

氏 名(本籍) 朴 壯 熙

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 博 第 370 号

学位授与年月日 昭 和 63 年 3 月 25 日

学位授与の要件 学位規則第5条第1項該当

研究科専攻 東北大学大学院農学研究科
(博士課程) 畜産学専攻

学位論文題目 鶏の成長に伴う栄養素利用効率の変動と
その栄養制御に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 堀口 雅昭 教授 水間 豊

助教授 秋葉 征夫

論文内容要旨

緒論 (第1章)

家畜を効率的に、しかも安全に飼養し生産するためには、家畜の種、成長段階および環境条件等を考慮に入れながら、その遺伝的能力を最大限に発揮させるに十分な栄養素を適切に給与することが重要である。鶏肉生産のために飼育されるブロイラーは、育種選抜および飼養管理技術の進展に伴い、年々大型化してきた。しかし、大型化しつつあるブロイラーの成長の様相、体成分蓄積そして栄養素の利用効率について、現在まで栄養学的観点から基礎的に解析されているとは言い難い。さらに、現在ブロイラーに適用されている栄養素要求量がバランスのとれた成長を最大限に保証する点で適切なのか、そして体成分蓄積および栄養素利用効率を栄養的手法でどの程度制御できるのか、等についても未だ充分論議されていない。

本研究では、現在のブロイラーの成長と、成長に伴う体成分蓄積と栄養素利用効率の変化をふ化後から成熟時まで測定し、さらに栄養素の量と組成を変化させて給与した場合の栄養代謝の変動を捉えることにより、ブロイラーの成長、体成分蓄積及び栄養素利用効率を栄養的に制御する可能性について追究し、論議した。

ブロイラーの成長と体成分蓄積および 栄養素利用効率の変化 (第2章)

ブロイラー専用種 (Arbor Acre 系統) 雄初生ヒナ 222 羽を供試し、代謝エネルギー (ME) 含量は 3,200 kcal/kg と一定で粗蛋白質含量の異なる二種の飼料を、ふ化時より 30 週齢まで自由摂取させた。すなわち、3 週齢時までの NRC 推奨蛋白質含量 (23%) である高蛋白質飼料区 (HP 区) と、粗蛋白質 15% の低蛋白質飼料区 (LP 区) である。

成長に伴う体重と体成分蓄積量の推移は、Gompertz の成長式によく適合した。Gompertz 式によると、ブロイラーの予想最終体重は 6.7 kg、そして最大成長速度を示す日齢である変曲点は 48 日と算出された。10 年前のブロイラーに比べて体重が 1.2 kg 増加し変曲点は約 22 日早くなっていることが示された (Fig. 1)。すなわち、最近のブロイラーは、大型化しただけでなく、早熟化していることが明らかである。

ブロイラーの赤肉体重 (生体重 - 脂質量) と蛋白質蓄積量は、9 週齢時までは LP 区に比べて HP 区で高い傾向にあるが、Gompertz 式による予想最終重量は HP および

LP区ではほぼ同等であった (Fig. 2, Table 1)。しかし, LP区の脂質蓄積の予想最終重量はHP区よりも約33%大きく, 成熟時におけるHP区とLP区の体重差は, 主に脂質蓄積量の差によることが確かめられた。

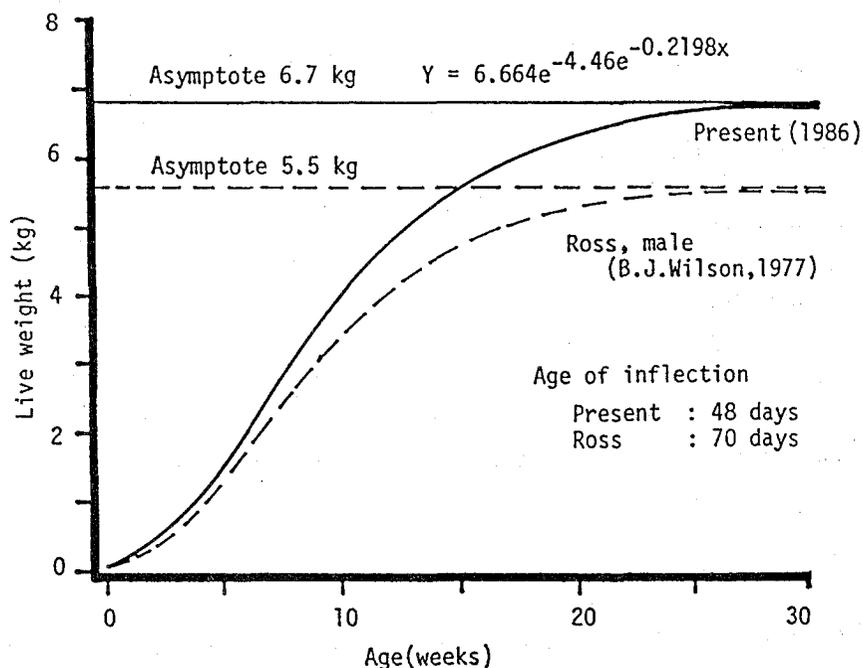


Fig. 1. Growth curve fitted with a Gompertz function of male broiler chicks raised in present study (1986) and in 1977.

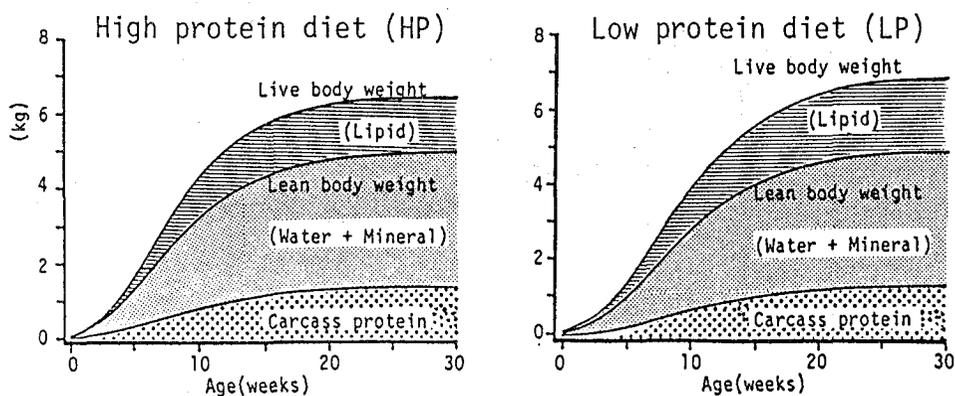


Fig. 2. Growth curves of body weight, lean body weight and protein deposition fitted with a Gompertz function in male broiler chicks fed diets with different protein contents.

Table 1. Asymptotes and inflection points in growth curves fitted with Gompertz function in male broiler chicks

	Treatment ¹	Asymptote	Inflection point
Live body weight	HP	6.65 kg	46 day
	LP	7.07	53
Lean body weight	HP	4.94 kg	45
	LP	4.98	51
Carcass energy	HP	18.48 Mcal	47
	LP	22.61	54
Carcass protein	HP	1.33 kg	49
	LP	1.33	56
Carcass lipid	HP	1.17 kg	47
	LP	1.56	55

¹Abbreviations : HP, high protein diet; LP, low protein diet.

飼料の代謝エネルギー価は、2週齢時におけるHP区の高い傾向を除くと、成長に伴う一定の変動パターンは見られなかった (Fig. 3)。

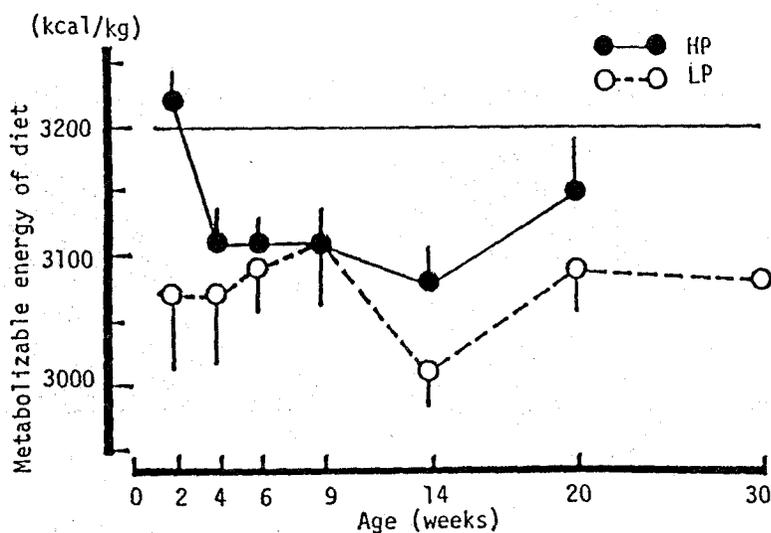


Fig. 3. Changes of metabolizable energy value of diets as a function of age in male broiler chicks.

このように、成長前期における体成分蓄積量と成熟時における脂質蓄積量を栄養的に制御することは可能であるが、成熟時の体蛋白質蓄積量は、給与する栄養条件にかかわらずほぼ一定であることが明らかになった。

エネルギーおよび蛋白質の維持要求量と制限給与 による栄養素利用効率の変化 (第3章)

2, 4, 6 および 8 週齢時のブロイラー雄ヒナを供試した。前章の実験で用いた高蛋白質飼料を自由摂取時の 40, 60, 80 および 100 % に制限して給与した。試験期間は 10 日間である。

維持のためのエネルギー要求量は $130 \sim 150 \text{ kcal/kg}^{0.75}/\text{日}$ 、蛋白質要求量は $2.5 \sim 4.0 \text{ g/kg}^{0.75}/\text{日}$ の範囲にあり、加齢に伴っていずれも低下する傾向にあった (Fig. 4)。

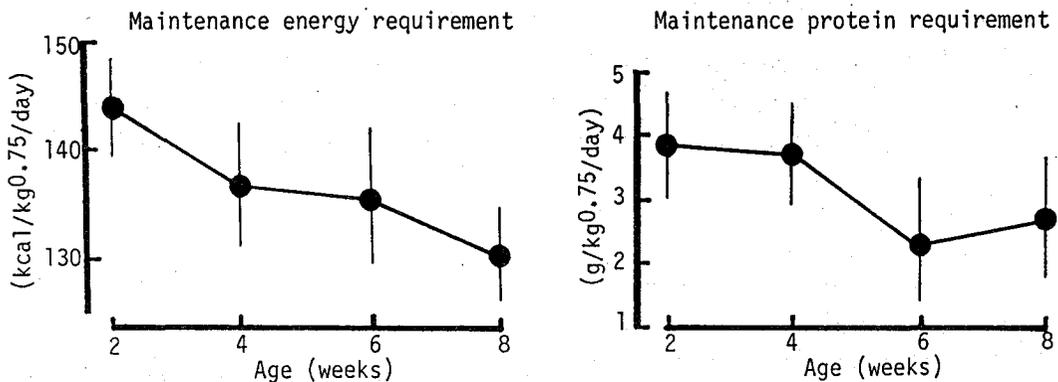


Fig. 4. Requirements of maintenance energy and maintenance protein in male broiler chicks.

増体量とエネルギー、蛋白質および脂質の蓄積量は、生産のための代謝エネルギー (MEp) の減少とともに直線的に減少したが、各々の体成分の変化の様相は週齢により異なることが示された (Fig. 5)。

蛋白質および脂質蓄積のエネルギーコストは、1g 当たり平均 8.1 および 12.4 kcal であった。2 週齢時ではその後比べて、蛋白質蓄積のエネルギーコストが小さいが、逆に脂質蓄積のエネルギーコストが大きい (Table 2)。

このように生産のためのエネルギーと蛋白質の利用性および体成分蓄積は、その週齢に

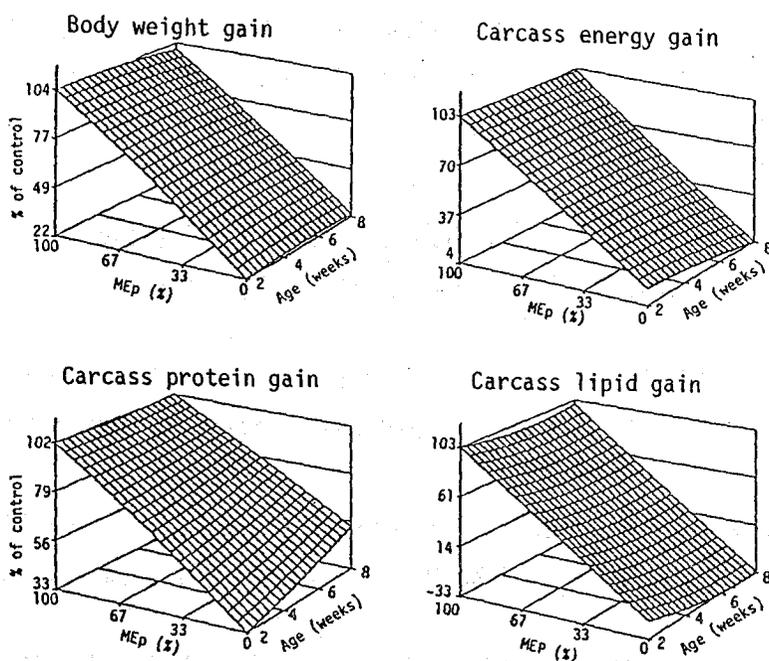


Fig. 5. Perspective views of body weight gain and carcass gains of energy, protein and fat as functions of metabolizable energy intake for production (MEp) and age in male broiler chicks.

Table 2. Energetic efficiency and energy cost of protein and lipid deposition in male broiler chicks

Age(weeks)	Regression equation ¹	r ²	Efficiency of deposition(%) ²		Energy cost of deposition (kcal ME/g) ³	
			Protein	Lipid	Protein	Lipid
2	$Y = 1.17X_1 + 1.58X_2$	0.992	85.4	63.3	6.7±1.2	15.5±2.6
4	$Y = 1.45X_1 + 1.28X_2$	0.975	69.0	78.1	8.3±0.7	12.6±1.8
6	$Y = 1.33X_1 + 1.19X_2$	0.948	75.2	84.0	7.6±0.9	11.7±1.5
8	$Y = 1.45X_1 + 1.24X_2$	0.903	69.0	80.6	8.3±1.4	12.2±2.0
Whole	$Y = 1.41X_1 + 1.25X_2$	0.970	70.9	80.0	8.1±0.4	12.4±0.4

¹ Y : Metabolizable energy intake above maintenance, X₁ : Energy retained as protein, X₂ : Energy retained as lipid.

² Energetic efficiency of protein or lipid deposition (% of energy retained as protein or lipid to metabolizable energy intake above maintenance).

³ Energy cost of protein or lipid deposition (kcal metabolizable energy / g protein or lipid).

よって変動することが示され、生産のエネルギーコストを考慮に入れた適切な栄養給与が必要であることが示唆された。

エネルギーおよび蛋白質の加給による体成分蓄積と 栄養素利用効率の変化 (第4章)

1. 自由摂取条件下における体成分蓄積と栄養素利用効率

代謝エネルギー (ME) 3,200 kcal/kg, 粗蛋白質 (CP) 23% の飼料を対照区 (C 区) として, 高蛋白質飼料区 (CP 32%, HP 区) と高エネルギー, 高蛋白質飼料区 (ME 3,400 kcal/kg, CP 32%, HEP 区) を設定し, 2, 4 および 6 週齢の雄ブロイラーヒナに各々 11 日間自由摂取させた。

代謝エネルギー摂取量は HP または HEP 飼料を給与しても増加せず, 自由摂取条件下で, ブロイラーのエネルギー摂取量を増加させるのは困難であることが示された (Table 3)。

Table 3. Effects of dietary energy and protein contents on metabolizable energy intake, carcass gains of energy, protein and lipid and utilizations of dietary energy and protein in male broiler chicks fed ad libitum

Age (weeks)	Treatment	Metabolizable energy intake (kcal/day)	Body weight gain (g/day)	Carcass gain(per day)			Utilization ²	
				Energy (kcal)	protein (g)	Lipid (g)	Energy (%)	Protein (%)
2	Control	222 ^a	47 ^a	105 ^a	7.8 ^a	6.1 ^a	68 ^a	60 ^a
	HP	204 ^a	44 ^a	85 ^b	7.4 ^a	4.4 ^b	63 ^a	46 ^b
	HEP	203 ^a	43 ^a	88 ^{ab}	7.6 ^a	4.6 ^b	66 ^a	48 ^b
4	Control	405 ^a	70 ^a	146 ^a	12.0 ^a	8.7 ^a	56 ^a	52 ^a
	HP	385 ^a	70 ^a	136 ^a	12.1 ^a	7.7 ^a	56 ^a	39 ^b
	HEP	380 ^a	65 ^a	126 ^a	11.4 ^a	6.9 ^a	54 ^a	39 ^b
6	Control	494 ^a	76 ^a	189 ^a	11.5 ^a	13.5 ^a	75 ^a	40 ^a
	HP	499 ^a	74 ^a	205 ^a	10.3 ^a	15.8 ^a	80 ^a	25 ^c
	HEP	473 ^a	70 ^a	188 ^a	10.8 ^a	13.5 ^a	81 ^a	29 ^b

¹ Abbreviations: HP, high protein diet; HEP, high energy and high protein diet.

² Percentage of deposited energy or protein to MEp or Pp, respectively.

³ Means with different superscripts in columns are significantly different (P<0.05)

体成分およびME_pの体エネルギーへの蓄積効率は各週齢とも有意には変化しなかったが、2週齢でのみ、HPおよびHEP飼料給与による脂質蓄積の減少が見られた。

このように、自由摂取条件下で、現在のブロイラーの栄養推奨量以上のエネルギーや蛋白質を加えても、体成分蓄積と栄養素利用効率は大きくは変動しないことが明らかになった。

2 過剰給与条件下における体成分蓄積と栄養素利用効率

飼料の自由摂取時における、生産のためのエネルギー(ME_p)と蛋白質(P_p)を各々100%とした対照区(C区)を基準にして、蛋白質加給区(ME_p 100およびP_p 120, P区)、エネルギー加給区(ME_p 130およびP_p 100, E区)、そしてエネルギー、蛋白質加給区(ME_p 130およびP_p 120, EP区)を設け、それぞれ強制給餌した。

Table 4. Effects of excess energy and protein feeding on body weight gain, carcass gains of energy, protein and lipid and utilization of dietary energy and protein in male broiler chicks

Age (weeks)	Treat ¹ -ment	Intake (per day)		Body weight gain (g/day)	Carcass gain(per day)			Utilization ³	
		ME _p (kcal)	P _p ² (g)		Energy (kcal)	Protein (g)	Lipid (g)	Energy (%)	Protein
2	C	100	10	37 ^{b4}	85 ^b	6 ^a	5 ^b	84 ^a	59 ^a
	P	111	12	38 ^b	79 ^b	6 ^a	5 ^b	71 ^b	49 ^c
	E	123	10	41 ^{ab}	94 ^a	6 ^a	7 ^a	77 ^{ab}	56 ^{ab}
	EP	125	12	42 ^a	100 ^a	6 ^a	7 ^a	80 ^a	52 ^{bc}
4	C	200	20	59 ^b	168 ^a	8 ^c	14 ^a	84 ^a	37 ^b
	P	202	24	63 ^{ab}	129 ^b	10 ^b	8 ^b	64 ^b	41 ^b
	E	254	21	69 ^a	181 ^a	10 ^b	14 ^a	71 ^b	47 ^b
	EP	257	24	72 ^a	183 ^a	16 ^a	10 ^b	71 ^b	66 ^a
6	C	270	31	98 ^a	224 ^b	16 ^a	15 ^b	83 ^{ab}	50 ^a
	P	258	37	98 ^a	229 ^b	15 ^a	16 ^b	89 ^a	40 ^b
	E	330	31	99 ^a	253 ^b	15 ^a	18 ^b	77 ^b	47 ^a
	EP	319	37	98 ^a	294 ^a	15 ^a	22 ^a	92 ^a	40 ^b

¹ Abbreviations : C, control; P, excess protein feeding; E, excess energy feeding; and EP, excess feeding of energy and protein.

² Abbreviations : ME_p, metabolizable energy intake for production; P_p, protein intake for production.

³ Percentage of deposited energy or protein to ME_p or P_p, respectively.

⁴ Means with different superscripts in columns are significantly different (P<0.05).

ME_p 加給によるエネルギーと脂質の蓄積量の増加は 2 および 6 週齢で著しかったが，蛋白質蓄積量は 4 週齢で著しく増加した (Table 4, Fig. 6)。一方，P_p 加給の場合，2 および 4 週齢ではエネルギー及び脂質蓄積量が減少する傾向にあり，特に 4 週齢で著しかった。蛋白質蓄積量は 4 週齢でのみ増加し，エネルギーと蛋白質を加給した EP 区ではさらに著しく増加した (Fig. 7)。

ME_p の体エネルギーへの蓄積効率は 6 週齢で高く，しかも P_p の増加により上昇した (Fig. 8)。一方，P_p の体蛋白質蓄積効率は ME_p の増加によって 2 および 6 週齢では変動しなかったが，4 週齢では顕著に上昇した。

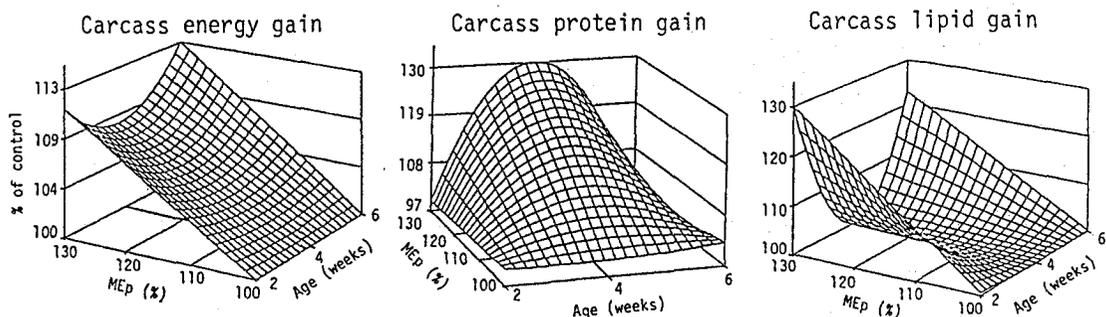


Fig. 6. Perspective views of carcass gains of energy, protein and lipid as functions of metabolizable energy intake for production (ME_p) and age in male broiler chicks.

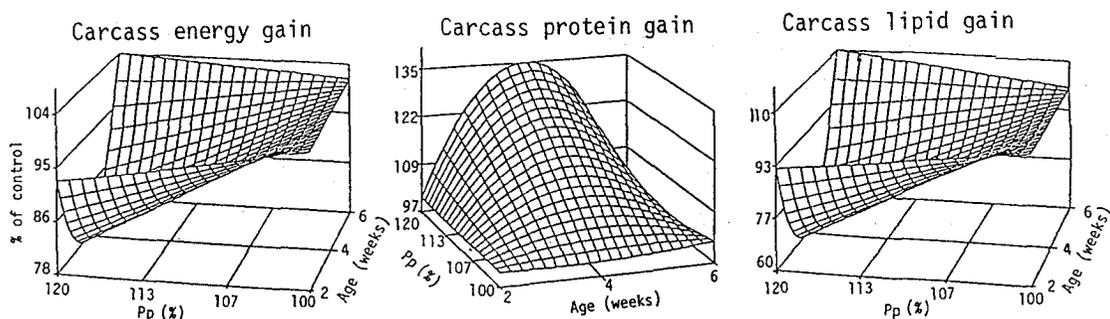


Fig. 7. Perspective views of carcass gains of energy, protein and lipid as functions of protein intake for production (P_p) and age in male broiler chicks.

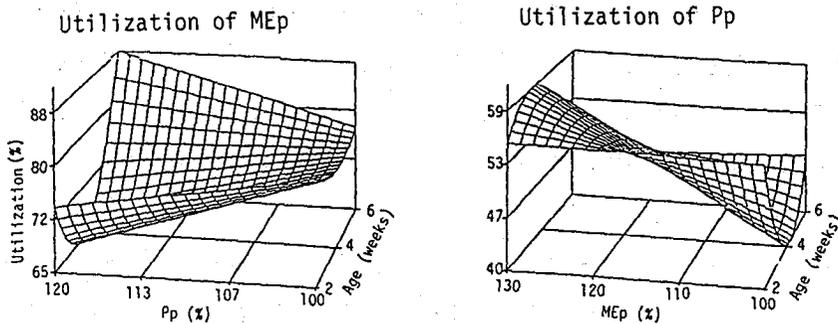


Fig.8. Perspective views of utilization of metabolizable energy for production (MEp) and protein intake for production (Pp) as functions of intake and age.

$$\begin{aligned} \text{Utilization of MEp} &= \text{energy deposited/MEp intake} \times 100 \\ \text{Utilization of Pp} &= \text{protein deposited/Pp intake} \times 100 \end{aligned}$$

このように、2週齢時はエネルギーまたは蛋白質の加給により体成分蓄積と利用効率が変動するが、その変動は蛋白質と脂質両者の蓄積の変動に由来していた。4週齢では他の週齢に比べて顕著に変動し、それは主に蛋白質蓄積の変動に因っている。しかし、6週齢における変動は比較的小さく、しかも脂質蓄積量のみが増加することが示された。

ま と め

1. 最近のプロイラーは大型化、早熟化してきており、脂質蓄積を栄養的に制御することは比較的容易であるが、蛋白質蓄積の制御は成長前期においてのみ可能である。
2. 各成長時期におけるエネルギーと蛋白質代謝の特性が明らかになった。自由摂取条件下での体成分蓄積と栄養素利用性の栄養制御は比較的難しいものの、各週齢時の栄養特性を考慮した細かい制御方法を開発する必要がある。
3. 栄養素の過剰給与あるいは制限給与により体成分蓄積を制御することが可能であるが、各体成分の増減とその変動範囲はプロイラーの週齢により変動することが明らかになった。
4. これらの結果は、鶏の成長と栄養代謝に関する栄養制御の可能性を解析的に示したものであり、さらに、各週齢に適切な制御方法がそれぞれ存在しうることが明らかにされた。

審査結果の要旨

効率的な家畜生産のためには、家畜の種類、成長段階並びに飼育環境に応じて、適切な給飼が必要である。

鶏肉生産のために飼育されているブロイラーは、育種・選抜が進み、また飼養管理技術が向上して、近年、急速に大型化している。しかし、その速やかな成長に伴う生物学的な特性や栄養に関する基礎的な知見の集積は十分とは言い難い。本研究は、これらを検討して、鶏肉生産の栄養制御の方策を探ったものである。

まず、ブロイラー専用種の雄、初生ヒナに蛋白質含量の異なる2種の飼料を、それぞれ自由に摂取させ、30週齢までの成長と体成分蓄積を経時的に測定した。この結果をゴンペルツの成長理論式により解析すると、ブロイラーの大型化は早熟化を伴ったものであることが推測され、また、飼料蛋白質含量の低下は、成長前期における体蛋白質の蓄積増加と成長後期における体重と体脂肪の軽減をもたらすことが示された。ついで、成長前期における蛋白質、脂質およびエネルギーの栄養について自由摂取、制限給与および過剰給与条件下、詳細な検討を加えた。その結果、蛋白質およびエネルギーの維持要求量、蓄積の効率が飼料の組成、摂取量および週齢によっていずれも若干異なることが示された。

これらの成果は、鶏の初期栄養による肉生産の制御と、飼料蛋白質による体脂質制御の可能性を実証したものであり、家畜栄養学に対する貢献は大である。よって、審査員一同著者は農学博士の学位に値するものと判断した。