末利用エネルギー資源の飼料価値に関する研究

III. 羊脂、鶏脂の利用可能エネルギー

吉 田 実・星 井 博・小 坂 清 巳・
森 本 宏

農林省畜産試験場 千葉市

養鶏飼料のエネルギー源としてあまり利用されていないものとしてめん羊の体脂肪、羊脂がある。これは消化が悪く、エネルギーの給源として十分に利用されるとはいえないが、著者らの予備的な実験結果¹⁾によれば、消化率 76% と推定され、それ程飼料価値が劣るものではない。養鶏家のなかには、実際に羊脂を飼料に混合している例もあり、条件さえ整えば、めん羊肉の輸入と同様に多量に輸入して、飼料として利用する可能性はあるものと考えられる。

鶏の体脂肪も、現在では量的に多くはないが、ブロイラーの生産が盛んになって大規模に処理を行なうようになれば、まとまった量の体脂肪を飼料として活用する可能性があると考えられる。鶏脂 (Poultry grease) は、その代謝エネルギー 4.630 kcal/ポンド、(10.02 kcal/g)、消化率 94% と報告されており²⁾、その栄養価は非常に高いものと推定される。

一方、消化の悪い脂肪に植物性の油脂を混合して与えると混合物の栄養価は、それぞれ単独で与える場合の価値から推定した栄養価より高いことが知られている。ヒナによる 飽和脂肪酸の利用率は低い³⁾、これは不飽和脂肪酸^{4), 5)}、特にオレイン酸⁶⁾と混合して給与することによって高められることが知られており、消化の悪いタローに対し大豆油を添加すると、タローの利用率が高まることも報告されている⁷⁾。

本研究においては、第1報⁸⁾に記載した利用可能エネルギーを測定する生物量法によって、羊脂および鶏脂の利用可能エネルギーを測定して、これをタロー、グリースの利用可能エネルギーと比較した。また羊脂は消化がわるいことが予想されるので、大豆油あるいは羊脂・脂肪酸メチルエステルと混合して給与し、また羊脂を乳化して給与することを試みた。

実験材料および方法

供試品：羊脂は日本食肉加工協会から提供されたものを使用した。昭和 39 年 5 月に提供されたものを羊脂

(1)、昭和 40 年 2 月に提供されたものを羊脂 (2) とした。これらの供試品には、抗酸化剤として BHT (Butylated hydroxy toluene) を 0.05% の割合で添加して使用した。乳化羊脂も、日本食肉加工協会から提供されたもので、羊脂 50%、水分 40%、カゼインおよび乳化剤を 10% 含む製品である。これは食品添加物として使用されていたものでもある。

羊脂メチルエステルは、東海区水産研究所において煮取った羊脂を原料として、同所で合成した製品である。

タローはファンシー・タロー (Fancy tallow)、グリースはイエローグリース (Yellow grease) であって、いずれも米国からの輸入品であり、抗酸化剤が添加されている。

鶏脂は、鶏の脂肪を購入し、実験室において BHT 0.05% とともに煮取り、絹ふるいを通して調製した。抗酸化剤は、調製操作中、貯蔵期間中および飼料に混合した後給与するまでの期間中の鶏脂の変敗防止を目的としている。

これらの供試油脂の融点、総エネルギー含量の測定値は、利用可能エネルギーおよび消化率の測定結果とともに一括して表 3 に示した。

ヒナおよび飼育法：同一ふ化場から購入した白色レグホーン種雄初生ヒナを供試した。試験 406, 410, 411, 502 では初生ヒナ 15 羽を 1 区として標準飼料または試験飼料を与え、電熱式育すう器で 4 週間飼育した。試験 503 では、試験 502 の結果を確かめる目的で、標準飼料 2 種類と羊脂および鶏脂の給与区 (表 2 参照) から、それぞれ平均体重がほぼ等しくなるような 6 羽ずつの 3 区計 18 羽を選抜して、さらに 4 週間継続して飼育した。この場合、平均体重は、ほぼ 4 週令時の総平均体重に近くなるように配慮し、ヒナは 6 羽を 1 群としてケージで飼育した。試験 505 は、試験 502 および 503 の結果を確認することを目的として、他の研究目的に初生から 4 週間供試したヒナを用い、前歴および平均体重がほぼ等しくなるように 6 羽ずつ区分して、ケージに収容して飼養した。

飼料と飲水は、すべて自由摂取とし、1週間ごとに個体別体重と群ごとの飼料摂取量を測定し、記録した。

試験飼料組成：試験ごとに標準飼料区を設定してその成績から、飼料中のエネルギー含量とヒナの増体量との関係を示す標準曲線を求めた。標準飼料の組成は、初生ヒナ用は第1報表1⁸⁾、4週令ヒナ用は第2報表1⁹⁾に示したので、本報告では詳細に関しては省略する。いずれも、コーンスターチ 10% を含む基礎飼料に対し、コーンスターチの半量または全量を大豆油でおきかえたものであって、残る 90% 分はすべて一定の組成である。なお、乳化羊脂を配合する場合には、計算上羊脂含量が所定量になるように混合した後、風乾して水分を除いた上で供試した。飼料の粗脂肪含量を測定して、羊脂含量が所定量になっていることを確認した。

試験飼料は、基礎飼料中のコーンスターチ 10% の全量または半量を供試油脂でおきかえた。これらの試験飼料は供試油脂とその配合量とを組合せて、たとえば羊脂(1)―10 のような記号で示した。(表1, 2参照) なお、標準飼料の場合と同様に、飼料の 90% 相当部分はすべて一定の組成である。

試験 503 では、コーンスターチ、大豆油、羊脂(2)、鶏脂を並列して比較することを目的としているので、基礎飼料中のコーンスターチ 10% のうち 5% をトウモ

ロコシとおきかえ、残る 5% を供試油脂でおきかえた。

したがって、この試験にかぎり飼料の 95% 相当部分が一定の組成で、5% 相当部分のみが供試品となっている。

化学分析方法ならびに計算方法：供試品の総エネルギーは、真空式断熱熱量計(小川精機 K.K. 製)または、自動熱量計(島津製作所製)を用いて測定した。飼料中の粗脂肪は、エーテル抽出により¹⁰⁾、排泄物中の粗脂肪は酸分解後、エーテル・石油エーテル混液で抽出して測定した¹¹⁾。飼料および排泄物中の酸化クロームはアルカリ熔融法により測定した¹²⁾。

真の消化率は、第1報⁸⁾に記載したように、油脂のかわりにコーンスターチを含む基礎飼料の排泄脂肪量を差引いて算出した。

利用可能エネルギーの計算方法は、第1報⁸⁾記載の方法によった。利用可能エネルギーは、本報告では可消化養分総量(TDN と略す)を単位として示している。

実験結果

初生ヒナを用いて測定した利用可能エネルギーの測定結果を第1表にまとめて示した。この表では、標準飼料区の成績を省略して、増体量と飼料10%相当部分の TDN との関係を示す回帰式のみを示した。これらの成績の大

第1表 初生ヒナの4週間の増体量、飼料摂取量および供試品の利用可能エネルギーと消化率

試験番号および供試飼料	例数 ¹⁾	増体量 ²⁾ g	飼料摂取量 ³⁾ g	供 試 品		
				利用可能 エネルギー	同左の95% 信頼限界	真の消化率 ³⁾
	例			TDN%	TDN%	%
406:			$y_1 = 0.4143x + 153.5$			
羊脂(1)―10	3	212	505	141	100~180	61±5.9 (3)
(羊脂(1)―5 大豆油―5	3	210	484	137	95~175	72±4.0 (3)
乳化羊脂―10	3	209	499	134	92~172	51±7.3 (3)
410:			$y_2 = 0.8134x + 347.4$			
羊脂(1)―10	2	293	626	148	127~178	62 (1)
(羊脂(1)―7.5 羊脂エステル―2.5	2	284	596	157	132~183	62 (1)
411:			$y_2 = 0.6269x + 352.2$			
タロー―10	2	251	532	174	158~190	71±3.4 (5)
グリーン―10	2	250	557	145	129~160	46 (2)
502:			$y_1 = 0.5313x + 169.9$			
羊脂(2)―5	2	249	560	215	174~256	83 (2)
鶏脂―10	2	289	559	224	202~252	} 97±0.7 (3)
鶏脂―5	1	238	527	173	115~229	

1) 15羽の成績を1例と数えた

2) 総平均値のみを示す。標準飼料給与区は回帰式で示した。ただし、 x : 10% 相当部分の TDN, y_1 : 増体量, y_2 : 飼料 1kg あたりの増体量

3) 平均値±標準偏差。括弧内は測定例数

部分は、第Ⅰ、Ⅱ報^{8),9)}に同一試験番号を附して記述してある。

試験 406 は羊脂 (1) の価値を明らかにすることを主目的としたが、その結果、羊脂 (1) の消化率は 61% となって消化が悪く、ヒナの発育を利用して測定した利用可能エネルギーも低くなった。大豆油を混合して与えると消化率は向上するが (危険率 1%), 羊脂と大豆油をそれぞれ単独に与えて測定した利用可能エネルギーから予想される成績にはおぼなかつた (危険率 5%)。また、乳化剤を加えた羊脂を、水分を考慮して配合する場合も、羊脂 (1) をそのまま与える場合に比して、利用可能エネルギー、消化率とも大差は認められなかつた。

羊脂のメチルエステルを少量混合して、混合物全体の融点を低下させ、利用性を高めるねらいをもって、試験 410 を実施したが、メチルエステル 25% の混合によって、融点は 35.5~37.0°C に低下するが、利用可能エネルギー、消化率とも、事実上変化はなかつたといつてもよい。いま、仮に、メチルエステルの添加によって羊脂の利用率には全く変化がないものと仮定すると、羊脂メチルエステル自身の利用可能エネルギーは TDN184% (= (157-148×0.75)/0.25) と計算される。

なお、試験 410 と 411 においては、標準飼料給与区の飼料摂取量が、飼料のエネルギー含量あるいは大豆油添加量に関係なくほぼ一定であるという前提条件がかなりくずれ、SO-10 飼料給与区では飼料摂取量が、SO-0, SO-5 の給与区に比し約 8% 少なくなっている。これは、この 2 回の試験にのみ認められることで、その前後 6 回の試験では認められていない。大豆油をかえることにより、試験 502 以後にはこのような現象が起っていないし、この試験に供試した大豆油の新鮮度にも疑問があるが、確実な原因は不明である。このため、試験 410 と 411 は、増体量を、飼料 1kg あたりに換算して標準曲線を求め、利用可能エネルギーを算出した。羊脂 (1) の利用可能エネルギー測定値が、試験 406 と 410 とでほぼ一致していることは、この生物定量法が信頼できる 1 つの例証と考えてよいであろう。

試験 411 はタローとグリースの利用可能エネルギーの測定を目的としたものである。試験 502 は、鶏脂の評価を主目的とした。これより鶏脂は消化もよく、そのエネルギーはヒナによりよく利用されていた。この試験では羊脂の添加量を 5% に減じて 8 週令まで飼育し、より実際の条件で飼育することを目的として羊脂の価値を検討した。供試した羊脂 (2) は、羊脂 (1) とは別の飼料であるが、消化率が 12% 高く、(危険率 1% で有意差)、利用可能エネルギーも高かつた (危険率 5%)。このヒナを 8 週令まで継続して飼育し、その結果を第 2 表

に試験 503 として示した。8 週間の増体量と飼料効率について分散分析したが、油脂を添加しない SO-0 飼料区が劣っているほかは、大豆油、鶏脂、羊脂 (2) の給

第 2 表 4 週令ヒナの増体量、および飼料摂取量

試験番号 および供 試飼料	例数 ¹⁾	増体量 ²⁾ g	飼料摂取量 ²⁾ g	飼料 1kg あ たり増体量 g
503 :				
SO-0 ³⁾	3	411	1,880	219 ⁴⁾
SO-5	3	477	1,810	264
羊脂(2)-5	3	471	1,750	269
鶏脂-5	3	440	1,720	256
505 :				
SO-0	2	502	1,810	270
SO-5	2	530	1,790	296
SO-10	2	549	1,620	340
羊脂(2)-5	2	522	1,802	290

- 1) 6 羽を 1 例と数えた。
- 2) 4~8 週令の 4 週間の総平均値を示す。
- 3) SO は大豆油
- 4) 危険率 1% で他の 3 区に劣る。

与区間には有意差が認められなかつた。この成績は羊脂 (2) は羊脂 (1) に比して栄養価が高いことを示しており、これを確認する目的で試験 505 を計画した。その結果は表 2 に示すように、前 2 回の結果と同様に、羊脂給与区は、対応する SO-5 飼料区に近い成績であつた。

試験 505 の大豆油添加飼料区の飼料 1kg あたりの増体量 (y_2 g) と、飼料中の 10% 相当部分の TDN (x %) との回帰式を導くと (1) 式のようになり、相関係数 r は 0.946 であつて、直線関係が成立する。

$$y_2 = 0.5261x + 222.71 \quad \cdots \cdots (1)$$

この式から導びいた羊脂 (2) の利用可能エネルギーは、TDN 173% で、その 95% 信頼区界は 38~280% であつた。

考 察

供試した羊脂、鶏脂、タロー、グリースの利用可能エネルギー測定値は、試験番号によって、測定例数が異なり、また 1 例に供試したヒナの羽数は、試験 505 では 1 例の羽数が 6 羽となっているので、それぞれ信頼性が異なることになる。そこで、供試羽数の重みをつけて利用可能エネルギーの平均値を求め、第 3 表に一括して示した。

この表から明らかなように、消化率に 2.25 を乗じて求めた TDN (括弧内に示す) と利用可能エネルギーとして示した TDN 測定値の差は、グリースの場合の差、

第3表 供試油脂の融点, 総エネルギー, 利用可能エネルギーおよび消化率

	融 点	総エネ ルギー	利用可能 エネルギー	真の消化 率 ¹⁾
	°C	kcal/g	TDN%	%
羊 脂 1	43~45	9.43	144	61(147)
羊 脂 2	43~44	9.47	203	83(187)
羊脂メチル エステル	18~21		184	
タ ロ ー	41~42	9.38	174	71(180)
グ リ ース	31~33	9.25	145	46(103)
鶏 脂	20	9.45	207	97(218)

1) 括弧内は, 消化率 $\times 2.25$

—32%が最も大きく, 平均—10%であった。消化率から求めた TDN の標準偏差は, 羊脂 (1) の場合, 13% (5.9×2.25) であり, 生物定量法による利用可能エネルギーの変動はこれより大きいことを考えると, この差は意味のあるものとはいえない。すなわち, 供試した油脂は, いずれも消化率に比例した利用可能エネルギーをもっていると考えられる。これら油脂には, エネルギー以外の未知の成長促進因子は含まれておらず, また, マッコウ鯨油・脂肪酸⁹⁾ や, ニシン魚油⁷⁾ の場合のように, 消化吸収されたエネルギーの一部が熱として失なわれるという疑いは認められない。

羊脂 (1) と羊脂 (2) とは, 消化率, 利用可能エネルギーとも有意の差があり, 羊脂 (2) の栄養価は高くファンシー・タローにまさっている (消化率の差は危険率 1% で有意)。これは, 実験計画時には予想できなかったし, また両者の原料や製造, 貯蔵方法などの詳細についての記録はない。金田・荒井¹⁸⁾ は, 羊脂の例にかぎりラットによる彼らの成績と, ヒナによる本研究室の成績とが一致しないとのべ, その原因が融点の差ではないかと考えている。羊脂 (1) と羊脂 (2) の栄養価に差が認められることから, その原因の 1 部は両研究室で供試した羊脂自身の価値の差によるものではないかと考えられる。

羊脂 (1) と羊脂 (2) の融点がほぼ等しいことは, 油脂の栄養価の指標として, 融点は必ずしも信頼できないことを示している。これは, 羊脂エステルを加えて融点を下げ, 栄養価を高める試みがあまり成功しなかったことによっても支持されている。油脂の栄養価がその融点にほぼ反比例するという見解が発表されているが^{1,14,15,16)}, 融点の低い油脂, はその脂肪酸組成などの点で栄養価の高いものが多く質の異なる油脂の栄養価を大まかに推定する尺度としては融点が無効であるが, 脂肪酸組成が同一である場合などには, 単に融点だけを下げるとは効果が少ないものと考えられる。

本実験に供試した鶏脂は, 消化率, 利用可能エネルギーとも非常に高く, エネルギー源として有効に利用できるもので, 本実験の結果は, CULLEN ら²⁾ の消化率 94%, 代謝エネルギー 4,630kcal/ポンドにほぼ一致し, Stutz and MATTERSON¹⁷⁾ の代謝率 (N 補正代謝エネルギー / 総エネルギー) 90%, 代謝エネルギー 3,716kcal/ポンドより多少よい成績である。

供試したファンシー・タローの利用可能エネルギー TDN 174%, 消化率 71% は, POTTER and MATTERSON¹⁸⁾ が測定した N 補正代謝エネルギー 7.03kcal/g, 代謝率 74%, Stutz と MATTERSON¹⁷⁾ の N 補正代謝エネルギー 3,060kcal/ポンド, 代謝率 72% あるいは庄司ら¹⁹⁾ の N 補正代謝エネルギー 6.35kcal/g, 代謝率 69% とほぼ匹敵している。

供試したイエロー・グリースは, CULLEN ら²⁾ が測定した消化率 95%, N 補正代謝エネルギー 4,326kcal/ポンドに比してはるかに劣る飼料価値を示している。本実験に供試したイエロー・グリースの消化率を利用可能エネルギーから逆算すると, 64% ($=145/2.25$) であるが, これは STUTZ and MATTERSON¹⁷⁾ が測定した代謝率 64%, N 補正代謝エネルギー 2,670kcal/ポンドと一致し, また, 庄司ら¹⁹⁾ が測定した代謝率 64%, N 補正代謝エネルギー 5.90kcal/g と一致している。したがって, イエロー・グリースにも栄養価に差があつて, CULLEN ら²⁾ の供試品のように, 植物油にほぼ匹敵する価値の高いものもあり, 本実験や庄司ら¹⁹⁾ や STUTZ and MATTERSON¹⁷⁾ の供試品のように, 消化率 64%, TDN 145% 程度のものであるようである。いずれも融点に大差はないと考えられるので, 本実験に供試した羊脂 (1) と羊脂 (2) の場合のように, 栄養価に差を生ずる原因について今後検討する必要がある。このように, 鶏脂, タロー, グリースについて異なる研究室で, 異なる方法により測定した消化率, 利用可能エネルギーより逆算した消化率, あるいは代謝率がよく一致することは, これらの油脂が, その消化率に比例した利用可能エネルギーを持ち, エネルギー以外の成長促進あるいは阻害因子を含まないという上述の考察を支持するものである。これはまた, 本実験において採用したエネルギーの生物定量法の原理が妥当であり, 測定値が信頼できることを示すものである。

本研究の結果から, 羊脂は少なくともイエロー・グリース程度あるいはそれ以上の価値をもっており, 飼料のエネルギー源として十分利用できるといえる。鶏脂は栄養価が高く, 積極的に利用すべきものであるといえる。

要 旨

2 種類の羊脂および鶏脂の利用可能エネルギーを生物

定量法により測定し、ファンシー・タローとイエロー・グリースの利用可能エネルギーと比較した。同時に真の消化率を測定し比較した。

羊脂の利用可能エネルギーは、TDN144% のものと 203% のものがあり、試料により差が認められた。栄養価の低い羊脂に、等量の大豆油または 1/4 量の羊脂メチルエステルを加えても、また乳化処理をしても栄養価を高める効果は認められなかった。

鶏脂は、利用可能エネルギーは TDN207% で、飼料価値は高かった。

タローとグリースは、それぞれ TDN174 と 145% であって文献値とかなりよく一致していた。この成績から羊脂は、グリースに匹敵するかそれ以上の価値をもつといえる。

供試品の提供をいただいた、金田尚志博士（東海区水研、現在東北大学）ならびに矢野幸男氏（日本食肉加工協会研究所長）に深謝いたします。

引用文献

- 1) 森本宏・吉田実・星井博：農技研報，G 17，121，1959.
- 2) CULLEN, M.P., O.G. RASUMUSSEN AND O.H.M. WILDER: Poultry Sci., 41, 360, 1962.
- 3) RENNER, R. AND F.W. HILL: J. Nutrition, 74, 254, 1961.
- 4) RENNER, R. AND F.W. HILL: J. Nutrition, 74, 259, 1961.
- 5) YOUNG, R.J.: Poultry Sci., 40, 1225, 1961.
- 6) YOUNG, R.J. AND R.L. GARRETT: J. Nutrition, 81, 321, 1963.
- 7) ARTMAN, N.R.: Poultry Sci., 43, 994, 1964.
- 8) 吉田実・星井博・小坂清巳・森本宏：家禽会誌，2，180，1965.
- 9) 吉田実・星井博・小坂清巳・森本宏：家禽会誌，2，191，1965.
- 10) 森本宏・阿部彦郎・堀井聰・野崎能孝・高野一雄・平野昌三・野辺田清：農技研報，G 16，1，1959.
- 11) 吉田実・星井博・森本宏：畜試研報，6，51，1964.
- 12) 亀岡暄一・吉田実・窪田大作・高橋正也：農技研報，G 13，67，1957.
- 13) 金田尚志・荒井君枝：栄養と食糧，18，66，1965.
- 14) CARVER, D.S., E.E. RICE, R.E. GRAY AND P.E. MONE: Poultry Sci., 34, 544, 1955.
- 15) SUNDE, M.L.: Poultry Sci., 35, 362, 1956.
- 16) MARCH, B. AND J. BIELY: Poultry Sci., 36, 71, 1957.
- 17) STUTZ, M.W. AND L.D. MATTERSON: Poultry Sci., 41, 1617, 1962.
- 18) POTTER, L.M. AND L.D. MATTERSON: Poultry Sci., 39, 781, 1960.
- 19) 庄司圭吾・戸塚耕二・麻生和衛：日本万国家禽学会秋季大会講演要旨，38，1964.

Nutritive Value of Various Energy Sources for Poultry Feed.

III. Estimation of Available Energy of Mutton Fat and Poultry Grease.

MINORU YOSHIDA, HIROSHI HOSHII, KIYOMI KOSAKA
AND HIROSHI MORIMOTO

National Institute of Animal Industry, Chiba-Shi

Available energy of mutton fat and poultry grease was determined by the bioassay technique described in the first paper⁸⁾ of this series of studies. Available energies of fancy tallow and yellow grease imported from U.S.A. were also determined to compare the nutritive value among these animal fats. True digestibility of these fats was obtained from the dietary fat and total excreted fat corrected for excreted fat from fat free basal diet. The bioassay technique was based on the linear relationship between dietary energy level and the growth rate of chicks. The available energy of fats was tentatively shown

by total digestible nutrients (TDN) in this paper.

Two preparations of mutton fat were used in this study and unexpectedly it was found that the available energies as well as true digestibilities of these two preparations, having similar melting point of 43-45°C., were significantly different ($P < 5\%$). One preparation had 144% of TDN and its digestibility was 61%, while the other had 203% of TDN and digestibility of 83% which was higher than digestibility of fancy tallow ($P < 1\%$).

Addition of equal volume of soybean oil or of a quarter volume of the methyl ester of mutton fatty acid to the mutton fat of lower nutritive value was not effective to improve the digestibility and nutritive value of a mutton fat. Emulsification of mutton fat also had little influence on nutritive value.

Poultry grease had high nutritive value of 207% of TDN and 97% of digestibility, which was almost comparable to the nutritive value of soybean oil. The findings agree with those reported by Cullen et al.²⁾

Available energies of fancy tallow and yellow grease were 174 and 145% of TDN, respectively. Digestibilities of these fats were 71 and 46%, respectively. (Japan. Poultry. Sci., **3**, 23, 1966).