

# ラットの成長試験による飼料の栄養価の評価法の検討

(第4報)

—飼料中のたん白質並びに脂質の含有比率の違い  
が及ぼすラットの成長並びに飼料効率算出への  
影響について—

萩原 和夫 箱山 年子

世界の先進国の多くはその食事が高たん白質、高脂肪といわれるが、実際は脂肪が特に多い傾向(第2表参照)にあり、種々の成人病などの原因になっていると問題になっている。日本人の食生活も長い間の低たん白、低脂肪食から抜け出し、以前に比較するとたん白質の摂取量もふえ、また脂肪の摂取量もふえて来ており他国と同様な問題が起りつつあることが心配されている。

飼料中のたん白質の組成比と健康との関係の検討は従来より多くの人々によってなされておりその適量については用いたたん白質源によっても異なるし、動物の種類や状態によっても異なるが、ラットの場合カゼインで14~20%<sup>4)</sup>くらいと考察されている。

然し食事というものは一つの栄養素の動向よりは全体の栄養素組成、即ち各栄養素の相互関係によっても各栄養素の栄養的効果や発生現象が変化することが予想される。

極端な高脂肪食をはじめ脂肪を多く含む飼料<sup>5)</sup>で動物を飼育したばあいにどんな現象がみられるかの知見もないわけではないが、かならずしも一致した見解になっていない様に思われるので、その点の検討をいろいろの見地より更に進めて行くことも意義あるものと思われる。

そしてこれらの検討をあわせて我々の日常の食事についての各栄養素の量的組合せの至適条件の検討にもなるものと思う。

一方一般に飼料効率といえば飼料摂取量1g当りの体重増加量で表わしたものであるが、飼料の栄養素の組成が異ると同じ重量であっても供給エネルギー量は当然異なるので、むしろ単位エネルギー(Cal)当りで算出するのが妥当と思われるので、単位重量(g)当りで算出した値と単位エネルギー(Cal)当りで算出した値とで飼

料効率を比較し、飼料の栄養価の評価の結果への影響についてもあわせ検討したのでそれらの結果を報告する。

## 試料及び実験方法

### ①試験飼料

いずれもエネルギー(Cal)%でたん白質5%, 20%, 40%について夫々脂肪0%, 15%, 50%, 85%を組み合わせた飼料を作成した。即ち糖質源としてコーンスターチ(水分10%), たん白質源としてミルクカゼイン(水分10%), 脂肪源として大豆油並びにエネルギー比85%食のみはショートニングを用いた。ほかに無機塩類としてマッカラム塩No.185, ビタミンミックスとしてパンビタン末(武田薬品(株)製)を加えて第1表の様な処方<sup>6)</sup>で混合し試験飼料とした。第1表に示した重量を混合したものはいずれも500Calになる様になっている。

### ②実験動物

近親交配によって得られたWister系ラットの離乳後約3週間、体重50g前後を用い一飼料につき3~4匹を一群として試験した。

### ③飼育条件

室温20~25°C, 湿度50~70%の室内で金網籠を用いて一匹ずつ飼育した。給与飼料は第1表の各飼料をそれぞれ一日当り50Calに相当する量を秤取して与えた。また体重100gを越えた場合は成長の度合に応じて一律5gずつ増量した。水は水道水を自由に摂取させた。

④測定事項

3日毎に体重を測定した。また飼料の摂取残量を毎日測定し全摂取量(食下量)を算出した。

第1表 飼料組成 (g)

飼料成分 たん白質と 脂肪の組合せ (飼料名)	糖 質	たん白質	脂 肪		無 機 塩	ビ タ ミ ン	合 計 量	1日1匹当 り給与量
	コーン スターチ	ミルク カゼイン	大豆油	シヨート ニング	マツカラム No.185	パンビタ ン末		
たん白質5% 脂肪0%食	133.3	5.6	0		4	2	144	14.5
たん白質5% 脂肪15%食	113.3	5.6	8		4	2	132.9	13.5
たん白質5% 脂肪50%食	66.7	5.6	26.7		4	2	105	10.5
たん白質5% 脂肪85%食	20	5.6		45.3	4	2	76.9	7.7
たん白質20% 脂肪0%食	116.7	22	0		4	2	144.7	14.5
たん白質20% 脂肪15%食	99.2	22	7		4	2	134.2	13.5
たん白質20% 脂肪50%食	58.3	22	23.3		4	2	109.6	11.0
たん白質20% 脂肪85%食	17.5	22		39.7	4	2	85.2	8.5
たん白質40% 脂肪0%食	94.4	44.4			4	2	144.8	14.5
たん白質40% 脂肪15%食	80.3	44.4	5.7		4	2	136.4	13.5
たん白質40% 脂肪50%食	47.2	44.4	18.9		4	2	116.5	11.5
たん白質40% 脂肪85%食	14.2	44.4		32.1	4	2	96.7	9.5

[注] 上記の様に組合せると、実際の栄養素組成はかならずしも表現通りの比率になっていない。たん白質は5%、20%、40%が実際には総エネルギー量に対して夫々4%、17.6%、35.5%である。脂肪はたん白質5%食に組合せたもの以外は非窒素カロリーに占める割合を0%、15%、50%、85%としたため脂肪15%、50%、85%が実際にはたん白質20%食群では総エネルギー量に対して夫々13%、44%、74%であり、たん白質40%食群では夫々11%、35%、60%となっている。

然し飼料名ということで統一してたん白質については5%、20%、40%食と呼び、脂肪については0%、15%、50%、85%食という表現を用いた。

実験結果及び考察

先ず我が国並びに世界の主な国の食事中の栄養素の組成がどうなっているかを知るため藤沢氏、阿部氏らのまとめた資料をもとにして、総エネルギー、たん白質、

それらの資料を用いて体重増加量(率)、飼料効率、必要に応じたたん白効率を算出し栄養効果を比較検討した。

脂肪の摂取量について重量とエネルギーに換算した値とで示し、それぞれの重量に対する割合並びに総エネルギーに占める割合を算出して見たのが第2表である。

第2表 世界各国の一人一日当りの栄養摂取量

国 名	エネルギー (Cal)	たん 白 質		脂 肪		脂 肪		脂 肪	
		重 量 (g)	重 量 (%)	エネルギー (Cal)	エネルギー (%)	重 量 (g)	重 量 (%)	エネルギー (Cal)	エネルギー (%)
ア メ リ カ	3316	103.6	17.3	414	12.5	163.4	27.2	1471	44.4
ス ウ ェー デ ン	2760	83.9	15.6	336	12.1	122.2	22.7	1098	39.8
イ タ リ ヤ	3343	105.3	15.2	421	12.6	127.2	18.4	1145	34.2
日 本	2502	79.1	14.3	316	12.6	59.6	10.8	536	21.4
フ ィ リ ピ ン	2040	53.2	15.1	213	10.4	28.0	11.1	252	12.4
韓 国	2634	30.0	13.6	320	12.1	35.0	11.1	315	12.0
カ ナ ダ	3158	95.9	15.9	384	12.1	147.6	24.5	1328	42.1
西 ド イ ツ	3238	88.0	14.0	352	10.9	160.3	25.4	1443	44.6
フ ラ ン ス	3219	102.7	16.9	411	12.8	157.1	25.8	1414	43.9
イ ン ド	1990	49.4	11.8	198	9.9	25.9	6.3	233	11.7

OECD [Food consumption statistics 1973]

重量で見るとアメリカ、イタリア、フランスなどは高たん白質、高脂肪食の国であり、スウェーデン、カナダ、西ドイツは高脂肪食の国といえるが、総エネルギー量に対する比率(%)で見ると、たん白質の摂取量はインド以外は大体どの国も同じ程度(エネルギー比10~13%, 重量比14~17%)であり、特に高たん白質食とはいえない。即ち各国の食事は脂肪及びそれに相関して糖質の摂取比率に違いがあることがわかる。そしてアメリカ、スウェーデン、カナダ、西ドイツ、フランスなどが高脂肪食の国といえる。それはエネルギー%で見ると40~45%, 重量%で見ると25%前後である。

日本は未だ一人平均で見ると高脂肪食ではないが、個人では欧米高脂肪食国と同程度の脂肪組成をもつ食事を摂っている人も増えており、国全体としても脂肪摂取が

多くなりつつあるという処である。

そこで問題になるのが高脂肪(高エネルギー)食のもたらす影響であるが、これについては既に多くの知見があり消化不良やケトージスを招く危険のほか、エネルギー過剰に由来する脂肪組織の増加を見、心臓など各種臓器へ脂肪が沈着したり、血中の脂肪が増たりしていわゆる肥満や成人病(心臓病、脳動脈硬化症、高血圧症、糖尿病など)の誘発につながることは常識的に衆知のところである。

その脂肪も他の栄養素との組合せの仕方によって現われる現象の違うことは、ケトージスの発現に関しての糖質との比率についてなど知られている。今回はたん白質との関係を主体に検討してみた。その結果をまとめたのが第3表、第4表、第5表、第6表、第7表、第8表である。

第3表 体重増加量平均値(28日間) 単位: g

たん白質 \ 脂肪	脂肪0%	脂肪15%	脂肪50%	脂肪85%
たん白質5%	35.7 ± 2.5※	10.0 ± 5.1※	体重やや減少	体重やや減少
たん白質20%	114.3 ± 11.4	129.0 ± 16.4	126.0 ± 27.0※	102.0 ± 1.0※
たん白質40%	115.3 ± 10.1	120.3 ± 8.7	123.3 ± 9.4	101.0 ± 9.4

※標準偏差(以下の表も同じ)

第4表 g当りの飼料効率平均値

たん白質 \ 脂肪	0%	15%	50%	85%
5%	0.125 ± 0.009※	0.059 ± 0.027※	—	—
20%	0.299 ± 0.023	0.353 ± 0.033	0.409 ± 0.037※	0.475 ± 0.020※
40%	0.311 ± 0.019	0.323 ± 0.017	0.375 ± 0.008	0.442 ± 0.036

第5表 10Cal当りの飼料効率平均値

たん白質 \ 脂肪	0%	15%	50%	85%
5%	0.324 ± 0.021※	0.143 ± 0.066※	—	—
20%	0.768 ± 0.072	0.864 ± 0.080	0.817 ± 0.101※	0.800 ± 0.019※
40%	0.813 ± 0.049	0.800 ± 0.042	0.858 ± 0.018	0.813 ± 0.066

第6表 全食下量(飼料摂取量)平均値(28日間) 単位: g

たん白質 \ 脂肪	0%	15%	50%	85%
5%	285.7 ± 8.1※	163.3 ± 15.9※	118.4 ± 7.0※	103.0 ± 4.7※
20%	382.0 ± 19.8	365.3 ± 22.2	305.3 ± 38.9	215.1 ± 7.1
40%	369.8 ± 11.4	372.6 ± 16.5	312.0 ± 21.9	228.8 ± 4.6

第7表 全摂取エネルギー量平均値(28日間) 単位: Cal

たん白質 \ 脂肪	0%	15%	50%	85%
5%	1102.1 ± 31.1※	672.6 ± 65.7※	598.8 ± 33.9※	683.4 ± 30.9※
20%	1489.7 ± 66.2	1491.3 ± 89.4	1478.9 ± 188.7	1275.4 ± 17.7
40%	1416.1 ± 43.0	1502.8 ± 66.7	1437.0 ± 101.0	1240.8 ± 27.8

第8表 たん白質効率平均値

たん白質	脂肪 0%	15%	50%	85%
5%	3.280	1.470	—	—
20%	2.197	2.203	1.909	1.900
40%	1.010	0.990	0.990	0.954

たん白質5%食では脂肪の含有比率が増すにつれて体重増加量(率)、飼料1g当りの飼料効率、飼料10Cal当りの飼料効率ともに低下しており、飼料中に占める脂肪よりのエネルギー量が50%以上では殆んど發育(成長)出来ない結果となっている。

その主因は第6表の食下量の数値からみて、飼料の摂取量が少ないことによると思われる。しかもたん白質5%食の中では一番よい成長を示している脂肪0%食でも、他のたん白質の多い飼料に較べると食下量が低く、低たん白質食は成長が遅れる。成長が遅れて個体が小さいので食べる量も少ない、従って成長も進まない悪循環になっている。

糖質や脂肪の量を増すとたん白質の節約効果があると以前からいわれているが、今回の実験結果からはその様な効果は示されなかった。摂取量の絶対値に差があってひき起こされている現象なので節約効果の有無についての本質に言及することは出来ないが、現実的にエネルギー比で脂肪50%といっても重量比では22~26%であり、脂肪摂取量の多い国の食事の量と同じくらいであり、エネルギー比で85%脂肪含有食でも重量なら50%前後であるので現実にもその様な食事をすることもあり得る程度の量である。これらの脂肪組成の食事のばあい、同時にたべるたん白質が少ないと動物に忌避されてしまうことは日常の食生活においても留意する必要があると思われる。事実同様なことがヒトについてもすでに観察されているとのことであり、高脂肪食(低糖質食)<sup>11)</sup>は体重を減少させることが起こることが知られている。その原因としては高脂肪食に伴う代謝系の変化によるものであるとする意見と、食欲が低下して摂取総エネルギーが低下するためとする意見があるというが、今回のラットによる実験結果は後者の様子を示している。

次にたん白質20%食、これは飼料中のたん白質の組成比が適量と考えられるものであるが、このばあい体重増加量(率)でみると脂肪15%食、脂肪50%食が良好な成長を示し、脂肪0%食、脂肪85%食の順にやや低くなるが、その差は少なく全体に良好な成長をみせているといえる。飼料摂取量をみると、脂肪よりのエネルギー比が増すにつれて低下している。ところが摂取飼料量をエネルギー量に換算しなおした値でみると、第7表でみられ

る様に脂肪0%食、脂肪15%食、脂肪50%食の摂取エネルギー量は殆んど同じであり、脂肪85%食のみがやや少ない傾向になっている。この様にたん白質が適量でも飼料中の脂肪の比率を多くした飼料でラットを飼ったばあい飼料の摂取重量が低下して来る傾向にあるが、それは飼料の単位重量(g)当りのエネルギー量が多くなるためであり、摂取重量は少なくともエネルギー量としては必要量を摂取しているのである。したがってたん白質が適量含んでいる飼料のばあいは高脂肪にすることによって摂取量が低下しても単に食欲が低下したためと考えるのは妥当でないこともあるものと思われる。

つぎに飼料効率であるが、単位重量(g)当りの値をみると脂肪の比率が増すにつれて飼料効率がよくなる傾向を示すが、10Cal当りの値をみると脂肪15%食が最もよく、少しおちて脂肪50%食、つづいて脂肪85%食であり、脂肪0%食は最も低い結果となっている。然しその差は僅かであり、むしろ単位エネルギー量当りの飼料効率は殆んど同じくらいになっていると判断出来る。即ち従来のように単位重量(g)当りで飼料効率を算出した場合と単位エネルギー量当りで算出した場合では得られた結果が異なる。

また一般に体重増加量(率)とg当りの飼料効率とは大体同じ傾向を示すとされて来たが、この点でも今回の実験結果のばあい異なった結果を示している点、今後成長法による飼料の栄養価の評価に当っては留意する必要があるものと思われる。

たん白質40%食についてみると体重増加量(率)、g当り飼料効率、10Cal当り飼料効率、全食下量、摂取エネルギー量などすべてたん白質20%食と殆んど同様な傾向を示しており、絶対値も似ている。即ち体重増加量は脂肪15%食、脂肪50%食がよく脂肪85%食がやや低い。g当り飼料効率は脂肪の比率が増すにつれて高くなるが、10Cal当りの飼料効率はどの脂肪含有比の飼料の場合でも殆んど同じ位である。

飼料摂取量は脂肪0%食と脂肪15%食が同程度で一番多く、脂肪50%食がやや低くなり脂肪85%食はかなり低い。然し摂取エネルギー量でみると脂肪85%食がやや低いほかは殆んど同じ摂取量となっている。

そこで視点をかえてたん白質よりのエネルギー比の違い

から比較をしてみると、どの脂肪の含有比の飼料でもたん白質20%食とたん白質40%食では殆んど同じ傾向を示し、たん白質量の違いによる影響はみられない。即ち従来よりいわれている様にたん白質は必要以上に増やしても殆んど利点はなく、むしろたん白質効率を下げ無駄であるといえることがあらためて実証されている。

ところがたん白質5%食(低たん白質食)では全体に成長がよくないのは勿論であるが、脂肪の含有量が増すにつれて食下量は著しく低下する傾向となり、それにもなって動物の成長並びに飼料効率が著しい影響をうけ、特に脂肪よりのエネルギー比50%以上の飼料では殆んど成長出来ない結果となっており、従来高脂肪食はたん白質の節約効果を持つといわれているが、今回の実験結果からみると高脂肪食をとる場合にはむしろ適量以上のたん白質をいっしょに摂取することが必要であるといえるのではないか。

高脂肪食に適量のたん白質を含むことは高脂肪による食欲低下を防ぐ働きのあることがわかったが、それとは別に木村<sup>12)</sup>氏や小町<sup>13)</sup>氏によると十分量のたん白質を同時に摂取したばあいは、脂肪を多目に摂取した方が脳率中になる危険が少ないとのことであり、食事の栄養素の組合せと健康との関係についてはまだまだ検討を進める余地が多いものと思われる。

#### 摘 要

飼料中のたん白質並びに脂肪含有量(エネルギー比)を種々かえた飼料でラットを飼育し、体重増加量(率)、飼料効率、食下量などを算出し比較検討して次の様な知見を得た。なお参考のためOECDなどの資料により、各国の食事の栄養素の組成がどうなっているかも検討してみた。

- 1 世界各国の食事の栄養素組成をみるとたん白質の摂取量は殆んど差がなく、エネルギー比で10~13%、重量比で14~17%であり、差が大きいのは飼料中の脂肪並びに相関して糖質の組成と総飼料摂取量である。
- 2 たん白質5%食では脂肪の比率が増すにつれ体重増加量、飼料効率ともに低下し、エネルギー比で脂肪50

%以上含む飼料では殆んど成長出来ない。その原因の一つは食欲が低下するための食下量の著しい低下によるものと思われる。

- 3 たん白質20%食、たん白質40%食では殆んど同じ傾向を示し、体重増加量は脂肪の含有量が多すぎたり、少なすぎる飼料の場合に幾分の影響が出るが、いづれにしても大差はなく良好の成長を示す。飼料効率はg当りで見ると脂肪の比率が増すにつれ高い値となるが、単位エネルギー当りで見ると殆んど同じである。これは飼料摂取量を重量で見ると脂肪の比率が増すにつれて低下して来ているが、摂取エネルギー量で見ると殆んど同じであることによる。
- 4 飼料効率とは一般に飼料摂取量1g当りの体重増加量をもって表わしているが、単位g当りの飼料効率と単位エネルギー当りの飼料効率では結果が異なることがわかり、飼料効率は栄養素組成の異った飼料については単位エネルギー当りで求めた数字を用いた方が合理的なのではないかと思われる。終りに臨みラットの飼育に協力いただいた本学食物専攻第26回生の諸嬢に感謝致します。

#### 文 献

- 1) 芦田淳; 栄養化学概論(養賢堂) 184, 197 (1964)
- 2) K. MURAMATSU, K. ASHIDA; Agr. Biol. Chem. 26 25 (1962)
- 3) 中川一郎等編; 新栄養学(朝倉書店) 124, 134, 137(1963)
- 4) 中川一郎; 栄養と食糧 18 397 (1966)
- 5) 藤沢良知; 全業施協月報 188 24 (1976. 5. 25)
- 6) 阿部達夫; からだの科学 83 42 (1978. 9)  
OECD [Food Consumption Statistics 1955~1973]  
FAO [Production Year Book 1971]
- 7) 速水決; 病態栄養学総論(光生館) 69 (1977)
- 8) 吉利和; 新病氣と食事の事典(医歯薬出版) 25~27 (1977)
- 9) 芦田淳; 栄養化学概論(養賢堂) 214 (1964)
- 10) 中野紀和男; 農化 52 R121 (1978)
- 11) 内藤周幸; からだの科学 83 49 (1978. 9)
- 12) 木村登; 食生活(国民栄養協会) 71巻 5号 60~69 (1977)
- 13) 小町喜男; からだの科学(日本評論社) 83 74 (1978)