

臨床獣医師から見た

養鶏業界 25

株式会社ピーピーキューシー研究所 加藤 宏光

NRCと そのほかの推奨量

NRC（日本では日本飼料栄養標準）とは、アメリカで推奨される家畜の栄養基準値で、採卵鶏の各鶏種では必ずしもこれと一致しているわけではありません。過去の水準と現在のそれを対比するにつけても、各種推奨値のバラツキを勘案することは重要な条件だと考えます。

ちなみに表1に一九八四年の採卵鶏についての、NRCと各鶏種の推奨値を対比したものを示しました。どの鶏種をみても、NRC数値より要求量が高いことが分かります。この結果より、NRCは当時から、栄養要求量の評価基準としては必ずしも十分な根拠として受け止められていなかったものと理解することができま

きます。前にも述べたように、制限アミノ酸の中でも、特に摂取の最低量を積極的に定めているものは、メチオニン、含硫アミノ酸総量（メチオニン＋シスチン）とリジンやトリプトファン

ンで、そのほかのアミノ酸に対して必須であることは強調されています。これは、通常に配合した場合に、アルギニンやスレオニンが不足する可能性が無視できる程度であることが起因しているのでしょう。イソロイシンは不足しやすいのですが、今日では、その重要性に言及しているデータが少ないことが気になります。

飼料原料の工夫

飼料を配合するに当たって、必要な種々の原料があります。ざっと思いつかれるものを列挙しても、トウモロコシ（コーン）、小麦、大麦（飼料米）、大豆粕、綿実粕、ごま粕、米ぬか、ふすま、魚粉など……、数えれば枚挙にいとまがありません。

前号までに解説した、三大栄養素すなわち含水炭素（炭水化物）、脂肪、およびタンパク質の供給源として、これらの原材料をどのように配合するのが効率的か、というテーマが家畜（家畜）の栄養学における要諦

表1 1984年当時のNRCと採卵鶏種による制限アミノ酸要求量比較

	NRC(%)	NRC(%/day)	スコット(%)	スコット(g/day)	ハイライン(%)	ハイライン(g/day)	シェーパー(%)	シェーパー(g/day)
メチオニン	0.32	0.35	0.34	0.31	—	0.40	—	0.39
シスチン	0.23	0.25	0.27	0.33	—	0.25	—	0.27
含硫アミノ酸	0.55	0.60	0.61	0.64	—	0.65	—	0.66
リジン	0.64	0.70	0.72	0.65	—	0.76	—	0.76
トリプトファン	0.14	0.15	0.17	0.15	—	0.19	—	0.18
スレオニン	0.45	0.50	0.63	0.57	—	—	—	—
アルギニン	0.68	0.75	0.85	0.77	—	—	—	—
イソロイシン	0.50	0.55	1.28	0.50	—	—	—	—

注1：スコット=当時著名だった家畜栄養学者

注2：ハイライン、シェーパーの推奨量はピーク時（27～35週齢期間）—Dr.Behrends資料

《コラム1》

【リニア・プログラム（LP）】

日本語では線形計画法（LP）と呼ばれる手法が、栄養要求量をクリアしながら最低コストで配合するフォーミュラを計算するのに用いられます。この手法はオペレーション・リサーチ（OR）という手法に含まれる1つの理論をもとに開発された意志決定への情報確立法です。書物によれば、オペレーションという言葉は、「作戦・手術」という意味をもち、「企業の生産をはじめ、販売や投資もオペレーションに含まれる」とされています。従って、ORは種々のオペレーションを研究することすべてを指すことになります。

人や組織は、目的をもって活動しています。その際に生じる種々の問題を解決するための意志決定は、しばしば専門家の直勘に頼って下されています。しかし、さまざまな観点から、合理的に意志決定することが望ましいことは言うまでもありません。代表的な実用例として、第2次世界大戦で、戦略物資を最も効率的に輸送するためのルートを計算するために用いられました。

線形計画法は、ORの中でも早くに理論が整理され、実社会で種々応用されています。LPで説くことのできる問題は、「線形の不等式（あるいは等式）で与えられる複数の制約条件の下で、線形の目的関数を最大もしくは最小にする」ことで得られます。鶏の飼料の問題に置き換えれば、複数の素材のコストは、配合量が増えるにしたがって加算されます。また、必要栄養素の最低必要量は必ず確保されなければなりません。各素材（コーン、大豆粕、糟糠類、魚粉など）には、それぞれ重複して必要な栄養素が含まれていますが、素材ごとにその含量にはバラツキがあります。この栄養素も素材の配合割合が増えればそれに比例して増えます。例えば、メチオニンは、魚粉には多く含まれますが、高価ですから配合率は低く抑えなければなりません。コーンにも、大豆粕にも含まれています。それぞれを2%、60%、25%の割合で混ぜたとすれば、魚粉のメチオニンは2%の2%（0.02%）、コーンのそれは0.08%の60%（0.04%）、大豆粕では0.52%の25%（0.13%）が含まれることになります。合計では、0.19%ですから、必要量の約81%をまかなえることになります。全素材についてこうした比例式を作成して、必要栄養量をカバーしながら最低コストを算出する方法を、LPと呼びます。こうした作業を各栄養素についてそれぞれ個別に手作業で計算しては、大変です。実際に計算すると、1週間では結果がでないこともあります。

こうした単純な計算はコンピューターがお手のものですから、プログラム化して自動的に計算しているのです（ちなみに、25年前の16ビットのコンピュータで計算すると3～4時間かかって結果がでました）。

※参考資料：OR入門（意志決定の基礎）1984年実教出版 小和田正、沢木勝茂、加藤豊

表2 1984年と2004年の飼料原料中の栄養成分比較

	1984年				2004年			
	水分	カロリー	粗タンパク質	粗脂肪	水分	カロリー	粗タンパク質	粗脂肪
トウモロコシ	13.5	3.3	8.8	3.9	13.5	3.3	8.0	—
小麦	11.5	3.0	12.1	1.8	11.5	3.0	12.1	—
玄米	13.8	3.3	7.9	2.3	13.8	3.3	7.9	—
大豆粕	11.7	2.4	46.1	1.3	11.6	2.4	46.1	—
ごま粕	8.5	1.9	46.3	2.0	8.5	1.9	46.3	—
脱脂米ぬか	13.1	1.7	17.7	1.9	13.1	1.6	17.5	—
フィッシュミール	7.9	3.1	67.4	8.3	7.9	3.1	67.4	—

注：フィッシュミールは65%もの、カロリーはkg中のメガカロリー

《コラム2》

【標準偏差と変動係数】

これらは推計学で用いられる指標で、標準偏差（SV=Standard Variation）はある群におけるバラツキを表し、変動係数（CV=Co-efficient Variation）はその時点でのSVが平均体重の何%に当たるかを表したものです。標準偏差は、今日では、ちょっとした電卓にも機能が付加されているために、体重を量った際に、ついでに記録されることも多いのですが、その実態を踏まえて数値を扱っていることは意外に少ないと思います。ちなみに、推計学では度数の分布を棒グラフに表したものをヒストグラムと呼びます。一般的なマニュアルではこのヒストグラムで、平均体重の前後10%に全体の80%が入っていることが良い育成の基準とされています（もっとも、平均体重を超えるものはよほど大きくとも「ヨシ」とされることが多いのですが……）。

今、平均体重1,400gの群がいたとします。マニュアルに従えば、1,260~1,540gの範囲に80%の個体が入っていることが求められます。

一方、推計学では正規分布する群（良好な飼養環境の群と理解してください）では標準偏差の2倍の範囲に70%が、3倍の範囲に95%の個体が含まれます。乱暴ですが、平均体重を境に大きいものが40%、小さいものが40%ずつマニュアル体重域に分布するとすれば、これから外れるものは大きい方、小さい方にそれぞれ10%ずつ許されることとなります。つまり、理想的な標準偏差は $140/2=70$ gよりはやや大きい数値ということになります。これを前提としてCVを計算すると大体6%程度となるでしょう。こうした理論に基づいて、CV6%以下の群をバラツキのない群と評価するのです。

表3 1984年と2004年の飼料原料中のアミノ酸基準値比較

	1984年				2004年			
	メチオニン	シスチン	リジン	トリプトファン	メチオニン	シスチン	リジン	トリプトファン
トウモロコシ	0.15	0.17	0.24	0.10	0.17	0.18	0.24	0.07
小麦	0.17	0.21	0.20	0.10	0.20	0.29	0.35	0.15
玄米	0.20	0.19	0.31	0.11	0.20	0.19	0.31	0.11
大豆粕	0.52	0.70	2.91	0.64	0.64	0.71	2.83	0.63
ごま粕	0.89	0.67	1.26	0.54	0.80	0.66	0.84	0.43
脱脂米ぬか	0.30	0.28	0.87	0.19	0.31	0.33	0.73	0.19
フィッシュミール	2.00	0.56	5.28	0.77	2.00	0.56	5.28	0.71

注：含量は原物中の%で示している

となります。昨今のように、原料コストが大きく上昇すると、飼料原料費の上昇に直結します。

飼料原料に含まれる栄養含量はNRCに記載され、定期的に改定されています。一九八四年の基準値はそれまでの数年を前提とした数値ですから、今から二五〜三〇年も前の数値となります。ここ三〇年で進んだ技術を前提として、どれほどの乖離が生じているものかを表2と表3に示しました。この表で示したアイテムは、あくまで取り上げた年度の数値にどの程度の変化があったものかを対比するために紹介したものです。この数値をみると、二〇年以上の時間の経過でも、水分や粗タンパク、あるいはカロリー数値には大きな変動はありません（ただし、二〇〇四年のデータには粗脂肪数値がありませんでした）。

一方、それぞれのアミノ酸（表のスペースの制限で、代表的なメチオニン、シスチン、リジン、トリプトファンのみを表示しました）の数値ではかなり異なります。とはいっても、分析数値は検査ごとにバラツキ

マンガン (Mn) (mg/kg)	フッ素 (F) (mg/kg)	モリブデン (Mo) (mg/kg)	ヨウ素 (I) (mg/kg)	セレン (Se) (mg/kg)	備 考
18	—	—	—	—	ウイスキー製造副産物
6	—	0.00	—	—	ウイスキー製造副産物
51	—	—	—	—	ウイスキー製造副産物
7	—	—	—	—	ウイスキー製造副産物
5	—	—	—	—	原料は温州ミカン
8	—	—	6.06	2.21	北洋ミール
13	—	—	6.69	3.06	
25	—	—	10.51	3.67	
18	—	—	6.68	—	
21	—	—	4.25	—	荒粕
7	—	—	—	—	
11	—	—	14.94	—	
49	—	—	—	—	
1	—	—	0.59	0.10	
5	—	—	5.66	—	
123	—	—	—	—	
15	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	
12	—	—	—	—	
31	—	—	4.21	—	
52	—	—	4.14	—	核酸を抽出したもの
133	—	—	—	—	
—	792.00	—	—	—	
141	864.00	—	—	—	
33	796.00	—	—	—	
88	—	—	—	—	
62	—	—	0.10	—	小麦の選別屑
13	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	陳皮
6	—	—	—	—	粉碎トウモロコシ芯
28	—	—	0.24	—	ルーサンベレットを含む
83	—	—	1.43	—	
80	—	—	1.40	0.10	
102	—	—	—	0.00	
8	—	—	4.58	—	肉粉
13	—	—	3.30	0.93	肉付骨粉
9	8.14	0.18	—	0.72	
13	—	—	—	0.79	
10	—	—	—	—	チキンミール
22	—	—	—	—	

《コラム3》

【飼料へのアミノ酸添加】

コラム1で解説した方法で配合するのですが、最低コストを目的とすると一部の制限アミノ酸（必須アミノ酸）がわずかに不足することがあります。こうしたケースでは飼料添加物としてのアミノ酸が有効です。添加物としてのアミノ酸製材はトリプトファン、メチオニンがよく知られています。

一方、プロイラー飼料において、過剰なリジンはアルギニンとの拮抗作用を前提とする成長阻害があるとされています。石橋先生は実験によって、アルギニンの要求量をえる式を紹介しています（石橋晃、アミノ酸技術資料9、1995年）。

アルギニン要求量（%）

$$=0.46 \times \text{リジン（%）} + 0.5$$

この式で、リジンの量が増えればアルギニンの要求量も増えることになります。

ますから、この程度の差異は誤差と評価しますが……。いずれにしても、この対比年度二〇年間では、飼料原料の栄養評価基準には大きな差異がない、と考えてよいでしょう。

考えてみれば、群飼が前提の養鶏産業では、いくらバラつかないように飼育しても、CV5%程度はあります（CV5%なら極めてバラツキのない群です）。こうした群であって、標準偏差が平均体重の5%はあるわけですから（コラム2参照）、採食量にもそれなりにバラツキがあります。

このバラツキ幅と飼料原料のロットによるバラツキを考えると、よほどの技術変革がない限り、原料の内

飼料配合の事例を例示します。

次号では、こうした原則に従った

トレオニン Threonine (%)	トリプトファン Tryptophan (%)	バリン Valine (%)	セリン Serine (%)
0.90	0.20	1.06	1.14
0.05	0.01	0.05	0.04
2.86	0.69	3.76	2.16
2.92	0.75	3.96	2.36
2.83	0.77	3.22	3.00
2.86	0.71	3.46	2.76
2.37	0.67	2.87	2.71
2.25	0.51	2.64	2.34
2.53	0.55	2.76	2.55
0.77	0.13	1.71	1.30
1.85	0.33	2.04	2.17
2.94	—	3.50	3.11
1.50	0.46	2.16	1.87
0.72	0.19	0.62	0.54
1.33	0.33	1.59	1.38
2.26	0.70	2.59	2.19
2.37	0.62	2.61	2.25
3.67	1.08	5.65	4.92
1.88	0.48	2.27	2.57
2.38	0.67	2.85	2.54
2.23	0.52	2.81	1.81
2.64	0.58	2.66	2.42
2.91	0.68	3.43	2.79
0.41	—	0.51	—
0.20	—	0.23	—
0.56	0.25	0.74	0.61
0.63	0.24	0.82	0.64
0.79	0.45	0.98	0.79
2.14	0.63	3.13	2.88
1.64	0.33	2.22	2.06
4.14	1.45	7.44	4.44
3.82	0.56	5.98	8.77
1.85	0.40	2.18	1.85



飼料配合

容成分が大幅に変わることはないといえます。

表4と表5に日本飼養標準・家き

ん編（二〇〇四年度版）に記載され

た、主な飼料原料に含まれる栄養基

準とアミノ酸基準を添付しました。

先に述べたように、この数値は二五

年も前の数値と大きな差はありません

（著者は二五年前の基準値をもと

に栄養供給の判断をしています、

現実には問題を感じたことはありません

せん）。

