《総 説》

わが国における家禽飼料の研究動向

庄 司 圭 吾

日本農産工業株式会社中央研究所, 横浜市

わが国における近年の配合飼料の普及は目ざましいものがある。養鶏用飼料においてはその大部分が配合飼料であり、単味飼料の流通割合は大きくない。

配合飼料の設計は、単純化して言えば、家畜・家禽ごとにそれぞれの飼料原料の栄養価を可能なかぎり正確に把握する一方、家畜・家禽の栄養要求を同様に正確に把握し、この栄養要求を満たすように各種飼料原料の組合せを考える作業である。具体的に言えば、飼料のコストを目的函数として、さまざまな制限条件下で、不等式を含む多元連立一次方程式の最適解をコンピューターで求める作業である。したがって、家禽類のより正確な栄養要求の決定および家禽類による各種飼料原料のより正確な栄養評価がなされれば、原理的には即座に家禽飼料の改良進歩に結びつくことになる。しかし実際には、原料の栄養評価だけでなく嗜好性の問題、さらには、使用原料中に人畜に対して有害な物質を含まぬことを立証すること、および各種飼料添加物の有効性と安全性を確認することと言う重大かつ困難な作業を必要とするため、配合飼料の設計・製造は単純なことではない。

本総説においては、以上の配合設計の手法とそれに伴う問題点に鑑み、新原料の飼料化研究を含めて家禽類による各種原料の栄養評価に関する研究を主として紹介しつつ、家禽用飼料に多用される飼料添加物の有効性と安全性に関する研究にも若干ふれる。なお、家禽類の栄養要求に関する研究の紹介は別途に執筆される予定であるので、本稿ではふれないことにする。

1. 飼料栄養価の評価法に関する研究

飼料原料の飼料的価値の主要な部分を占めるものは、エネルギーと蛋白質であり、この両者は経済的にみても主要な部分をなすものである。特にエネルギーについては、1950年代後半および1960年代前半になって飼料のエネルギー含量の重要性が認識され始め、エネルギーを

どのような単位で表示するかが問題となった。すなわち、可消化養分総量 (TDN)、可消化エネルギー (DE) を使用するのか、それとも HILL らの提唱する代謝エネルギー (ME) か、FRAPS のいう生産エネルギー (PE) かである。農林省畜産試験場においては、わが国における飼養標準を設定することに関連し、養鶏用飼料に適用すべきエネルギーの単位を求めるとの意図のもとに一連の実験を開始した。すなわち、森本ら¹⁾(1960)は、人工肛門鶏を用いて、フィッシュミール、大豆粕、とうもろこし、小麦、大麦、はだか麦、米ぬか等の各栄養成分について信頼性の高い DE および TDN を求めた。また、DE と TDN は相関係数 $r=0.809$ で $DE=TDN \times 4.51 + 2$ の関係式が成り立つことを示した。その後、森本ら²⁾(1961)は、これらの飼料原料を組み合わせて 17 種の配合飼料をつくり、TDN, DE, ME を実測し、PE は計算値を用いてこれらエネルギー単位間の相関を求めた。その結果、 $DE=TDN \times 4.41$, $ME=TDN \times 4.14$, $PE=TDN \times 2.63$ 等の関係式が得られた。これらエネルギー単位間の相関はいづれも高く、したがっていづれを用いても良いが、TDN は他の家畜でも用いられており共通のものであるので、実用的には応用しやすい利点があると述べている。また、他の産卵鶏用飼料を用いた試験による TDN の実測値と計算値では、平均して 1.02%ほど計算値が高くなることを示した。その後、窪田、森本³⁾は 1965 年に TDN の信頼性について再検討を行なった。すなわち、飼料原料を組み合わせて 20 種の配合飼料をつくり、これら配合飼料の TDN 計算値と実測値の差は平均して $0.01 \pm 1.8\%$ で 5% 水準で有意でなく、非常に良い一致を示したので前報の考察を訂正した。また、可消化粗蛋白質 (DCP) についても計算値と実測値の比較が行なわれ、その差の平均は、 $0.3 \pm 0.8\%$ で同様に有意でなかった。このことから、TDN と DCP は実用上、飼料の配合に利用できるかと述べている。

田中ら⁴⁾(1933)は、国産の大麦、はだか麦のエネルギーを ME で測定したが、わが国で始めて広範に飼料原料の ME を測定したのは庄司、戸塚⁵⁾(1964)である。彼らは HILL による ME 測定法に検討を加え、産地別のとうもろこし、小麦およびマイロ、大麦、米ぬか、ふすま

昭和 51 年 7 月 3 日受付
Recent Advances in Research on Poultry Feeds in Japan. Keigo SHOJI Nihon Nosan Kogyo Co., Ltd., Research Center 1, Daimura-cho, Midori-ku, Yokohama, Japan

などの ME を測定し、ME 測定の際の変動係数は 0.5% とかなり小さく、ME によるエネルギー表示がすぐれていることを示した。

以上の測定法とは異なり、ヒナを用いて成長試験のみでヒナによる利用可能エネルギーを求める生物定量法が、サツマイモ⁶⁾、油脂源^{7,8,9)}などに適用し得ることが吉田らにより示された。さらに、吉田・森本¹⁰⁾(1966)は、この生物定量法の測定精度について検討を加え、初生ヒナを用いる場合には、4 週間の試験期間が必要であること、試験飼料の粗蛋白質含量には±2%の変動があっても測定値に対する影響は事実上ないことなどを示した。吉田・星井¹¹⁾(1970)は、おりから余剰米の問題が開始したこともあって、玄米のエネルギー測定に適用し、生物定量法による有効エネルギーと実測 ME とが非常によく一致することを示した。

以上述べてきたように、飼料のエネルギー単位をどのように表示するのが適切であるかについては、各種の検討が加えられたが、本邦においては TDN が一般的に用いられている。

ヒナを用いる飼料蛋白質の栄養評価法については HEIMAN の方法が知られていた。この方法は、蛋白質 8% を含む基礎飼料とこれに 3% の蛋白質を上積みするようにしたカゼイン飼料と、同じくサンプル飼料をヒナに給与し、成長試験の結果からカゼインを標準蛋白質とした場合の蛋白質源の相対的栄養価を蛋白質価 (Gross Protein Value=GPV) として表わすものである。大島・田先¹²⁾(1962)はこの方法に若干の修正を加え、目加田ら¹³⁾(1972)は、この修正した方法で、魚粉、綿実粕、ゴマ粕、フェザーミール、ミートボーンミール、大豆粕、炭化水素酵母などの GPV を測定した。吉田^{14,15)}(1973)はこの HEIMAN の方法に精密な検討を加え、標準蛋白質としてカゼインを使用しなくても、大豆粕、魚粉、DL-メチオニンからなる蛋白質混合物でよいこと、栄養バランスのとれた飼料を初生ヒナに制限給餌する予備飼育法を適用することにより、HEIMAN の方法よりも飼料蛋白質含量が 4 倍も広い範囲でヒナの成長が直線的であり、測定誤差をきわめて小さくし得ることを示した。吉田¹⁶⁾(1973)は更に自由摂取させた場合、単位飼料摂取量当りの増体量を計算することにより飼料摂取量の差による増体量の差を打消すことができること、飼料中の ME が 3.8 Kcal/g と高い場合には、0.3 Kcal だけ増減してもヒナの発育に影響がないこと、したがってサンプルのエネルギー含量は通常考慮する必要がないこと、サンプルの無機物についても同様に通常は考慮する必要がないことなどを明らかにした。

以上述べてきたように、飼料のエネルギーと蛋白質の

表示法、評価法にはさまざまなものがあり一定していない。

このような状況下において、昭和 48 年に農林水産技術会議事務局に飼養標準研究会が設けられ、この中に飼料成分表部会が設置された。この部会で、飼養標準に見合った飼料計算を行なうために必要な飼料成分表を作成することになった。全国の国公立関係研究機関、大学、民間研究機関および検査機関から莫大な数のデータが収集され、これらのデータについて検討が加えられ、日本標準飼料成分表¹⁷⁾が 1975 年につくられた。これによると、飼料のエネルギーは TDN と ME で表示されているが、ME は実測値でなく、 $TDN \times 4.1$ で算出されたものである。この換算係数は森本ら²⁾の研究に基づいている。この飼料成分表では、粗蛋白質の他に DCP の表示も行なわれている。しづれにせよ、この飼料成分表により原料栄養価については一応の集大成が行なわれた訳である。今後、ME、DCP など実測値を加えて、より正確な成分表に改訂していくことが必要となろう。

2. 蛋白質飼料

蛋白質飼料としては魚粉と大豆粕が主体を占めているが、家禽用配合飼料における、1964 年と 1974 年のそれぞれの使用比率の推移をみると、大豆粕は 7.0% から 10.7% に、魚粉は 5.9% から 4.5% に変化し、大豆粕は増加、魚粉は減少の明らかな傾向がうかがえる。養鶏用飼料の蛋白質給源として大豆粕が完全に主流として定着したといえる。

この大豆粕については、麻生の一連の研究がある。まず、脱脂大豆の栄養価を見分ける簡単で迅速な方法として水溶性窒素含有量を調べる方法が適当であり、水溶性窒素が 1.0~1.3% の脱脂大豆は栄養価が高いことを示した¹⁸⁾。麻生は、その後は、未加熱脱脂大豆に存在する栄養阻害因子についての研究を行なった^{19,20,21)}。また、吉田ら²²⁾(1968)も同様に水溶性窒素に着目し、大豆粕の全窒素に対する水溶性窒素の割合をパーセントで示した水溶性窒素指数が、大豆粕の栄養価を判定する指標として有効であり、これが 33% 以下であれば安全圏内であるとしている。一方、古田ら²³⁾(1967)は、産卵鶏用飼料中の魚粉を大豆粕で代替する試験を行なった。魚粉と大豆粕の配合率をかえて産卵鶏を飼養し、魚粉の一部を大豆粕で代替することは可能であるが、大豆粕の含量が多くなる場合には、メチオニンの添加により産卵の増加が期待できるとしている。窪田・森本²⁴⁾は、産卵鶏に対すとうもろこし・大豆粕飼料に関する研究において、その産卵成績から魚粕は不可欠であるとはいえないが、とうもろこし・大豆粕飼料ではビタミン類が欠乏し易い

ことを示している。

大豆粕以外の植物油粕は、1964年における使用割合3.5%から1974年には2.4%と大幅に使用比率が低下しているが、研究報告は多い。

ヒマン粕については岡本ら²⁵⁾(1965)が、その毒性を除去する方法について検討し、(イ)水洗滌、(ロ)エタノール抽出、(ハ)希塩酸洗滌のうち、水洗滌がもっとも除毒効果があることを明らかにした。サフラワー粕については、庄司ら²⁶⁾(1966)が、植物蛋白質源として十分利用できるが、リジンが制限アミノ酸であり、粗繊維含量が増加すると、MEは直線的に低下するので、エネルギーを考慮して使用することが必要であるとの報告を行なっている。

ナタネ粕についてはきわめて多数の報告がある。ナタネ粕を給与すると、発育の阻害と甲状腺の肥大が起ることが知られている。ナタネ粕中に含まれる *thioglucoside* による甲状腺機能の抑制により発育阻害が起るとする説と、甲状腺肥大因子と発育阻害因子とは別のものであるとの見解とが対立していた。中谷²⁷⁾(1964)は、ラットによる一連の実験に引き続き、ヒナによる実験を行ない、ナタネ粕を10%含む飼料を給与したところ、雄では発育に対する悪影響がほとんど認められないが、雌ではやや発育が低下した。また、雄雌とも甲状腺が肥大した。ナタネ粕を熱水抽出した処理液をヒナに給与したところ、処理液中の甲状腺肥大因子により、甲状腺の肥大が生じたが、発育の低下は生じなかった。このことから、両者は別のものであるとしている。上坂ら²⁸⁾(1964)は、ナタネ粕を15%含有する飼料を雌初生ヒナに8~10週間給与し、発育試験を行なった。飼料には有機態ヨードを含む乾燥甲状腺剤(チラージン)を段階的に添加した。その結果、ナタネ粕を含む飼料にチラージンを10mg%添加すると甲状腺重量および組織像とも正常に回復した。ナタネ粕を含む飼料では、飼料効率の低下がみられ、チラージンの添加でも回復しなかった。このことから、飼料効率を低下させる因子と甲状腺肥大因子とは別のものであるとしている。

MATSUMOTO ら²⁹⁾(1968)は、ナタネに存在する甲状腺肥大物質(-)-5-vinyl-2-oxazolidinethione(ゴイトリン)を飼料中に添加し、他の2種の抗甲状腺剤1-methyl-2-mercaptoimidazole, 6-methyl-thiouracil とその作用をヒナを用いて I^{131} の甲状腺へのとりこみで比較した。その結果、0.05%のゴイトリン添加によって、甲状腺は他の2因子と同様に肥大したが、甲状腺への I^{131} のとりこみが著しく促進されること、甲状腺からの I^{131} の流出はきわめて抑制されることで、他の2因子と異なる作用を持つことを明らかにした。ゴイトリンの添加によって、

ヒナの飼料摂取量は低下したが、飼料要求率にはなんらの悪影響がみられなかった。MATSUMOTO ら³⁰⁾(1969)は、ゴイトリンの甲状腺機能の阻害の作用機序についてさらに報告を行なっている。以上の報告からも、甲状腺肥大因子は発育抑制因子とは異なるものであるとの印象が強い。しかれば発育抑制因子とはなにか。松本³¹⁾(1972)は、“家禽に対するナタネ粕給与の問題点と解決策”と題する総説のなかで、大豆粕をナタネ粕で置換して行なう成長試験の場合、ナタネ粕のMEが1700 Kcal/kgで大豆粕のME 2240 Kcal/kgに較べるとかなり低いことから、このような試験の場合にはエネルギーの補給を行なう必要があること、および、ナタネ粕の蛋白質含量も35%で大豆粕の46%に較べると低いので考慮しなければならぬことという適切な指摘を行なっている。このような方法上の適正化が行なわれて始めて発育阻害因子について論ずることができるようになるのであろう。

中谷ら³²⁾(1968)は、ブロイラーの専用種と準専用種のヒナを用い、大豆粕の代替としてどの程度までナタネ粕の配合が可能であるかを検討した。すなわち、ほぼ等蛋白質、等エネルギーの条件でナタネ粕を10~20%含有する飼料を4週令から10週令まで給与した。その結果、甲状腺肥大がややみられたものの大豆粕対照飼料に較べてヒナの成長はわずかに劣る場合もあったが、その差は有意でなく、屠体の歩留り、品質についてナタネ粕の影響は見られなかった。吉田ら³³⁾(1969)も、ブロイラーに対するナタネ粕の飼料価値をしらべ、飼料中10%配合しても、甲状腺は肥大するものの、増体量や飼料効率に差はないとしている。また、窪田ら³⁴⁾(1972)は、産卵鶏の育成期と産卵期の飼料に、国産とカナダ産のナタネ粕を4, 8, 12%ずつ配合して成績をみた。その結果、甲状腺は肥大するが体重、初産日令、初産卵重にナタネ粕の影響は認められないが、12%まで配合率を高めると、国産のナタネ粕の場合は産卵率が低下した。産卵期の飼料摂取量、飼料要求率、生存率に差が認められなかった。しかし、卵重、孵化率は、国産、カナダ産とも対照区に較べて明らかに差が認められた。以上の結果から育成用飼料にはナタネ粕を12%まで、産卵用飼料では8%までの配合にとどめるのが望ましいと述べている。

ナタネ粕については以上のような研究の結果、次第に実用飼料中に使用されるようになってきている。

以上の植物油粕の他に、動物性蛋白質原料としてフェザーミールのヒナに対する栄養価について目加田・海老沢³⁵⁾(1972)の報告がある。

3. 澱粉質飼料および油脂源

1960年代初期に国内産の大麦、はだか麦が余剰になり、

その飼料化が考えられたことがあった。森本ら³⁶⁾(1963)は、大麦の養鶏用飼料としての価値をとうもろこし、アワ、玄米、エンバク、小麦、はだか麦、マイロと比較して検討した。その結果、ヒナの成長および澱粉質の消化率から、これら穀類の飼料価値は、とうもろこし、アワ、玄米は高く、大麦、はだか麦、マイロがもっとも劣り、これら2群の中間にエンバク、小麦が位置することを報告した。森本ら³⁷⁾(1963)は、国内産大麦、はだか麦の飼料価値を高めるため、澱粉分解酵素、蛋白質分解酵素、繊維分解酵素などの8種類の酵素剤の添加を行なったが、水浸漬、加熱処理を行なったがすべて効果はなかった。田中ら⁴⁾(1963)もほぼ同様の結果を得、大麦、はだか麦のMEが低いことを確かめた。

澱粉質原料の主体を占めるものは穀類であるが、わが国の家禽用配合飼料のエネルギー給源は元来とうもろこしとマイロに大きく依存している。1964年と1974年の対比では、とうもろこしが49.6%から47.0%への若干の低下を示し、マイロは12.3%から18.6%に大幅に増加している。小麦等その他の穀類を含めて10年ばかりで64.1%から66.2%へ増加し、エネルギー重視の近年の傾向がここにも示されている。

TASAKI and MYOGA³⁸⁾(1964)は、産卵鶏に対すとうもろこしとマイロの飼料価値の比較を行なった。黄色とうもろこしを54%含む産卵鶏飼料を対照とし、とうもろこしを全量または半量置換した飼料で産卵鶏を飼育したところ、体重、斃死の状況、卵重について両者に差はなかった。産卵率および飼料要求率においても、統計的な差はなかったものの、全体としてマイロはとうもろこしより劣った。さらに卵黄の黄色度はマイロが劣ったと報告している。

穀類の副産物の1つとして小麦胚芽の利用について田先・若荷³⁹⁾(1965)は、加熱処理した小麦胚芽はブロイラー用飼料において、大豆粕・とうもろこし(2:1)を小麦胚芽で9%まで代替可能であるとしている。

キャッサバの飼料価値については、吉田ら⁴⁰⁾(1966)により、生物定量法で検討された。キャッサバミールには成長阻害因子が含まれており、オートクレーブによる加熱処理、水浸漬処理が阻害因子の除去に有効であり、また、キャッサバミールの配合量が10%であれば、あまり影響はないことが示された。

飼料の効率を高める目的で油脂の添加が広く行なわれるようになり、タローをはじめ動物性油脂がブロイラー用飼料に広く使用されるようになった。しかし、1964年の農林省による配合飼料向け原料使用割合調査結果では、油脂の項が設定されておらず、1970年になって始めて独立した項目として区分されるようになった。1970年

の油脂の使用割合は0.5%で1ヶ月当りおよそ3,000トン程度の使用であるが、1974年には、0.9%に上昇し、1ヶ月7,000~8,000トンの使用量に増加してきている。また、油脂の添加は、飼料効率の向上ばかりでなく、飼料製造時の粉末の飛散を防ぎ、混合機の摩滅を低減し、ペレットの製造を容易にする等の利点がある。

吉田ら^{8,9)}(1965, 1966)はヒナの成長による生物定量法を用いて、各種油脂源の有効エネルギーを測定した。マッコウ鯨油脂肪酸の有効エネルギーはTDNで示して173%で、タローのTDNにほぼ等しかったが、カルシウム塩では103%であり、発育が劣った。マッコウ鯨油脂肪酸の消化率は大豆油並によかった。また、羊脂のTDNは144%と203%のものがああり、鶏脂はTDN 207%であった。

吉田⁴¹⁾(1972)および吉田・星井⁴²⁾(1973)は、食用油の精製過程で生産される副産物であるアルカリフーツの有効エネルギーを測定し、飼料中の配合割合を乾物にして3~4%に保つたがぎりエネルギー給源として利用できること、また、アルカリフーツは水分含量が高すぎる難点があるが、油をアルカリフーツと混合して使用すれば、難点を除去できることを示した。

4. 新飼料資源

炭化水素酵母の問題は近年のトピックであった。西川ら⁴³⁾(1970)は、ノルマルパラフィン質化性の炭化水素酵母の養鶏用飼料としての価値を検討した。すなわち、とうもろこし・大豆粕タイプの飼料に炭化水素酵母を大豆粕の代替として0~20%配合しブロイラーに給与したところ、10%以上使用した場合には、対照区に較べて、増体量、飼料要求率が若干劣ったが差は小さく、死亡率、剖見所見、肉の風味に炭化水素酵母の影響はみられなかった。また、産卵鶏に対しても、1日1羽生産卵重、摂取した蛋白質の卵への移行の割合、飼料要求率には炭化水素酵母との関連はみられなかった。一方、多田ら⁴⁴⁾(1972)は、西川らとほぼ同様の飼料を種鶏に与えたところ、受精卵の孵化率が低下し、これがビタミンB₁₂の欠乏によることをつきとめた。炭化水素酵母のB₁₂含量は2μg%で魚粉に較べて低く、魚粉と酵母を代替することにより欠乏が生じる。

田嶋ら⁴⁵⁾(1971)は、炭化水素酵母を唯一の蛋白質源とする粗蛋白質量20%の飼料をつくり、酵母のアミノ酸分析の結果から不足が考えられるアルギニン、メチオニン、フェニルアラニンを添加して、ヒナの発育の制限アミノ酸を検討した。使用した2種の酵母のうち一方は、メチオニン、アルギニン、フェニルアラニンが欠乏しており、他方のサンプルでは、メチオニンが欠乏していた

が、アミノ酸の補足によっても脱脂大豆飼料に較べると発育はかなり劣った。

小坂ら⁴⁶⁾(1972)は炭化水素酵母4種、亜硫酸パルプ廃液に培養した酵母2種の計6種について生物定量法で有効エネルギーを測定し、同時に代謝エネルギー価と蛋白質消化率も実測した。炭化水素酵母のエネルギー価は亜硫酸パルプ廃液酵母より高く、乾物1g当り3.38 Kcalから低くても2.51 Kcalであり、また、蛋白質の消化率は83~86%で非常によかった。吉田ら⁴⁷⁾(1972)は、炭化水素酵母より、クロロホルム・メタノール混液中に脂質を抽出し、これをヒナに給与して栄養価をしらべた。その結果エネルギー価は8.0~8.5 Kcal/gとやや低い、急性の毒性物質が含まれている証拠は得られなかったとしている。以上の報告から、炭化水素酵母は急性ないし、悪急性の毒性物質を含まぬものと推定されるが、未だかつて飼料として使用したことのない原料なので、より多数の鶏を使用する長期間の飼養試験を行なって、鶏に対する影響を調査しておく必要がある。

吉田らはこのような観点から、農林省畜産試験場と6県の養鶏試験場、種鶏場が協同して大規模な産卵鶏の世代試験を行なった。まず、初代鶏の成績では⁴⁸⁾(1972)、とうもろこし・大豆粕タイプの飼料を対照として、4種の炭化水素酵母をそれぞれ15%含む飼料を給与したところ、ヘンデ産卵率、受精率に多少の問題が残ったものの、育成率、生存率、孵化率および奇型の発生率などに悪影響が認められなかった。2代3代の鶏の成績^{49,50)}(1973, 1974)、4, 5, 6代の成績⁵¹⁾(1974)も合わせて総合的に検討⁵²⁾(1975)した結果、炭化水素酵母飼料では対照に較べて、やや、成長、性成熟が遅れ、産卵率が劣ったが、これは試験飼料の栄養的アンバランスによるもの、特に酵母飼料のエネルギーが低いことによると考えられた。一方、受精率、孵化率は酵母飼料の方がすぐれており、また、マレック氏病が発生した場合などは生存率が高いという結果が得られた。また、炭化水素酵母、試験飼料、鶏の肉と卵に含まれる水銀、鉛、カドミウム、ヒ素、3,4-ベンツピレン、20-メチルコラシレン、1,2,5,6-ジベンツアンスラセン、ベンツピレンを定量し、問題となるほどの量が含まれていないとした。妹尾ら⁵³⁾(1973)も、ブロイラー種鶏で試験を行ない、炭化水素酵母による悪影響を認めていない。

吉田らが世代試験に用いた炭化水素酵母はノルマルパラフィン質化性であったが、YOSHIDA and HOSHII⁵⁴⁾(1974)はメタノール質化性の酵母についてもヒナを用いて検討している。彼らはノルマルパラフィン質化性酵母の世代試験^{48~52)}で、酵母の給与によりヒナの飼料摂取量の低下および成長の遅延をみていることから、メタノール

質化性酵母の試験においては、カルシウムとリンのバランスを是正して対照飼料と同様にした場合と、前回同様にバランスを考慮しなかった場合について給与試験を行なった。その結果、メタノール酵母飼料はカルシウムとリンのバランスの是正によって対照飼料と同じ増体量、飼料摂取量、飼料効率を示し、栄養アンバランスは是正の効果があった。

以上のように炭化水素酵母はすぐれた蛋白質飼料であることは明らかであり、その安全性についてはかなり大規模な試験も行なわれてきたが、現在、その飼料化は中断されていることは周知の通りである。

その他に蛋白質飼料としてクロレラが利用できることが奥村ら^{55,56)}(1973)により示されているが、現時点ではコスト面から実用には遠いと考えられる。

一方、天然の未利用資源の飼料化には数量的にも品質的にも限界がある。そこで農水産物とは別種の新しいエネルギー給源を開発する必要があるとして、化学工業製品の飼料化を検討する一連の研究が企画された。吉田ら⁵⁷⁾(1969)は、まず、グリコール類のヒナによる飼料価値を検討した。飼料中5%添加して生物定量法によりしらべたところ、エチレングリコールのエネルギーは60%利用可能であるが軟便となること、プロピレングリコール、ブチレングリコールのエネルギーをほぼ完全に利用できること、1,4-ブチレングリコール、2,3-プロピレングリコールはヒナにより利用されないこと、プロピレングリコールおよびブチレングリコールの重合物のほとんどは利用できないこと、などを明らかにした。YOSHIDA and MORIMOTO⁵⁸⁾(1970)は、ヒナにエネルギーレベルを3段階に変えた試験飼料と大豆油を添加した対照飼料を6日間給与し、少量サンプルの有効エネルギーを知るというミニ生物定量法を開発し、この方法をその後の化学工業製品の飼料化研究に応用した。脂肪酸⁵⁹⁾、アルコール、アルデヒド、ケトン類⁶⁰⁾、グリコール類のエステルとエーテル⁶¹⁾、脂肪酸とアルコールのエステル⁶²⁾が前記ミニテスト法で検討された。このテストによって有望と考えられたコハク酸については、さらに試験を行ない5%以下の配合割合であれば充分使用可能であることが示された⁶³⁾。同様に、1,2-プロパンジオール・ジラウレートは利用率、代謝率、消化率はよかったが5%使用すると飼料摂取量の低下と低い増体量を示し、ジラウリルコハク酸も同様に食欲および増体が低下し、ビタミンE欠乏を引き起こし、1,3-ブタンジオールも10%配合で飼料摂取量が低下した⁶⁴⁾。

以上の化合物をエネルギー給源として考える場合には、コスト面の配慮はもちろん、その栄養価を正確に把握し、安全性も充分に確認しなければならない。特に安

全性について、このような化合物を飼料原料とする場合には十二分な検討が必要であろう。

この他にリサイクルということから乾燥鶏糞の飼料価値も検討されている^{65,66,67)}。

5. 飼料添加物の有効性と安全性

飼料添加物の有効性と安全性について詳細に述べることは、飼料の問題を離れて、本稿でとりあつかう範囲を越えることになる。そこで、本稿では飼料に直接関係ある問題に限って簡単に述べることにする。

飼料添加物に関しては、当初はその有効性の立証に力点が置かれており、その後次第に安全性に関する研究が多く報告されるようになった。

テレフタル酸については、1960年代前半においては、飼料中に添加したオキシテトラサイクリン、クロルテトラサイクリンなどの抗生物質の血中移行を促進する物質として、その有効性に注目した研究が多い。加藤ら⁶⁸⁾(1963)は、オキシテトラサイクリン添加飼料にテレフタル酸0.5%添加で、ヒナの体重増加が促進されるとともに、血中の抗生物質濃度が高められ長時間持続することを認めている。また、田先・茗荷⁶⁹⁾(1966)も同様にヒナにおける発育促進効果を認めている。また、NAGASAWA and KURETANI⁷⁰⁾(1965)は、0.5%添加でマウスの発育、繁殖に有害でないことを報告し、栗原⁷¹⁾(1969)は、ヒナでも同様であることを報告している。一方、河野・中島^{72,73)}(1964, 1965)は、テレフタル酸を給与したヒナの病理組織的検査から、飼料中0.4~0.5%程度の添加でも、腎、副腎、肝、精巣、甲状腺、脳下垂体前葉などに影響がみられたという。

森本ら^{74,75)}(1966)は、糸状菌の一種 *Trichoderma* 属の生産する強力なセルラーゼを、大麦を多量に配合した飼料に添加して、その効果をみた。セルラーゼを0.4%添加すると対照に比べて代謝エネルギーはやや高くなり、増体、産卵率もすぐれた。また、大麦を67.5%含む飼料にセルラーゼを0.3%添加すると供試飼料の乾物の消化率は2.5~3.5%高くなった。消化率が改善されたのは可溶無窒素物であった。これは前報³⁷⁾と異なる結果であるが、新しい強力なセルラーゼを使用したことによるであろう。

倉田ら⁷⁶⁾(1969)は、飼料中に添加している抗生物質の効果を再検討した。ブロイラー用ヒナおよび産卵用ヒナを用いて、クロルテトラサイクリン、オキシテトラサイクリン、プロカインペニシリン、亜鉛パントラシン、ミカマイシン、クロラムフェニコール、スビラマイシン、オレアンドマイシン、フラジオマイシンの9種の抗生物質をそれぞれ添加した飼料を用いて対照と比較した。

1965年から1967年までの試験結果を総合すると、ヒナの発育促進効果および飼料効率の改善は確認できなかった。このような試験の場合、試験場の微生物環境によってデータが異なることが予想され、この種の試験には方法論上の問題が伴うのはさげがたい。

以上は、主として添加物の有効性に関する報告であるが、最近では安全性に関する報告が多くなっている。

抗生物質の残留問題については、吉田らは1971年から一連の報告を行なった。まず、クロルテトラサイクリンとスビラマイシンのヒナ血液、筋肉、肝臓における残留⁷⁷⁾とスビラマイシンの卵への移行⁷⁸⁾をしらべ、同様にタイロシン^{79,80)}も検討した。オキシテトラサイクリン⁸¹⁾、クロルテトラサイクリン⁸²⁾の卵への移行とその消失およびブロイラーの血液と臓器中のペニシリン⁸³⁾の消失のパターンについても検討した。以上の一連の報告を吉田⁸⁴⁾(1975)は総説にまとめている。吉田は、飼料添加物が家禽の体内に取り込まれた後の動態を明らかにする必要性について論じた。抗生物質給与中、および給与中止後の鶏肉・鶏卵中の抗生物質の量は比較的簡単な1区画モデルもしくは2区画モデルのような数式で表わすことができ、この数学モデルから残留を0とする抗生物質の飼料中添加量もしくは必要な休薬期間を知る手がかりが得られるとしている。

以上1960年および1970年代のわが国の研究者による家禽用飼料の研究のあとを振り返ったが、今後どのような方向に重点を向けてゆくべきかを考えた場合、基本的には飼料資源の過半を輸入に依存している現状から、いかにこれら貴重な資源をより有効に利用してゆくか、飼料原料の物理的・化学的処理による有効利用、あるいはアミノ酸利用による蛋白質原料の節約などさらに詳細な研究が望まれる。同時にわが国の内外に埋もれている新資源の開発にも注力してゆく必要がある。その他飼料の安全性の確保および品質の改善に関する法律の施行も近く予定されており、畜産物の品質と飼料との関連の点について研究の充実が望まれる。また、飼料原料中の家禽の生産性を阻害する因子の除去方法、飼料の評価に関する実験手法の開発、排泄物の再利用なども研究の進展が期待される分野であり、より高度な研究成果がわが国家家禽産業の健全なる発展に貢献するものと重ねて期待したい。

引用文献

- 1) 森本宏, 窪田大作, 有吉修二郎: 農技研報, **G19**, 117, 1960.
- 2) 森本 宏, 窪田大作, 有吉修二郎, 土黒定信: 農技研報, **G20**, 157, 1961.
- 3) 窪田大作, 森本 宏: 家禽会誌, **2**, 63, 1965.

- 4) 田中庸雄, 山根哲夫, 西川哲三郎: 日畜会報, **34**, 269, 1963.
- 5) 庄司圭吾, 戸塚耕二: 日畜会報, **35** (特別号), 174, 1964.
- 6) YOSHIDA, M., H. HOSHII and H. MORIMOTO: Agr. Biol. Chem., **26**, 679, 1962.
- 7) 吉田 実, 星井 博, 小坂清己, 森本 宏: 家禽会誌, **2**, 180, 1965.
- 8) 吉田 実, 星井 博, 小坂清己, 森本 宏: 家禽会誌, **2**, 191, 1965.
- 9) 吉田 実, 星井 博, 小坂清己, 森本 宏: 家禽会誌, **3**, 23, 1966.
- 10) 吉田 実, 森本 宏: 家禽会誌, **3**, 93, 1966.
- 11) 吉田 実, 星井 博: 家禽会誌, **7**, 139, 1970.
- 12) 大島光昭, 田先威和夫: 日畜会報, **33**, 313, 1962.
- 13) 目加田博行, 海老沢昭二, 二村喜久雄: 家禽会誌, **9**, 267, 1972.
- 14) YOSHIDA, M.: Japan. Poultry Sci., **10**, 76, 1973.
- 15) YOSHIDA, M.: Japan. Poultry Sci., **10**, 104, 1973.
- 16) YOSHIDA, M.: Japan. Poultry Sci., **10**, 162, 1973.
- 17) 農林省農林水産技術会議事務局編: 日本標準飼料成分表, 75, 1975.
- 18) 麻生和衛: 日畜会報, **36**, 191, 1965.
- 19) 麻生和衛: 日畜会報, **36**, 198, 1965.
- 20) 麻生和衛: 日畜会報, **36**, 247, 1965.
- 21) 麻生和衛: 日畜会報, **36**, 252, 1965.
- 22) 吉田 実, 星井 博, 土肥由長, 森本 宏: 家禽会誌, **5**, 65, 1968.
- 23) 古田賢治, 中沢 稔, 北野良一, 居山猪一: 家禽会誌, **4**, 74, 1967.
- 24) 窪田大作, 森本 宏: 家禽会誌, **4**, 136, 1967.
- 25) 岡本正幹, 古賀 脩, 五斗一郎, 荒牧孝典, 船津勝, 高橋孝雄, 山口潮三, 草川 勉, 村瀬克彦: 家禽会誌, **2**, 1, 1965.
- 26) 庄司圭吾, 田嶋政秀, 戸塚耕二, 岩井英則: 家禽会誌, **3**, 63, 1966.
- 27) 中谷哲郎: 日畜会報, **35**, 107, 1964.
- 28) 上坂章次, 川島良治, 加藤啓介, 大崎豊彦, 岡田通子: 日畜会報, **35** (特別号), 167, 1964.
- 29) MATSUMOTO, T., H. ITOH and Y. AKIBA: Poultry Sci., **47**, 1323, 1968.
- 30) MATSUMOTO, T., H. ITOH and Y. AKIBA: Poultry Sci., **48**, 1061, 1969.
- 31) 松本達郎: 家禽会誌, **9**, 243, 1972.
- 32) 中谷哲郎, 田上末四郎, 久池井忠男: 家禽会誌, **5**, 176, 1968.
- 33) 吉田 実, 星井 博, 森本 宏: 家禽会誌, **6**, 30, 1969.
- 34) 窪田大作, 土黒定信, 久保辰雄, 松島正洋, 野口進, 今井一郎, 飯野雅夫, 平野公夫, 田家清一: 家禽会誌, **9**, 274, 1972.
- 35) 目加田博行, 海老沢昭二: 家禽会誌, **9**, 25, 1972.
- 36) 森本 宏, 吉田 実, 星井 博: 畜試研報, **1**, 205, 1963.
- 37) 森本 宏, 吉田 実, 星井 博: 畜試研報, **2**, 87, 1963.
- 38) TASAKI, I. and K. MYOGA: Jap. J. Zootech. Sci., **35**, 153, 1964.
- 39) 田先威和夫, 茗荷 澄: 家禽会誌, **2**, 200, 1965.
- 40) 吉田 実, 星井 博, 小坂清己, 森本 宏: 家禽会誌, **3**, 29, 1966.
- 41) 吉田 実: 家禽会誌, **9**, 141, 1972.
- 42) 吉田 実, 星井 博: 家禽会誌, **10**, 243, 1973.
- 43) 西川哲三郎, 田中庸雄, 山根哲夫, 本田博信: 日畜会報, **41**, 569, 1970.
- 44) 多田昌男, 妹尾文雄, 村田武久, 川崎 晃: 家禽会誌, **9**, 17, 1972.
- 45) 田嶋政秀, 戸塚耕二, 木下晴生, 庄司圭吾, 麻生和衛: 家禽会誌, **8**, 217, 1971.
- 46) 小坂清己, 星井 博, 吉田 実: 家禽会誌, **9**, 159, 1972.
- 47) 吉田 実, 生雲晴久, 星井 博: 家禽会誌, **9**, 231, 1972.
- 48) 吉田 実, 多田昌男, 番匠宏行, 松島正洋, 緒方国幸, 飯野雅夫, 梅田 勲: 家禽会誌, **9**, 173, 1972.
- 49) 吉田 実, 多田昌男, 番匠宏行, 松島正洋, 木庭研二, 飯野雅夫, 梅田 勲: 家禽会誌, **10**, 63, 1973.
- 50) YOSHIDA, M., M. TADA, H. BANSHO, M. MATSUSHIMA, K. Koba, M. IINO and I. UMEDA: Japan. Poultry Sci., **11**, 179, 1974.
- 51) YOSHIDA, M., M. TADA, H. BANSHO, M. MATSUSHIMA, K. Koba, M. IINO and I. UMEDA: Japan. Poultry Sci., **11**, 163, 1974.
- 52) YOSHIDA, M., M. TADA, H. BANSHO, M. MATSUSHIMA, K. Koba, M. IINO and I. UMEDA: Japan. Poultry Sci., **12**, 83, 1975.
- 53) 妹尾文雄, 多田昌男, 岩本敏雄, 村田武久, 川崎晃: 家禽会誌, **10**, 189, 1973.
- 54) YOSHIDA, M., and H. HOSHII: Japan. Poultry Sci., **11**, 225, 1974.
- 55) 奥村純市, 古屋 湜, 田先威和夫: 家禽会誌, **10**, 157, 1973.
- 56) 奥村純市, 田先威和夫: 家禽会誌, **10**, 238, 1973.
- 57) 吉田 実, 星井 博, 森本 宏: 家禽会誌, **6**, 73, 1969.
- 58) YOSHIDA, M., and H. MORIMOTO: Agr. Biol. Chem., **34**, 684, 1970.
- 59) YOSHIDA, M., H. MORIMOTO and R. ODA: Agr. Biol. Chem., **34**, 1301, 1970.
- 60) YOSHIDA, M., H. MORIMOTO, M. MATSUI and R. ODA: Agr. Biol. Chem., **34**, 1308, 1970.
- 61) YOSHIDA, M., H. MORIMOTO, M. MATSUI and R. ODA: Agr. Biol. Chem., **34**, 1314, 1970.
- 62) YOSHIDA, M., H. MORIMOTO and R. ODA: Agr. Biol. Chem., **34**, 1668, 1970.
- 63) YOSHIDA, M., and H. HOSHII: Agr. Biol. Chem., **35**, 201, 1971.
- 64) YOSHIDA, M., K. KOSAKA and H. HOSHII: Japan. Poultry Sci., **8**, 39, 1971.

- 65) 吉田 実, 星井 博: 家禽会誌, **5**, 37, 1968.
- 66) 梅田 勲, 目加田博行, 海老沢昭二, 二村喜久雄: 家禽会誌, **11**, 69, 1974.
- 67) 梅田 勲, 目加田博行, 海老沢昭二, 二村喜久雄: 家禽会誌, **12**, 141, 1975.
- 68) 加藤久弥, 村上敏明, 小野勝彦, 菊池宏美, 熊谷貞雄, 松尾明延, 蓮本 洋: 日畜会報, **33**, 447, 1963.
- 69) 田先威和夫, 茗荷 澄: 家禽会誌, **3**, 115, 1966.
- 70) NAGASAWA, H. and K. KURETANI: Jap. J. Zootech. Sci., **36**, 392, 1965.
- 71) 栗原昭三: 日畜会報, **40**, 376, 1969.
- 72) 河野憲太郎, 中島映子: 家禽会誌, **1**, 63, 1964.
- 73) 河野憲太郎, 中島映子: 家禽会誌, **2**, 205, 1965.
- 74) 森本 宏, 窪田大作, 赤井直利: 家禽会誌, **3**, 167, 1966.
- 75) 森本 宏, 窪田大作, 前島 洋: 家禽会誌, **3**, 171, 1966.
- 76) 倉田新一郎, 井上哲夫, 大角 彰: 家禽会誌, **6**, 188, 1969.
- 77) YOSHIDA, M., S. YONEZAWA, H. NAKAMURA, H. AZECHI, N. TERAKADO and T. HORIUCHI: Japan. Poultry Sci., **8**, 94, 1971.
- 78) YOSHIDA, M., D. KUBOTA, S. YONEZAWA, H. NAKAMURA, H. AZECHI and N. TERAKADO: Japan. Poultry Sci., **8**, 103, 1971.
- 79) YOSHIDA, M., H. HOSHII, S. YONEZAWA, H. NAKAMURA and R. YAMAOKA: Japan. Poultry Sci., **10**, 23, 1973.
- 80) YOSHIDA, M., D. KUBOTA, S. YONEZAWA, H. NAKAMURA, R. YAMAOKA and H. YOSHIMURA: Japan. Poultry Sci., **10**, 29, 1973.
- 81) YOSHIDA, M., D. KUBOTA, S. YONEZAWA, H. NAKAMURA, R. YAMAOKA, and H. YOSHIMURA: Japan. Poultry Sci., **10**, 254, 1973.
- 82) YOSHIDA, M., D. KUBOTA, S. YONEZAWA, H. NAKAMURA, R. YAMAOKA and H. YOSHIMURA: Japan. Poultry Sci., **10**, 261, 1973.
- 83) YOSHIDA, M., H. HOSHII, S. YONEZAWA, H. NOGAWA, H. YOSHIMURA and O. ITO: Japan. Poultry Sci., **11**, 106, 1974.
- 84) 吉田 実: 家禽会誌, **12**, 1, 1975.