区と差はないものの、対照区及び10-10%区とも差がないことから、前期に食べた飼料の影響は少なからず残ること<sup>18)</sup>が示唆された。脂質については、内層脂肪の融点が対照区を含め若干低めであるが、軟脂による格落ちはなかった。内層脂肪の脂肪酸組成は、対照区と比較して全てのエコフィード給与区でオレイン酸(C18:1)が高く、リノール酸(C18:2)が低い値であり ( $p<0.05$ )、前報<sup>3)</sup>における後期給与試験でエコフィードの配合割合の増加に伴ってリノール酸が高くなった結果と異なった。

必須脂肪酸であるリノール酸については、供試飼料中の含有割合が体脂肪の脂肪酸組成に影響する。前報<sup>3)</sup>で用いたエコフィードの粗脂肪含量は乾物中で20.8%であり、飼料中の脂肪含量は15%区が7.3%と高いのに対し、今回用いたエコフィードの粗脂肪含量は9.3%で、飼料中の脂肪含量は対照区で前期5.2%、後期4.2%、試験区は10%区で前期4.0%、後期3.8%、20%区で前期3.7%、後期3.5%であり、今回供試した飼料中のリノール酸の実質含

量も対照区よりエコフィードを配合した試験区が低かったため、それが内層脂肪の脂肪酸組成に反映されたと考えられる。飼料中の粗脂肪含量が多いと体内での飽和脂肪酸の合成が抑制され、リノール酸等の多価不飽和脂肪酸の割合が増えるという報告<sup>19)</sup>もあり、給与飼料中の脂肪酸組成のみならず、脂肪含量も重要であることが今回の試験でも明らかとなった。

以上の結果より、発育、肉質においては対照区及び10-10%区は同様の成績であり、脂肪酸組成においてはエコフィード給与区がヒトの健康に良いとされているオレイン酸の量が多くなった。今回供試したエコフィードの適切な配合割合については、前期・後期ともにエコフィードの割合は10%が良好であると考えられた。

また、本研究は高タンパク質で高脂質なエコフィードが肥育全期間に利用可能であることを明らかにしたものであり、このようなエコフィードの肥育豚用飼料としての利用指針となると考えられる。これにより、豚では利用が進んでいなかった高タンパク質・高脂質エコフィードの利用拡大が期待できる。

## 引用文献

- 1) 平成21年度畜産物生産費統計：農林水産省
- 2) 入江正和 (2002)、日豚会誌 39、4：221-254
- 3) 赤木友香・松本友紀子・高橋圭二・鈴木邦夫・村野多可子 (2011)、千葉畜セ研報 11:21-26
- 4) 石橋晃 (2001)、新編動物栄養試験法、養賢堂：455-466
- 5) J. Folch, M. Lees and G.H.Sloane Stanley (1957)、J.Biol.Chem.226：497-509
- 6) 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編 (2005)、日本飼養標準・豚 (2005年度版)、中央畜産会
- 7) 社団法人日本種豚登録協会 (1991)、豚産肉能力検定実務書
- 8) 農林水産省畜産試験場加工第2研究室 (1990)、豚の肉質改善に関する研究実施要領
- 9) 吉田実・阿部猛夫(1984)、畜産における統計的方法(第三版)、中央畜産会：38-61
- 10) R.Christon (1988)、J.Anim.Sci.66：3112-3123
- 11) M. Katsumata, Y. Kaji and M. Saitoh (1996)、Anim. Sci.63：591-598
- 12) 野中最子・小林洋介・樋口浩二・永西 修 (2009)、地球環境 14、2：215-222
- 13) L. Le Bellego, J. van Milgen and J. Noblet (2002)、J.Anim.Sci.80、3：691-701
- 14) 園原邦治・高橋圭二・鈴木邦夫 (2006)、千葉畜セ研報 6：21-24
- 15) 家入誠二・崎村武司・石橋誠・勝俣昌也・梶雄次(2007)、日豚会誌 44、1：8-16

赤木ら：肥育全期間の高タンパク質・高脂質エコフィード給与が豚の発育と肉質に及ぼす影響

- 16) 松窪 敬介・家入 誠二・加地 雅也・勝俣 昌也 (2010)、  
日豚会誌 47、1：23-31
- 17) 川島知之・佐伯真魚・高橋俊浩・入江正和 (2007)、  
エコフィードの栄養特性－アミノ酸について－、ア  
ミノ酸技術情報 No.18：1-18
- 18) B.E. McDonald and R.M.G. Hamilton (1976)、Can.  
J.Anim Sci.56 (4)：671-680
- 19) 入江正和 (1989)、畜産の研究 43、8：42-46