

誘導換羽後の低タンパク飼料給与が褐色採卵鶏の産卵成績に及ぼす影響

脇 雅之・村野多可子

Effect of Feeding Low Protein Diet After Induced Molting on Laying Performance

Masayuki WAKI and Takako MURANO

要 約

誘導換羽用の市販飼料を 505 日齢のシェーバーブラウンとボリスブラウンに給与することにより換羽を誘導したのち、770 日齢まで粗タンパク含量 15.3% の低タンパク飼料を給与し、産卵成績、卵質などを調査した。対照として粗タンパク含量 17% の一般的な成鶏飼料を給与する群を両銘柄に設けた。

両銘柄とも低タンパク飼料の給与により体重の増加は抑制された。

シェーバーブラウンでは低タンパク飼料給与群の産卵率が高い値で推移し、卵重は低い値を示す傾向にあった。

ボリスブラウンでは低タンパク飼料給与群の産卵率は低い値で推移したが、卵重は対照群と同じ水準であった。

鶏卵の販売額は、シェーバーブラウンでは低タンパク飼料給与群が対照群よりも高く、ボリスブラウンでは低タンパク飼料給与群が対照群よりも低かった。

緒 言

誘導換羽（強制換羽）は 400 ~ 500 日齢の鶏を対象に短期間絶食処理を行い、産卵を強制的に中止させ、卵胞ホルモンの分泌を止め、換羽を誘導させる方法である¹⁾。誘導換羽により、各組織の古い細胞が新しい細胞と入れ替わり、産卵機能が改善される。この方法により産卵後期における産卵率・卵質の改善などが図られるため、多くの農場で絶食による誘導換羽が実施されている。反面、換羽処理時の死亡鶏の増加、換羽による産卵開始後の卵重の上昇、絶食のストレスによるサルモネラ感染の増強^{2, 3)}、家畜・家禽に対するアニマルウェルフェアの観点からの問題点⁴⁾も多い。これらの問題点を解決するため、1970 年頃から低タンパク・低エネルギー飼料を給与することにより換羽を誘導する方法が研究されてきたが、経済的に採算が取れないなど、野外での実用化には結びつかなかった。しかし、ここ数年、国内においても低タンパク・低エネルギー飼料を給与することにより換羽を誘導する研究^{3, 5 ~ 8)}が進み、現在数社から誘導換羽用飼

料が市販化されている。そこで我々も、市販の誘導換羽用飼料を用い調査を実施したところ、白玉卵産出鶏では良好な結果を得られたが、赤玉卵産出鶏ではハウユニット値が劣る等の問題点がみられた^{9, 10)}。また、2 銘柄の赤玉卵産出鶏を用い誘導換羽用飼料の給与量を減じて調査したところ、卵質は向上したが銘柄によっては卵重が増加し、規格外卵が増える傾向がみられた¹¹⁾。強制換羽後の白色レグホーン種¹²⁾や産卵後期のピンク卵系の採卵鶏¹³⁾を用いて、低タンパク飼料を給与することによって卵重の増加を抑制できるとの報告はあるが、赤玉卵産出鶏に関する報告は少ない。そこで、今回は 2 銘柄の赤玉卵産出鶏を用い、誘導換羽後に低タンパク飼料を給与し、産卵成績に与える影響を調査した。

材料及び方法

1. 供試鶏

505 日齢の赤玉卵産出鶏のボリスブラウン及びシェーバーブラウンを各々 104 羽用い、770 日齢まで調査した。これらの鶏は誘導換羽後に給与する飼料の違いにより 52 羽ずつ 2 群 (13 羽×4 反復) に区分けし、単飼飼養とした。

2. 供試飼料

平成 23 年 8 月 31 日受付

誘導換羽用飼料はK社の誘導換羽用前期飼料（前期飼料）及び誘導換羽用後期飼料（後期飼料）を用いた。前期飼料に含まれる原材料は、そうこう類（ふすま、コーングルテンフィード、米ぬか）52%、穀類（トウモロコシ、マイロ）32%、その他16%、成分量は粗タンパク質（CP）10.5%以上、代謝エネルギー（ME）1,950kcal/kg以上である。後期飼料はそうこう類（ふすま、コーングルテンフィード、米ぬか）55%、穀類（トウモロコシ、マイロ）34%、その他11%、成分量は粗タンパク質（CP）12.0%以上、代謝エネルギー（ME）2,000kcal/kg以上である。形状は前後期ともにマッシュ状であった。

換羽処理後は1群（低CP区）には日本飼養標準¹⁴⁾のアミノ酸要求量を満たすようにアミノ酸を添加した低タンパク飼料（CP15.3%、ME2,850kcal/kg）を給与し、残りの1群（対照区）には採卵鶏用一般配合飼料（CP17%以上、ME2,850kcal/kg以上）を給与した。誘導換羽処理前は採卵鶏用一般配合飼料（CP17%以上、ME2,850kcal/kg以上）を不断給与した。

3. 換羽処理方法

換羽処理開始後14日間は、前期飼料を50g/羽/日給与した。その後7日間は後期飼料を100g/羽/日給与した。また、換羽処理期間の点灯は実施せずに、526日齢から自然日長時間と併せて明期が16時間となるように点灯を開始した。両群ともに自由飲水とした。

4. 調査項目

- (1) 体重：換羽処理開始前（504日齢）、開始後8日（512日齢）、15日（519日齢）、18日（522日齢）、21日（525日齢）以後、533、540、547、575、677、761日齢の計11回、個体毎にすべての鶏を対象に測定した。
- (2) 産卵成績：換羽処理終了日の翌日（526日齢）から28日間を1期間として、1期から9期の終了（770日齢）まで調査した。産卵の有無を個体ごとにチェックし、個数と卵重は反復ごとに毎日測定して、期ごとに産卵率、平均卵重、産卵日量を、また飼料摂取量は期の最終日に残飼量を反復ごとに測定し、期ごとに1羽あたりの飼料摂取量、飼料要求率を算出した。
- (3) 卵質：卵質は各期の最終週の1日に産出されたすべ

ての卵について産卵翌日に検査した。検査項目は卵重、卵殻強度、卵殻厚、濃厚卵白高、ハウユニット（HU）、卵黄色、卵殻色とした。

- (4) 販売額：2010年5月26日の鶏卵相場（JA全農・東京基準値）の安値を参考に、規格別総生産卵重の規格に当てはめて1羽あたりの販売額を試算した。
5. 統計処理：一元配置分散分析法で有意差検定を実施した¹⁵⁾。

結 果

1. 体重の推移

各群の体重の推移を表1に示した。

シェーバーブラウンでは、誘導換羽用・前期飼料の給与が終了した処理開始15日後に処理前の体重の平均18.1%、誘導換羽用・後期飼料の給与が終了した21日後には処理前の体重の平均16.1%の減少を示した。

ボリスブラウンでは、処理開始15日後に処理前の体重の平均17.7%、21日後には処理前の体重の平均15.8%の減少を示した。

両銘柄ともに処理開始後71日（低CP飼料及び一般配合飼料給与後日50日）以降は低CP区が対照区よりも有意に低い値で推移した（ $p<0.05$ ）。両銘柄ともに誘導換羽処理中の死亡鶏はなかった。

2. 誘導換羽用飼料の摂取量

前期飼料の摂取量はシェーバーブラウンで41.0g/羽/日、ボリスブラウンで40.0g/羽/日、後期飼料の摂取量は各々75.0g/羽/日、70.0g/羽/日であった。

3. 産卵成績

- (1) 産卵停止と再産卵：両銘柄ともに21日までに全ての個体が産卵停止した。産卵停止までの平均日数はシェーバーブラウンでは低CP区が11.1日、対照区が9.7日、ボリスブラウンでは両試験区ともに10.1日であった。50%産卵再帰日数はシェーバーブラウンでは両試験区ともに11.3日、ボリスブラウンでは低CP区が10.8日、対照区は11.0日で両銘柄とも差はみられなかった。

50%産卵時卵重はシェーバーブラウンでは低CP区が65.1g、対照区は63.5gで有意な差はみられな

表1 体重の推移 (g)

銘柄	区	処理後経過日数 (日齢)					
		-1(504)	8(512)	15(519) ¹⁾	18(522)	21(525) ²⁾	
シェーバーブラウン	低CP	2128 ± 19.3	1784 ± 16.8	1734 ± 27.8	1777 ± 28.5	1786 ± 23.0	
	対照	2142 ± 44.7	1807 ± 36.1	1758 ± 33.2	1786 ± 26.0	1790 ± 22.7	
ボリスブラウン	低CP	2151 ± 20.7	1850 ± 31.8	1767 ± 21.2	1789 ± 36.2	1800 ± 28.4	
	対照	2150 ± 4.9	1828 ± 11.4	1771 ± 25.0	1804 ± 36.0	1815 ± 36.1	
		29(533)	36(540)	43(547)	71(575)	173(677)	257(761)
		2039 ± 29.9	2097 ± 24.7	2056 ± 22.0	2110 ± 35.9 ^a	2200 ± 40.4 ^a	2190 ± 61.1 ^a
		2025 ± 24.3	2087 ± 37.9	2096 ± 36.0	2177 ± 44.7 ^b	2329 ± 51.0 ^b	2328 ± 61.0 ^b
		2030 ± 42.2	2064 ± 53.8	2056 ± 64.3	2056 ± 52.2 ^a	2101 ± 111.6 ^a	2129 ± 98.1 ^a
		2043 ± 23.7	2066 ± 15.6	2064 ± 22.5	2126 ± 20.9 ^b	2251 ± 32.2 ^b	2253 ± 54.3 ^b

* 平均値±標準偏差 ** 異符号間に有意差あり ($p<0.05$)

1) 前期誘導換羽飼料給与終了

2) 後期誘導換羽飼料給与終了

脇ら：誘導換羽後の低タンパク飼料給与が褐色採卵鶏の産卵成績に及ぼす影響

表2 50%産卵再帰時成績

銘柄	区	50%産卵再帰日数 ¹⁾	日齢	卵重 (g)	体重 (g)
シェーバーブラウン	低 CP	11.3 ± 0.50	536.3 ± 0.50	65.1 ± 2.47	2038 ± 177.9
	対照	11.3 ± 0.50	536.3 ± 0.50	63.5 ± 1.09	2074 ± 24.2
ボリスブラウン	低 CP	10.8 ± 2.63	535.8 ± 2.63	71.2 ± 2.51 ^a	2051 ± 68.4
	対照	11.0 ± 0.82	536.0 ± 0.82	67.1 ± 2.20 ^b	2066 ± 29.3

* 標準値±標準偏差 ** 異符号間に有意差あり (p<0.05) 1) 一般配合飼料及び低 CP 飼料給与開始後日数

表3 全期間の生存率と平均産卵成績

銘柄	区	生存率	産卵率	卵重	産卵日量	飼料摂取量	飼料要求率	粗タンパク摂取量
		(%)	(%)	(g/個)	(g/羽)	(g/羽/日)		(g/羽/日)
シェーバーブラウン	低 CP	98.1 ± 3.8	84.4 ± 0.7	65.1 ± 1.1	54.9 ± 1.3	121.3 ± 1.2	2.21 ± 0.03	18.6 ± 0.18 ^a
	対照	96.2 ± 4.4	80.0 ± 3.4	66.4 ± 0.8	53.1 ± 2.4	121.5 ± 2.1	2.29 ± 0.10	20.7 ± 0.35 ^b
ボリスブラウン	低 CP	92.3 ± 6.3	65.6 ± 6.2	70.2 ± 1.2	46.0 ± 4.5	114.2 ± 2.6	2.49 ± 0.21	17.5 ± 0.40 ^a
	対照	96.2 ± 4.4	70.6 ± 4.6	70.3 ± 0.8	49.6 ± 2.8	114.8 ± 0.9	2.32 ± 0.14	19.5 ± 0.15 ^b

* 標準値±標準偏差 ** 異符号間に有意差あり (p<0.05)

かった。ボリスブラウンでは低 CP 区が 71.2g で対照区の 67.1g よりも有意に重い値を示した (p<0.05) が、50%産卵時体重は両銘柄とも試験間に差はみられなかった (表2)。

(2) 産卵率 (H.D)・平均卵重・産卵日量・飼料摂取量・飼料要求率・粗タンパク摂取量：調査全期間の産卵成績の平均値及び粗タンパク摂取量を表3に示した。

産卵率の推移はシェーバーブラウンでは5期において低 CP 区が対照区よりも有意に高い値を示した (p<0.05) が、他の期では試験区間に差はみられなかった。ボリスブラウンでは9期において低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05) が、他の期では有意な差はみられなかった。全期間の平均産卵率はシェーバーブラウンの低 CP 区が 84.4%、対照区が 80.0%、ボリスブラウンの低 CP 区が 65.6%、対照区が 70.6%であった。

平均卵重はシェーバーブラウンでは3期において低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示し (p<0.05)、他の期でも低い値で推移したが、有意差はみられなかった。全期間の平均卵重は低 CP 区が 65.1g、対照区が 66.4g であった。ボリスブラウンでは全期間をとって試験区間に差はみられなかった。全期間の平均卵重は低 CP 区が 70.2g、対照区が 70.3g であった。

産卵日量はシェーバーブラウンでは試験区間に有意な差はみられず推移し、全期間の平均産卵日量は、

低 CP 区が 54.9g、対照区が 53.1g であった。ボリスブラウンでは3期と9期において、それぞれ低 CP 区が 49.7g、37.0g、対照区が 55.2g、44.7g で対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05)。全期間の平均産卵日量は、低 CP 区が 46.0g、対照区が 49.6g であった。

飼料摂取量は両銘柄ともに試験区間に有意な差はみられず推移した。全期間の平均飼料摂取量はシェーバーブラウンの低 CP 区が 121.3g、対照区が 121.5g、ボリスブラウンの低 CP 区が 114.2g、対照区が 114.8g であった。

飼料要求率はシェーバーブラウンでは有意な差がみられず推移し、全期間の飼料要求率は低 CP 区が 2.21、対照区が 2.29 であった。ボリスブラウンでは9期において低 CP 区が 2.56 で対照区の 2.20 よりも有意に高い値を示した (p<0.05)。全期間の飼料要求率は低 CP 区が 2.49、対照区が 2.32 で有意な差はみられなかった。

粗タンパク摂取量は両銘柄ともに低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05)。

(3) 異常卵の発生率：二黄卵、奇形卵、全壊卵、軟卵の全期間の平均発生率を表4に示した。シェーバーブラウンでは各項目で試験区間に有意な差はみられなかった。ボリスブラウンでは奇形卵の発生率が低 CP 区の 1.37% に比べ対照区は 3.51% で有意に低い値を示した (p<0.05)。他の項目については両銘柄ともに

表4 全期間の平均異常卵発生率 (%)

銘柄	区	二黄卵	奇形卵	破卵	全壊卵	軟卵
シェーバーブラウン	低 CP	0.05 ± 0.06	1.49 ± 0.82	1.72 ± 1.71	0.42 ± 0.28	0.07 ± 0.02
	対照	0.05 ± 0.03	1.95 ± 0.45	0.96 ± 0.25	0.95 ± 0.40	0.07 ± 0.04
ボリスブラウン	低 CP	0.10 ± 0.12	1.37 ± 0.65 ^a	1.11 ± 0.57	0.95 ± 0.44	0.23 ± 0.22
	対照	0.04 ± 0.05	3.51 ± 1.43 ^b	1.98 ± 0.66	1.03 ± 0.30	0.32 ± 0.27

* 平均値±標準偏差 ** 異符号間に有意差あり (p<0.05)

表5 全期間の規格別生産割合 (重量割合%)

銘柄	区	規格 (%)					
		LL 以上	LL	L	M	MS	S
シェーバーブラウン	低 CP	6.3 ± 3.6	17.3 ± 6.6	38.5 ± 9.3	32.1 ± 7.0	5.3 ± 4.2	0.5 ± 0.6
	対照	8.2 ± 5.2	19.4 ± 5.8	42.9 ± 5.7	26.1 ± 3.2	3.2 ± 1.3	0.1 ± 0.2
ボリスブラウン	低 CP	19.7 ± 7.7	32.4 ± 9.4	35.8 ± 1.8	11.9 ± 8.2	0.2 ± 0.5	0 ± 0
	対照	19.8 ± 5.2	33.1 ± 6.6	35.1 ± 7.0	11.1 ± 4.5	0.8 ± 1.6	0 ± 0

* 平均値±標準偏差

表6 全期間の平均卵質成績

銘柄	区	卵重	卵殻強度	卵殻厚	ハウユニット	卵黄色	卵殻色
		(g/個)	(kg/cm ²)	(mm)			
シェーバーブラウン	低 CP	65.8 ± 1.2	3.73 ± 0.07	0.36 ± 0.005	79.4 ± 2.2	10.3 ± 0.2 ^a	7.56 ± 0.12
	対照	67.1 ± 1.3	3.88 ± 0.16	0.37 ± 0.010	78.0 ± 1.8	10.7 ± 0.1 ^b	7.43 ± 0.28
ボリスブラウン	低 CP	70.5 ± 1.5	3.68 ± 0.23	0.35 ± 0.006	82.5 ± 2.1	10.4 ± 0.1 ^a	7.48 ± 0.11
	対照	70.8 ± 0.4	3.85 ± 0.27	0.36 ± 0.009	82.1 ± 1.4	10.9 ± 0.1 ^b	7.51 ± 0.17

* 平均値±標準偏差 ** 異符号間に有意差あり (p<0.05)

試験区間に有意差はみられなかった。両銘柄ともに過小卵の発生は無かった。

- (4) 規格別生産割合：全期間の平均はシェーバーブラウンでは、低 CP 区が対照区に比べ LL 以上、LL、L 卵の比率が低く、M、MS 卵の比率が高い値を示したが有意な差はみられなかった。ボリスブラウンでは試験区間に差はみられなかった (表 5)。

4. 卵質

調査全期間の卵質検査成績の平均値を表 6 に示した。

- (1) 卵重：シェーバーブラウンでは 1 期において低 CP 区が対照区に比べ有意に低い値を示した (p<0.05) が、その他の期は両銘柄ともに試験区間に有意差はみられなかった。全期間の平均卵重は、シェーバーブラウンでは低 CP 区が 65.8g、対照区 67.1g であったが、有意差はみられなかった。ボリスブラウンでは、低 CP 区が 70.5g、対照区が 70.8g で差はみられなかった。
- (2) 卵殻強度：両銘柄ともに各期の卵殻強度は試験区間に有意な差はみられなかった。全期間の平均卵殻強度はシェーバーブラウンの低 CP 区で 3.73 kg/cm²、対照区で 3.88 kg/cm²、ボリスブラウンは低 CP 区で 3.68 kg/cm²、対照区で 3.85 kg/cm² であり、試験区間に有意差はみられなかった。
- (3) 卵殻厚：シェーバーブラウンでは 4 期で低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05) が、その他の期は両銘柄ともに試験区間に有意差はみられなかった。全期間の平均卵殻厚はシェーバーブラウンの低 CP 区で 0.36mm、対照区で 0.37mm、ボリスブラウンは低 CP 区で 0.35mm、対照区で 0.36mm であり、両銘柄ともに試験区間に有意な差はみられなかった。
- (4) HU：シェーバーブラウンでは 8 期において、低 CP 区が対照区よりも有意に高い値を示した (p<0.05) が、その他の期は両銘柄ともに試験区間に有意差はみられなかった。全期間の平均 HU はシェーバーブラウンの低 CP 区で 79.4、対照区で 78.0、ボリスブラウンは低 CP 区で 82.5、対照区で 82.1 であり、両銘柄ともに試験区間に有意な差はみられなかった。
- (5) 卵黄色：両銘柄とも低 CP 区が対照区よりも低い値で推移し、シェーバーブラウンでは 4 期、7 期、8 期で試験区間に有意な差がみられ (p<0.05)、ボリスブラウンでは 1 期を除く各期で試験区間に有意な差がみられた (p<0.05)。全期間の平均卵黄色はシェーバーブラウンの低 CP 区で 10.3、対照区で 10.7、ボ

リスブラウンは低 CP 区で 10.4、対照区で 10.9 であり、両銘柄ともに低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05)。

- (6) 卵殻色：ボリスブラウンでは 1 期において低 CP 区が対照区よりも有意に低い値を示した (p<0.05) が、その他の期では両銘柄ともに試験区間に差はみられなかった。全期間の平均卵殻色はシェーバーブラウンの低 CP 区 7.56、対照区 7.43、ボリスブラウンの低 CP 区 7.48、対照区 7.51 であり、試験区間に有意差はみられなかった。

5. 販売額

2010 年 5 月 26 日の鶏卵相場の安値を参考に、表 5 に示した規格別生産割合のそれぞれの規格に当てはめ 1 羽あたりの販売額を試算した結果、シェーバーブラウンでは低 CP 区が 2,159 円、対照区が 2,039 円、ボリスブラウンでは、低 CP 区が 1,579 円、対照区が 1,704 円であった。

考 察

赤玉卵産出鶏のシェーバーブラウン及びボリスブラウンを用い、誘導換羽処理の終了後から 770 日齢まで粗タンパク含量を 15.3% とした低 CP 飼料を給与したところ両銘柄ともに体重の増加が抑制された。

一方、産卵率は低 CP 飼料の給与によりシェーバーブラウンは良好な値で推移したが、ボリスブラウンでは対照区よりも低い値で推移した。両銘柄で反応が異なった原因として摂取タンパク量の違いが考えられた。

NRC 飼養標準¹⁶⁾ には、白玉卵産出鶏と赤玉卵産出鶏に分けて、飼料中の粗タンパク必要量が示されており、赤玉卵産出鶏の飼料摂取量が 110g/日/羽の場合には飼料中の必要粗タンパク含量は 16.5% であるとしている。飼料摂取量と粗タンパク含量から算出される、1 日 1 羽あたりに必要な粗タンパク量は 18.2g である。

今回、低 CP 区の摂取した粗タンパク量はシェーバーブラウンでは 18.6g/日/羽であり NRC 飼養標準¹⁶⁾ から算出した 18.2g/日/羽を充足していたが、ボリスブラウンではシェーバーブラウンよりも飼料摂取量が少なかったため粗タンパク摂取量は 17.5g/日/羽と低い値であり、このことが産卵率の低下につながった可能性が考えられた。

福岡ら¹²⁾ は 66 週齢の白色レグホーンに粗タンパク含

量 14.3%の低タンパク飼料を給与することにより、卵重の増加が抑制されたと報告しているが、今回の試験結果から赤玉卵産出鶏については粗タンパク含量を 15.3%以下に設定した場合は産卵成績に悪影響を与える可能性が懸念された。

平均卵質成績のうち卵黄色について両銘柄ともに、低 CP 区の方が対照区よりも有意に低い値 ($p < 0.05$) であったが、これは低タンパク含量による影響ではなく、飼料中のキサントフィル含量の違いによるものと考えられた。

これらのことから、同じ赤玉卵産出鶏であっても銘柄により飼料中の粗タンパク含量に対する反応が異なり、シェーパードラウンでは、換羽誘導用後の卵重増加抑制のために低タンパク飼料の給与が有効であるが、ボリスブラウンでは低タンパク飼料の給与による卵重増加抑制は困難であると考えられた。

国内においても家畜・家禽の快適性の向上は大きな課題となり始めており、「アニマルウェルフェアの考え方に対応した採卵鶏の飼養管理指針」には 24 時間以上の絶食は推奨しないと記載されており、今後も鶏の銘柄に応じた強換誘導飼料の効果的利用法や換羽処理後の飼料の栄養水準についてさらなる検討が必要であると思われる。

引用文献

- 1) 山内高円 (2004)、鶏の研究 79 (3) : 23-28
- 2) 青木ふき乃・村野多可子・岩淵功・小俣友紀子・石原克己・椎名幸一 (2003)、鶏病研究会報 39 : 31-37
- 3) 牧野幸弘・古郡哲也・魚住紀雄・望月伸二 (2005)、鶏の研究 80 (10) : 45-49
- 4) 大谷滋 (2007)、鶏の研究 82 (1) : 60-63
- 5) 坂本恭一 (2004)、鶏の研究 79 (3) : 37-43
- 6) 砂田泰弘 (2004)、鶏の研究 79 (3) : 45-47
- 7) 牧野幸弘・古郡哲也・魚住紀雄・望月伸二 (2005)、鶏の研究 80 (11) : 45-49
- 8) 藤中邦則 (2006)、鶏の研究、81 (1) : 70-74
- 9) 村野多可子 (2008)、千葉畜セ研報 8 : 55-60
- 10) 村野多可子 (2009)、千葉畜セ研報 9 : 19-23
- 11) 脇雅之・村野多可子 (2010)、千葉畜セ研報 10 : 19-23
- 12) 福間義教・石橋晃 (1997)、家禽会誌 34 : 255-262
- 13) 奥田美杉・松下浩一・浅川一満・宇田和男 (2008)、山梨畜試研報 51 : 17-22
- 14) 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編 (2007)、日本飼養標準・家禽 (2004 年版、第二版)、中央畜産会
- 15) 吉田実・阿部猛夫 (1984)、畜産における統計的方法 (第二版)、中央畜産会 : 38-61
- 16) National Research Council (1994)、Nutrient Requirements of Poultry、National Academy Press : 23