

## ラットの成長試験による飼料の栄養価 評価法の検討 (第 5 報)

— 飼料の栄養評価に及ぼす白米に補足した  
タンパク質の種類と量の違いの影響につ  
いて —

荻原 和夫・箱山 年子

著者らは飼料 (食餌・食品など) の栄養価を評価するのに古くから行われている方法の一つである動物の成長試験 (成長期の動物に供試飼料を与えて一定期間飼育したときの体重増加量や成長速度などによって判定する) による方法<sup>1)</sup> について、可及的簡便でしかも目的に応じた結果が正確に得られる条件の検討を種々の見地より続け、あわせて飼料中の栄養素の組合せの違いによる栄養効果の違いなどの検討を行って来ている<sup>2), 3), 4), 5)</sup>。一方、今後とも日本人の食糧の中心であると考えられる米のより有効な利用方法の検討も行っている<sup>6)</sup>。今回、白米に種々のタンパク質源を補足した飼料の栄養価について検討したところ、タンパク質の種類が異なると、その補足量とラットの成長の関係が異なることがみられ、白米に他のタンパク質を補足した飼料の栄養価を評価するばあい、使用するタンパク質の種類によって補足量 (飼料組成) の違いで異った結果を導くおそれのあること、並びに、関連して米を中心とした飼料の用い方の留意点について若干の知見が得られたのでその概要について報告する。

古くから単一のタンパク質については、飼料中の含量と体重増加量、タンパク質効率、生物価、キサンチンオキシダーゼの活性などの関係をみた報告<sup>7)</sup> は多くあるし、またアミノ酸の補足効果やアミノ酸インバランスの問題、例えば白米にリジン・スレオニンなどのアミノ酸を補足して栄養価を向上させるなどの報告<sup>9), 10), 11), 12)</sup> も多くみられる。

また、白米に対する各種タンパク質源の補足効果についても多くの報告があるが<sup>13), 14), 15)</sup>、補足量については同一量で比較したばあいについての報告が殆んどであり、白米に補足するタンパク質の種類と量の違いによる影響まで検討した報告はゼラチ

ンについて小柳氏らが添加量 8 % までを検討した報告<sup>16)</sup> があるが、全般的に少なく、また実験条件も種々設定出来るのでまだまだ検討の余地が残されていると思われる。さらには今回の検討結果から推察すると、他のいろいろな食品についても量的な組合せの違いでその栄養効果の傾向が異なる場合のあることが予想され、種々のタンパク質を組合せて食べるときその種類と量の適切なかね合いについて検討をすすめることは、白米と他の食品タンパク質の組合せの問題ばかりではなく、総ての食品タンパク質の組合せの仕方に関する基礎的問題としても、またいろいろの食品をどのように組合せて食べたらよいかの留意点を見出すという実用的な見地からも意義あることと思われる。

### 飼料及び実験方法

① 今回検討した試料としては白米は市販の標準米を用い、補足に用いたタンパク質源としてはアミノ酸組成がよく栄養価の高いタンパク質と認められているミルクカゼイン、動物性タンパク質ではあるが必須アミノ酸の一部を欠きそれ単独では不完全タンパク質といわれているゼラチン、植物性タンパク質の代表として小麦タンパク質のグルテンをとり上げ、白米を主体に組成した飼料の中にそれぞれのタンパク質源が 4 %, 8 %, 14 %, 20 % を占めるように加えた。即ち各飼料中のタンパク質組成は白米のタンパク質分を加えると約 9 %, 13 %, 18 %, 24 % となる。

カゼインは和光純薬工業㈱の試薬を、ゼラチンは宮城化学工業㈱製を、グルテンは和光純薬工業㈱扱い (製造元 The British Drug House Ltd) の試薬を用いた。ほかに脂肪源として大豆油 (油蠟

ラットの成長試験による飼料の栄養価評価法の検討 (第5報)

薬品(精製), 無機塩類としてマツカラム塩 185 ミンミックスとしてパンビタミン末 (武田薬品(精製)) (和光純薬の各種試薬を用いて自分で調製), ビタミンを用いた。飼料組成は第1表に示した通りである。

第1表 飼料組成 (単位; g)

	白	米	デキストリン	タンパク質源	その他 *	タンパク質総量
白米食	82	8	0	10	5	
白米+カゼイン4%食	82	4	4	10	8	
// // 8 //	82	0	8	10	13	
// // 14 //	65	6	14	15	18	
// // 20 //	65	0	20	15	24	
白米+ゼラチン4%食	82	4	4	10	8	
// // 8 //	82	0	8	10	13	
// // 14 //	65	6	14	15	18	
// // 20 //	65	0	20	15	24	
白米+グルテン4%食	82	4	4	10	8	
// // 8 //	82	0	8	10	13	
// // 14 //	65	6	14	15	18	
// // 20 //	65	0	20	15	24	
カゼイン 10%食	0	82	10	10	10	
// // 14%食	0	71	14	15	14	
ゼラチン 10%食	0	82	10	10	10	
// // 14%食	0	71	14	15	14	
グルチン 10%食	0	82	10	10	10	
// // 14%食	0	71	14	15	14	

\* 大豆油5~10 マツカラム塩4 ビタミンミックス1

② 実験に用いた動物は近親交配によって得たWi-ster系ラットであり, 離乳後3~5週間で体重50~80前後を用い, 3~4頭を一群とした。

③ 飼育条件は室温18~24℃, 湿度50~70%の室内で, 金網籠を用いて一頭ずつ21~28日間飼育した。

飼料給与量は飼育開始直後は一頭当り一日10gとし, 体重の増加並びに摂取量の増加にともない適宜増量した。

水は水道水を自由に摂取させた。

④ 3日毎に体重を測定した。また飼料の摂取残量

第2表 白米にカゼイン補足食 (21日間)

カゼイン量	体重増加量(g)	飼料効率	タンパク質効率
4%補足食群	59.5 ± 4.9 *	0.205 ± 0.021 *	2.350 ± 0.212 *
8%補足食群	63.0 ± 2.8	0.236 ± 0.035	1.990 ± 0.356
14%補足食群	77.3 ± 7.1	0.330 ± 0.031	1.834 ± 0.170
20%補足食群	67.8 ± 12.0	0.290 ± 0.051	1.204 ± 0.214

\* 標準偏差 (以下の表も同じ)

を毎日測定し, それをもとに飼育期間中の総摂取量を算出した。そしてそれらの資料を用いて体重増加量(率), 飼料効率, 参考のためタンパク質効率などを算出し, それらの値により各飼料の栄養価を比較検討した。

実験結果及び考察

体重増加量, 飼料効率, 並びにタンパク質効率につき飼育期間21日間で算出し整理した結果を第2表~第4表に示した。

第3表 白米にゼラチン補足食(21日間)

ゼラチン量	体重増加量(g)	飼料効率	タンパク質効率
4% 補足食群	40.3 ± 3.9 *	0.142 ± 0.009 *	1.670 ± 0.108 *
8% //	43.3 ± 3.2	0.156 ± 0.015	1.313 ± 0.126
14% //	16.7 ± 9.3	0.089 ± 0.045	0.495 ± 0.254
20% //	15.3 ± 2.8	0.084 ± 0.011	0.349 ± 0.048

第4表 白米にグルテン補足食(21日間)

グルテン量	体重増加量(g)	飼料効率	タンパク質効率
4% 補足食群	34.3 ± 3.1 *	0.119 ± 0.022 *	1.349 ± 0.266 *
8% //	31.3 ± 2.5	0.129 ± 0.020	1.069 ± 0.191
14% //	34.5 ± 7.9	0.169 ± 0.034	0.935 ± 0.191
20% //	36.5 ± 4.7	0.176 ± 0.020	0.734 ± 0.084
白米食(タンパク質5.1%)群	21.3 ± 3.9 *	0.107 ± 0.019 *	1.945 ± 0.028 *

カゼイン補足食では4%, 8%, 14%と補足量が増えるにつれ, 体重増加量も多くなり飼料効率もよくなるが, 20%補足食(総タンパク質量24%食)では14%補足食(総タンパク質量18%食)のばあいよりちょっと低下している。

タンパク質の種類によってその量は異なるが, 一般的に飼料中のタンパク質量が一定量を越えると, 飼料中のタンパク質量の増加につれて成長がよくなるのが頭打ちとなるか, あるいはかえって成長が低くなる傾向がみられるばあいのあることは著者らも報告<sup>4)</sup>しているし, 他にも同様な報告<sup>7)</sup>があり周知の事柄であるが今回も同様な傾向が見られた。それが今回の白米にカゼインを補足した飼料では, タンパク質総量18%に比較して24%になると幾分下がる結果となっている。しかし, いずれにしてもタンパク質源が白米のみ(タンパク質の含量も約5%と少ない)よりはいずれも体重増加量, 飼料効率ともに非常によく, タンパク質の補足効果が十分みとめられる。

ところが同じ動物性タンパク質でも, ゼラチンを補足した飼料のばあいには, 8%補足(白米の分を入れて総タンパク質が13%)まではカゼインを補足したばあい程ではないが, かなりの補足効果がみられるのに, 補足量が多くなり, ゼラチン14%, 20%となると同群内の体重増加量のばらつきも大きくなり, 一概に結論を下せない危険もあるが, 平均値でみるとゼラチンの比率が高まるにつれて増加量や飼料効率が悪くなる傾向にあり, しかも白米のみ食

(タンパク質が量的にも少ない)よりかえって成長が幾分悪い結果となっている。すでに有山氏らによって米とゼラチンを組合せた飼料は, 米とカゼイン<sup>15)</sup>を組合せた飼料と同程度の栄養価を示すという報告がなされているが, それはゼラチン補足量5%で検討した実験結果であり, その報告と同程度の量である4%補足食では今回も同様な傾向を示している。またゼラチンの添加量をちがえて比較したばあい<sup>16)</sup>については, 小柳氏らが8%添加までについて検討し, 似たような傾向のあることを報告している。

グルテン補足食のばあいは体重増加量についてみると, 全体に白米のみ食に比して幾分多くなっているが, いずれの補足量でも体重増加量はあまりかわらない結果となっている。しかし, グルテンの補足量が増した飼料で飼育した群になるにつれ, 全飼料摂取量が幾分少なくなっている分だけ飼料効率は良くなる傾向にはなっている。

タンパク質効率についてはいずれのタンパク質源補足のばあいも, 飼料中に占めるタンパク質の比率が高まるにつれて低下する傾向となっているが, 同じ量の飼料同志と比較するとタンパク質4%補足食, 8%補足食ではカゼインが一番よく, 次にゼラチン, グルテンの順である。14%補足食, 20%補足食ではカゼインが一番良いのはかわりないが, 次にはグルテンとなり, そしてゼラチンが一番悪くなる。

ついでながらタンパク質源をそれぞれカゼイン, ゼラチン, グルテンのみとしたばあいのタンパク質10%食と14%食について飼育実験をしてみた結果

を第5表に示した。

第5表 単一のタンパク質食 (21日間)

	体重増加量(g)	飼料効率	タンパク質効率
カゼイン10%食群	29.0 ± 0.7 *	0.146 ± 0.049 *	1.738 ± 0.545 *
カゼイン14%食群	57.3 ± 5.7	0.251 ± 0.021	1.790 ± 0.151
ゼラチン10%食群	(-28.0 ± 2.8)	—	—
ゼラチン14%食群	(-18.9 ± 1.9)	—	—
グルテン10%食群	14.0 ± 2.6	0.058 ± 0.015	0.533 ± 0.153
グルテン14%食群	7.3 ± 1.7	0.049 ± 0.013	0.348 ± 0.088
白米食 (タンパク質 5.1%) 群	21.3 ± 3.9 *	0.107 ± 0.019 *	1.945 ± 0.028 *

みられるようにカゼイン食では、従来よりいわれているようにかなりの体重増加量となっており、特に14%食のばあいはいよい。なお総タンパク質量同程度で比較すると、カゼイン単独食と米とカゼインを組合せた飼料とではほぼ同程度の栄養効果を示すといえるのである。

次にゼラチン食については、これもすでによく知られているところではあるが、不完全タンパク質の汚名通りタンパク質源がゼラチンのみではラットの成長がみられず、体重は大きく減少してしまう結果となった。

グルテン食については、今回は幾分体重増加がみられるものの、グルテン10%食、14%食ともに飼料中のタンパク質の総量が少ない白米のみ食より成長がやや悪い。さらにグルテンのみ食同志で比較してみると、グルテン量が多い14%食の方が成長が低い傾向となっている。

これらの結果から考えて先ず白米を中心にした飼料にカゼインを補足するばあいは、14%程度(飼料中の総タンパク質量は18~20%程度)が最も効率がよく、それ以上カゼインを補足して飼料中のタンパク質量を増やしても補足効果はあがらず無駄である。

次に白米にゼラチンを組合せて食べるばあいには、ゼラチンの量を8%程度にまでとどめるとかなり栄養効果が高まり、ゼラチンの動物性タンパク質としての効用が発揮されるが、添加量が多くなり、全タンパク質中のゼラチンの比率が高まるとゼラチン単独に近いアミノ酸組成になるためか、あるいはもっとアミノ酸バランスが悪くなりアミノ酸インバランス現象的になるためか、かえって有害になる傾向がみえることは日常の食生活においても注意を要する

ところである。

植物性タンパク質のグルテンの補足食では、補足量を増せばそれなりに若干の効果は示すが、いずれにしても白米への補足では同系統のタンパク質(米、小麦のタンパク質はいずれもリジン、スレオニンなどが少ない)が、量的に増えただけであり、たいした栄養価の向上は望めないであろう。

即ち、食品タンパク質の栄養価の評価方法である生物価、タンパク質価などによる評価でも知られている通り<sup>17), 18)</sup>、今回の結果によってもタンパク質源を米のみ、グルテンのみで考えると米のタンパク質の方が栄養価が高いことが認められる。

	タンパク質価	生物価
(参考) 米	72	63
小麦	40	47

ただこれも周知のように米のタンパク質含量は玄米でも7.4%であり、白米では6.2%と少なく、また必須アミノ酸組成もやや不完全であり、米主体の食事のばあいどうしても他のタンパク質源を補足する必要があるわけである。

次に飼料の栄養価を評価する見地から考察してみると、カゼインのばあいは周知のように単独でも有効なタンパク質源となり、また白米に補足したばあいの補足量のところでみても補足効果があがっており、補足することにより飼料の栄養的価値を高めるタンパク質と評価出来る。ところがゼラチンの場合は白米への補足量8%までのところでみると補足効果かなりあがっており、有効なタンパク質と評価出来るが、白米への補足量の多い14%、20%のところで見ると補足効果があがらないばかりか、かえ

って補足したことがマイナスになる傾向もみえ、評価がぐっと悪くなってしまふ。

もちろんゼラチン単独ではタンパク質源とならない。種々のタンパク質の栄養価を比較することを考えてみると、今回の検討に用いた三種のタンパク質にかぎってみても比較する補足量の違いで三者の評価順位が入れかわることがみられる。

このように今回の実験結果から白米に他のタンパク質を補足した飼料の栄養価を動物の体重増加量などで評価するばあい、タンパク質源の種類が違つとその補足量によって評価結果が異なることが知れた。またそれは白米のみでなく他の種々の食品タンパク質を組合わせて食べるばあいの栄養効果についても起りうる現象であることが予想され、飼料(食事)の栄養価の評価にあつても、また実際ヒトが食べる食事を作るばあいの食品の組合せを考えるにあつても、種々のタンパク質をそれぞれどの位の量づつ用いるかという点にも充分留意する必要があると思われる。

今後他の種々の食品タンパク質の組合せについてもさらに検討を加えていきたいと考える。

### 摘 要

白米を中心とした飼料にタンパク質源としてカゼイン、ゼラチン、グルテンの3種をそれぞれ4%、8%、14%、20%補足して成長期のラットを飼育し、その体重増加量、飼料効率などから、それぞれの飼料の栄養価の検討を行い次のような結果を得た。

カゼイン補足食では、補足量14%迄は補足量が多くなるにつれて体重増加量、飼料効率が高まり補足効果が向上するが、20%補足(白米のタンパク質分を含めるとタンパク質24%)食となると体重増加量、飼料効率などが幾分低くなる。

ゼラチン補足食では、補足量8%迄の飼料では体重増加量、飼料効率が高まり、補足効果がかかなりあるといえるのに、ゼラチン補足量が14%食では体重増加量、飼料効率ともにかかなり低くなり、20%補足食ではさらに低下気味となる。そしてゼラチン補足量が14%以上の飼料では白米だけよりもむしろラットの成長が悪くなる。

グルテン補足食では、4%補足食でも白米のみよりは幾分ラットの成長がよくなるものの、体重増加量でみると今回の結果では補足量をさらに8~24%と増してもあまり補足効果があがらないようにみえる。ただし飼料効率の値はグルテン補足量が増すに

つれて幾分よくなる傾向はみえる。

以上のように白米に各種のタンパク質を補足するばあい、タンパク質源になるものの種類によってその補足量の違いで補足効果が一律でなく、また、どのくらいの補足量のところで比較するかによって飼料の栄養価の評価結果が異なることが起こる危険のあることが知れた。

### 文 献

- 1) 森本宏;動物栄養試験法(養賢堂)125頁(1971)
- 2) 萩原和夫,箱山年子;長野県短期大学紀要第26号10(1972)
- 3) 萩原和夫,箱山年子;長野県短期大学紀要第27号5(1973)
- 4) 萩原和夫,箱山年子;長野県短期大学紀要第28号5(1974)
- 5) 萩原和夫,箱山年子;長野県短期大学紀要第33号3(1978)
- 6) 萩原和夫,箱山年子;未発表
- 7) 芦田淳;栄養化学概論(養賢堂)184頁,188頁,192頁(1964)
- 8) 吉川春寿;栄養学(朝倉書店)60頁(1973)
- 9) 中村延生蔵;山田幸二;栄養と食糧19,17(1966)
- 10) 島蘭順雄;タンパク質の代謝と栄養(朝倉書店)197頁(1972)
- 11) 島蘭順雄;タンパク質・アミノ酸の栄養学(朝倉書店)411頁(1972)
- 12) 園田充子,村田希久;栄養と食糧31,67(1977)
- 13) Pecora,L.J.et al;J.Nutrition44,101(1951)
- 14) Harper,A.E et al;J.Nutrition56,187(1955)
- 15) 林寛,有山恒;栄養と食糧14,324(1961)
- 16) 小柳達男外;栄養と食糧19,22(1966)
- 17) 島蘭順雄;タン白質とアミノ酸の栄養学(朝倉書店)270頁(1972)
- 18) 村田希久;栄養と食糧24,355(1971)