

報 文

鶏肉の食味および成分に及ぼすバイオマス利用飼料
(リサイクル飼料) の影響柴田 圭子^{*1} 奥嶋佐知子^{*2} 西村 敏英^{*3}Effect of Biomass Feed (Recycled Feed) on the Sensory Evaluation
and Chemical Components of Chicken MeatSHIBATA Keiko^{*1}, OKUSHIMA Sachiko^{*2}, NISHIMURA Toshihide^{*3}

Abstract: The use of leftovers from convenience stores and restaurants as animal feed (biomass feed) is a very important study assignment in food industry, from the perspective of utilization of resource and feed self-sufficiency issues. These biomass feed tends to increase gradually in recent years. However, information about the effect of biomass feed on the palatability of chicken meat is insufficient.

To examine the effect of replacing a portion of the conventional feed with biomass feed on the quality of chicken meat, we conducted sensory evaluations and analyses of chemical components. The proportions of replacement with biomass feed in mixed feed used for rearing a flock of chickens were 0% (0%-group), 20% (20%-group), and 25% (25%-group). There is no difference in sensory evaluations for the chicken meat and chemical components between all groups. On the other hand, the replacement made the ratio of oleic acid in fatty acid composition of 20%- and 25%-groups higher than that of 0%-group. While fatty acid composition was significantly altered by the use of biomass feed, replacement with up to 25% biomass feed did not affect the palatability of chicken meat.

緒 言

近年、環境保全の一環である循環型社会の構築、わが国の食料自給率向上および飼料自給率向上の推進¹⁾および飼料コスト低減のため、食品流通業界や畜産関連分野において家畜用飼料として食品残さなどの食品未利用資源の活用²⁻⁴⁾が注目されている。日本の食料自給率は40% (2009年度)、更に飼料穀類のほとんどを輸入に依存するため、飼料自給率も26% (2008年度概算) と低い状態にある⁵⁾。農林水産省では飼料自給率の向上を推進し、食品リサイクル法 (食品循環資源の再利用等の促進に関する法律, 平成12年法律第116号) においても食品の売れ残りや食べ残し又は食品製造過程で発生する食品廃棄物を飼料に利用することを促進している⁶⁾。食品廃

棄物の飼料への利用は「残飯養豚」のイメージがあり⁷⁾、消費者に誤解や偏見を招くことから、エコフィード (ecofeed) - 食品廃棄物を一定原料とする「エコロジーでエコノミカルな飼料」を意味する造語 - が提案され (社団法人配合飼料供給安定機構の登録商標)、近年、次第に認知されるようになってきた⁸⁾。飼料原料となる食品廃棄物はその組成から腐敗や変質が起こりやすいため、安全性確保のためのガイドライン制定や「エコフィード」認定制度の整備もされてきた⁹⁾。生産される畜肉の品質について、食品残さの飼料利用が先行している養豚分野では、当初に脂肪過多や軟脂など豚肉の品質低下が問題視されたが、飼料の栄養バランスを適切に設計することで改良が進み、品質は向上している⁷⁾。また、食品廃棄物を原料としたリサイクル飼料は、その材料や処理方法

*1 調理科学研究室, 女子栄養大学: Laboratory of Cookery Science, Kagawa Nutrition University

*2 調理学第一研究室, 女子栄養大学: Laboratory of Cookery I, Kagawa Nutrition University

*3 日本獣医生命科学大学 (食品機能科学研究室): Laboratory of Food Function and Chemistry, Nippon Veterinary and Life Science University

が複数ある。中でも流通業廃棄物（スーパーマーケットやコンビニエンスストアからの日切れ品・余剰品・惣菜など製造過程で発生するもの）は排出量や組成が比較的安定しており、これを乾燥処理したものは扱いやすい¹⁰⁾。利用拡大には、家畜の発育や餌への馴到を考慮し、質的・量的な給与方法（栄養バランスと置換量）の検討、および生産された畜産物の食味などの嗜好性評価に関する研究が必要であるが、後者に関しては簡易な報告があるだけで、詳細な研究はほとんどでなされていない。養鶏分野におけるリサイクル飼料関連研究は、千葉県畜産総合研究センターが肉用鶏において配合飼料と同程度の水分含量の乾燥エコフィード飼料（コンビニエンスストア由来の食品廃棄物を加熱乾燥したリサイクル飼料）給与を行い、輸入穀類に代替する飼料原料としての可能性を検討している¹¹⁾。その結果、発育成績やプロダクションスコア（ブロイラーの生産性を測る指標：肥育日数などを用いた算出式による）は雌雄とも置換率0％に比べ置換率20％が良く、更に雌は25％の置換でも発育が置換率0％と有意差がないことから、雌は雄よりも高脂質な飼料（弁当や惣菜などを原料にした飼料）への順応性が高いと推察された。しかし、現在のところ25％以上の置換は有効ではないとしている。配合飼料に比べ安価なリサイクル飼料の置換は経済面の利点があるが、置換率25％段階での鶏肉の食味は検討されていない¹¹⁾ことから、本報では主にリサイクル飼料置換率が0・20・25％の場合の鶏肉について、成分分析及び官能評価より若干の知見を得たので報告する。

方 法

1. 供試鶏肉

供試鶏のブロイラー（チャンキー）は、千葉県畜産総合研究センター（千葉県八街市）で飼養試験に用いられたものが提供された。以下は、千葉県畜産総合研究センターでの飼養方法である。飼料はTable 1（千葉県畜産総合研究センター分析資料¹¹⁾）に示すリサイクル飼料置換率0％（対照）、20％、25％の3区分、飼育日数は雄49日間および雌56日間（鶏肉の品質評価に関する試験実施要領¹²⁾に準拠）とした。供試鶏は、雌雄それぞれ1飼料区につき12～13羽を1群として、3群ずつ飼育した。供試リサイクル飼料はコンビニエンスストアから保冷車で衛生的に収集された賞味期限切れ食品を高タンパク質・高脂質素材（以下、Hと表示：惣菜、調理パン、具入り麺など）、低タンパク質・低脂質素材（以下、Lと表示：ご飯類、低脂麺、菓子パンなど）を原料段階で分別後に加熱乾燥したものを用いた。試験には上記のHとLを混合し、置換率20％（H：15％、L：5％）および25％（H：20％、L：5％）、0％（配合飼料100％）とした。この置換率は先行研究¹¹⁾により給餌ラインの詰まり防止を考慮してリサイクル飼料の内訳のLを5％と固定し、Hの増減で置換率を考慮して配合飼料に混合している。

各飼料区より雌雄各々6羽をと鳥後、と体から取り出したムネ肉およびモモ肉は0～4℃で48時間（千葉からの冷蔵による輸送時間を含めて）貯蔵し、貯蔵後成分

Table 1 Proximate composition, minerals, and fatty acid composition of the experimental diets

Feeding period	Replacement rate of recycled feed (%)					
	Control (0)		20		25	
	Preceding ⁶⁾	Following ⁷⁾	Preceding	Following	Preceding	Following
Recycled feed H ¹⁾	—	—	15.0	—	20.0	—
Recycled feed L ²⁾	—	—	5.0	—	5.0	—
Water	13.5	13.7	12.9	12.8	12.8	12.5
Crude protein	23.0	16.4	21.5	18.1	21.9	18.3
Crude fat	5.7	6.7	5.7	6.1	6.6	6.9
Ca	1.30	1.01	1.40	0.96	1.35	1.32
P	0.71	0.63	0.72	0.68	0.70	0.75
Na	0.25	0.22	0.25	0.27	0.30	0.30
Fatty acid composition						
SFA ³⁾	20.9	20.3	24.8	21.6	25.6	25.3
MUFA ⁴⁾	29.2	25.5	34.4	31.6	38.7	35.2
PUFA ⁵⁾	49.9	54.2	40.8	46.8	35.7	39.5

* These data were analyzed by the chiba prefectural livestock research center¹¹⁾

1) Water 9.9%, Crude protein 20.6%, Crude fat 21.4%, NFE 39.9%, Crude fiber 4.4%, Ash 3.7%, ME 4,170kcal/kg Saturated fatty acid 26.8%, Unsaturated fatty acid 73.2% (Monounsaturated fatty acid 48.9%)

2) Water 10.3%, Crude protein 8.6%, Crude fat 3.8%, NFE 72.4%, Crude fiber 1.9%, Ash 3.0%, ME 3,640kcal/kg Saturated fatty acid 31.9%, Unsaturated fatty acid 67.9% (Monounsaturated fatty acid 45.1%)

3) SFA=Saturated fatty acid

4) MUFA=Monounsaturated fatty acid

5) PUFA=Polyunsaturated fatty acid

6) Feeding period=0～21 days

7) Feeding period=22～49 days (♂), 22～56 days (♀)

分析まで -85°C で凍結保存した。各鶏肉（ムネおよびモモ肉）は右側を成分分析に、左側を官能評価に用いた。試験は平成20年11月および平成21年5月の2回行なった。

2. 鶏肉の成分分析

試料は冷蔵庫（ $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ ）で12時間解凍後、1個体ずつムネ肉およびモモ肉（各々300～350g）の皮およびスジを完全に取り除き、細切後チョッパーで2度挽きし、よく混合したものを分析試料とした。各成分の定量は以下のような常法で行なった。

- 水分：試料を 135°C で2時間乾燥する常圧乾燥法で定量した。
- タンパク質：セミマイクロケルダール法により定量した。
- 粗脂肪：ソックスレー抽出法により定量した。
- 炭水化物：アンスロン・硫酸法¹³⁾により定量した。
- 灰分：試料を 550°C の電気炉で灰化する直接灰化法により定量した。
- 鉄：試料調製は乾式灰化法¹⁴⁾により行い、原子吸光度計により定量した。
- レチノール当量：試料をピロガロール存在下のアルカリ性でけん化した後、酢酸エチル-n-ヘキサン混液で不けん化物を抽出した。高速液体クロマトグラフィーでレチノールおよび β -カロテンを定量し、レチノール当量(μg)=レチノール(μg)+ $1/12\times\beta$ -カロテン(μg)で算出した。レチノール測定時に使用したカラムはTSK-Gel ODS-80TM（ $\phi 4.6\text{mm}\times 150\text{mm}$ ）、移動相は水：メタノール（8：92 v/v）を用い、流速 $1.0\text{ml}/\text{min}$ 、カラムオーブンは 35°C 、検出波長は 325nm で行なった。 β -カロテンの測定のカラムはInertsil ODS-3（ $\phi 4.6\text{mm}\times 150\text{mm}$ ）、移動相は $50\mu\text{g}/\text{ml}$ のパルミチン酸アスコルビル含有のクロロホルム：メタノール（4：96 v/v）を用い、流速 $1.5\text{ml}/\text{min}$ 、検出波長は 455nm で行なった。
- 脂肪酸組成：皮下脂肪や皮を除いた筋肉の脂肪酸組

成は、クロロホルム・メタノール混液で抽出後、抽出脂質に水酸化ナトリウム・メタノール溶液を加えてけん化し、次いで三フッ化ホウ素・メタノール試薬で脂肪酸をメチルエステル化し、ガスクロマトグラフィーで分析した¹⁵⁾。使用カラムはDB-23（ $\phi 0.25\text{mm}\times 30\text{m}$ ）、注入口及び検出器の温度は 250°C 、キャリアガスはヘリウム（流量： $2.16\text{ml}/\text{min}$ ）で行なった。

3. 鶏肉の官能評価

1) 試料調製（蒸し鶏）

ムネ肉およびモモ肉（各々300～350g）は、冷蔵庫（ $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ ）で24時間解凍後、蒸し加熱（庫内温 98°C ）に用いた。加熱はステンレス製の蒸し器（ 27cm 角 $\times$ 高さ $12\text{cm}\times 2$ 段型、上段は試料、下段は3Lの湯）を用い、試料は湯が沸騰後に投入した。まず試料中心に熱伝対温度計を挿入し、試料中心温度が 10°C から加熱を開始し、鶏肉の血液凝固温度の 83°C を加熱終点¹⁶⁾とした（実際の加熱時間は 30 ± 5 分）。消火後、2分間庫内放置し（最終温度は 85°C ）、加熱後の重量を測定し、加熱による調理歩留まり（加熱後の重量/加熱前の重量 $\times 100$ ）を求めた。その後、試料は室温で官能評価に用いた。

2) 官能評価方法

7段階評点法（－3～3）を用い、本学調理系および食品系の教職員20名で構成する熟練パネルにより行なった。試料は4個体を用い、1個体あたり5名ずつ割り付け（5名/個体 $\times 4=20$ 名）、更にラテン方格により試食順を考慮した。

評価項目はムネおよびモモ肉とも、におい・かたさ・多汁性・食べた時の風味・うま味・後味の強弱についての識別評価、テクスチャーおよび味の好ましさと総合的評価については嗜好評価とした。前者の識別項目のうち、におい・食べた時の風味・うま味・後味は、尺度数値が低いほど弱く、数値が高いほど強いことを示す。かたさは、－3＝非常に硬い、0＝普通、3＝非常に軟らかいと

Table 2 Effect of replacement rate of recycled feed on proximate composition, iron, and retinol activity of chicken meat

Muscle part	Sex	Replacement rate of recycled feed (%)	Water	Crude protein	Crude fat (g/100g)	Carbohydrate	Ash	Iron (mg/100g)	Retinol activity equivalent ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Breast	Male	Control (0)	74.7 ± 1.1	22.2 ± 0.2	1.7 ± 1.0	0.1 ± 0.0	1.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	5.4 ± 0.4
		20	74.3 ± 0.3	23.0 ± 0.7	1.4 ± 1.0	0.1 ± 0.1	1.4 ± 0.1	0.6 ± 0.1	4.2 ± 0.9
		25	74.6 ± 0.8	22.1 ± 0.8	2.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	1.0 ± 0.0	0.4 ± 0.1	4.3 ± 1.2
	Female	Control (0)	73.7 ± 1.4	24.2 ± 1.0	0.8 ± 0.4	0.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0	0.5 ± 0.0	6.3 ± 0.9
		20	73.4 ± 0.6	24.5 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.0 ± 0.0	1.4 ± 0.1	0.5 ± 0.0	4.4 ± 1.0
		25	72.4 ± 0.1	25.3 ± 0.4	0.9 ± 0.3	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.0	0.5 ± 0.0	5.2 ± 0.2
Thigh	Male	Control (0)	74.7 ± 0.0	19.4 ± 0.3	4.9 ± 0.1^a	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.1	0.8 ± 0.0	12.8 ± 3.5
		20	75.1 ± 0.5	19.6 ± 0.4	4.4 ± 0.2^b	0.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0	0.8 ± 0.0	13.9 ± 0.1
		25	74.1 ± 1.1	20.4 ± 0.4	4.4 ± 1.0^{ab}	0.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0	0.8 ± 0.1	14.0 ± 4.6
	Female	Control (0)	74.7 ± 1.3	21.6 ± 0.7	2.5 ± 0.6	0.0 ± 0.0	1.2 ± 0.0	0.9 ± 0.1	9.7 ± 4.1
		20	74.3 ± 0.6	21.9 ± 1.0	2.6 ± 0.4	0.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0	0.9 ± 0.2	8.1 ± 1.6
		25	74.5 ± 0.2	21.8 ± 0.6	2.6 ± 0.7	0.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0	0.8 ± 0.1	10.9 ± 1.2

Values are mean $\pm$ SEM

a, b: Values bearing different superscript letters are significantly different ($p<0.05$) in same columns, as determined by one-way ANOVA

Table 3 Effect of replacement rate of recycled feed on cooked yield of chicken meats

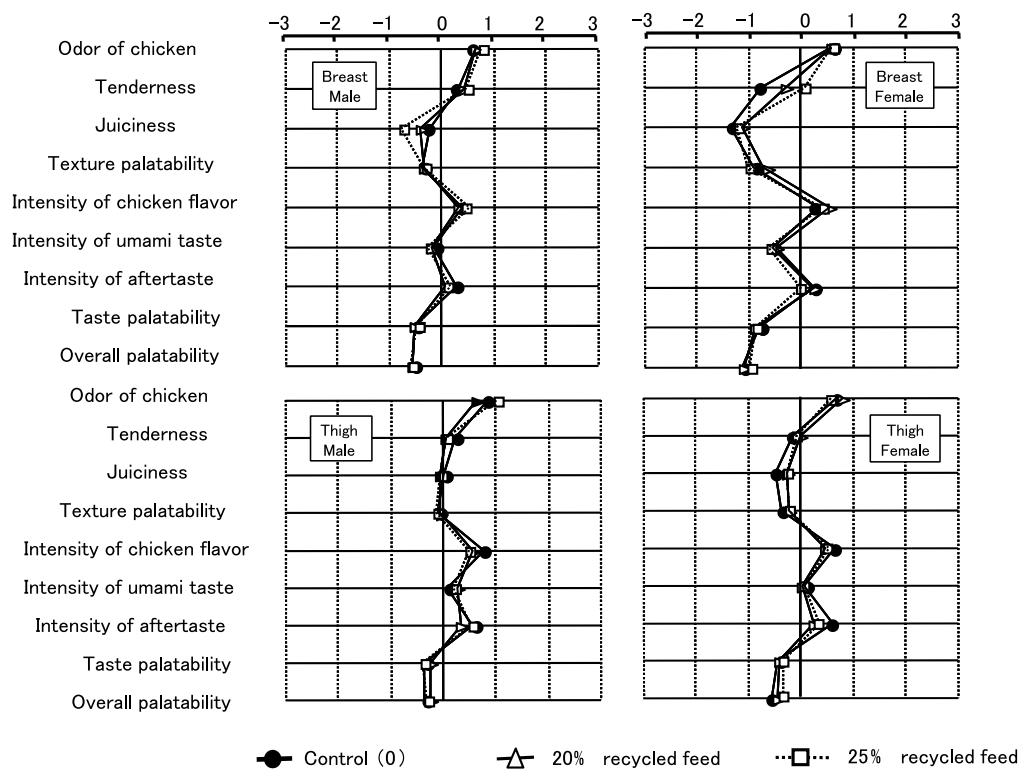
Muscle part	Sex	Replacement rate of recycled feed (%)	Cooked yield (%)	Significance level *	Cooked yield of group mean (%)	Significance level **
Breast	Male	Control (0)	74.5 ± 4.0	ns	74.6 ± 4.2	ns
		20	74.5 ± 4.3			
		25	77.6 ± 2.0			
	Female	Control (0)	74.1 ± 3.5	ns	74.4 ± 3.2	
		20	74.4 ± 2.9			
		25	75.8 ± 2.7			
Thigh	Male	Control (0)	71.7 ± 3.9	ns	71.6 ± 3.3	
		20	72.0 ± 2.7			
		25	71.8 ± 2.9			
	Female	Control (0)	70.9 ± 3.2	ns	70.7 ± 2.5	
		20	70.7 ± 1.8			
		25	71.6 ± 1.0			

Cooked yield (%) = cooked meat (g)/raw meat (g) × 100

Values are mean ± SD (n = 8 ± 1)

* ns : no significant differences between replacement levels, determined by one-way ANOVA

** ns : no significant differences among the groups, determined by Tukey's multiple comparison



Values are expressed as the means of 20 panelists.

Test scales : -3= extremely weak, 0=moderate, 3=extremely strong in “Odor of chicken, Juiciness, Intensity of chicken flavor, umami taste and aftertaste”; -3 = extremely tough, 0=moderate, 3=extremely tender in “Tenderness”; -3 = not preferred, 0=moderate, 3=strongly preferred in “Texture palatability, Taste palatability and Overall palatability”.

Figure 1 Effect of replacement rate of recycled feed on the sensory evaluation of chicken meat

して評価した。多汁性は同様に、-3 = 非常にばさつく、0 = 普通、3 = 非常にしっとりしていると評価した。嗜好評価の3項目は、-3 = 非常に好ましくない、0 = 普通、3 = 非常に好ましいとして評価した。

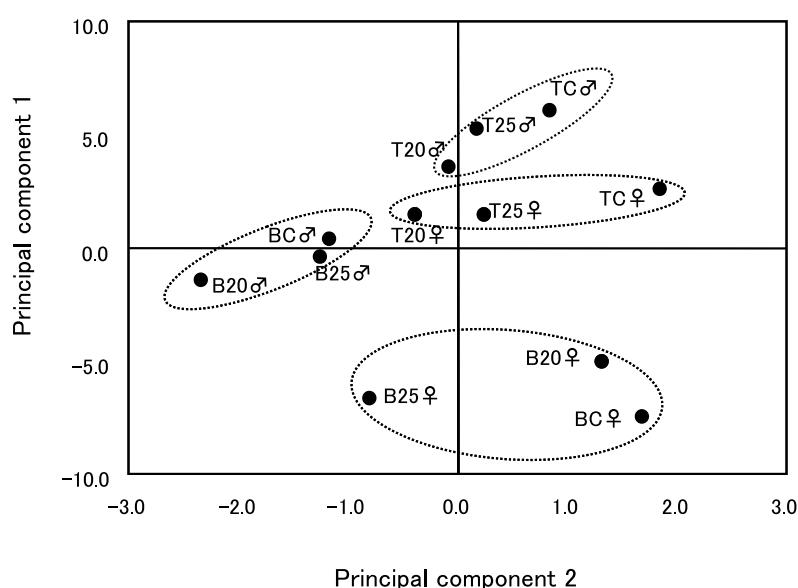
4. 統計処理

データはエクセル統計 Ver.6 および多変量解析ソフト Ver.5 (いずれもエスミ社) を用い、棄却検定 (Smirnov-Grubbs), 分散分析, Tukey の多重比較, 相関分析, 主成分分析を行なった。

Table 4 Eigenvalue and principal component loadings of the principal component analysis based on the sensory evaluation score

Principal component No.	Eigenvalue	Contribution ratio (%)	Cumulative contribution ratio (%)
1	4.38	62.63	62.63
2	1.28	18.28	80.92
3	0.60	8.62	89.54

	Principal component		
	1	2	3
Odor of chicken	0.7224	-0.0243	0.4034
Tenderness	0.4494	-0.7936	-0.3172
Juiciness	0.9383	-0.2004	0.0669
Intensity of chicken flavor	0.6517	0.4517	-0.5658
Intensity of umami taste	0.9446	0.0388	0.1159
Intensity of aftertaste	0.7635	0.5906	0.0441
Overall palatability	0.9382	-0.2343	0.0149



Legend : BC (breast, control), B20 (breast, 20% recycled feed), B25 (breast, 25% recycled feed), TC (thigh, control), T20 (thigh, 20% recycled feed), T25 (thigh, 25% recycled feed)

Figure 2 Biplot of the factor loading by principal component analysis based on the sensory evaluation of chicken meat

結 果

1. 鶏肉の主な成分組成

雌雄・部位いずれにおいても、水分・粗タンパク質・粗脂肪・炭水化物・灰分・鉄・レチノール当量については、ほとんどの項目においてリサイクル飼料置換率の影響はみられなかった (Table 2)。粗脂肪で雄のモモ肉に若干の有意差が出ているが (試料区分内の一元配置分散分析)、多元配置分散分析ではリサイクル飼料置換率による影響はみられず、飼料置換 25% 程度では上記成分への影響がほとんどないことが認められた。

2. リサイクル飼料置換率が鶏肉の食味に及ぼす影響

調理による歩留まり (Table 3) は置換率や部位および雌雄別の多重比較においても有意差が認められず、そ

の官能評価は Figure 1 に示すとおり、部位および雌雄別に比較すると全ての項目において有意差は認められなかった。総合評価に相関が有意に高かった項目は、ムネ肉、モモ肉ともに同じ項目で、相関係数も類似の傾向が認められた。両部位を総合して総合評価に相関が有意に高かった項目は、味の好ましさ ($r=0.973$, $p<0.01$)、多汁性 ($r=0.932$, $p<0.01$)、うま味の強さ ($r=0.855$, $p<0.01$)、テクスチャーの好ましさ ($r=0.827$, $p<0.01$) であった。かたさの評価は部位により若干相関係数が異なり、ムネ肉は $r=0.863$ ($p<0.01$) であるが、モモ肉では $r=0.661$ ($p<0.01$) であった。各試料肉の食味特性をみるために、官能評価項目を変量として相関行列を用いた主成分分析を行なった結果を Table 4 および Figure 2 に示した。Figure 2 は試料の主成分得点の第 1 主成分と第 2 主成分をプロットしたものであるが、Table 4 よ

Table 5 Effect of replacement rate of recycled feed on fatty acid composition of chicken meat (%)

Muscle part	Sex	Replacement rate of recycled feed (%)	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:4}	C _{22:6}	SFA	MUFA	PUFA
Breast	Male	Control (0)	0.4±0.0 ^a	20.5±1.3	2.4±0.5	9.0±0.4	30.6±0.2 ^a	26.5±1.4 ^x	1.9±0.1 ^a	4.3±0.2	1.1±0.3 ^a	29.9±1.0	33.0±0.8 ^a	33.7±2.0 ^a
		20	0.8±0.0 ^b	22.5±0.9	3.4±0.7	8.7±0.5	35.5±0.8 ^b	18.5±0.2 ^y	1.4±0.1 ^b	3.7±0.2	1.7±0.3 ^{ab}	32.0±0.4	38.8±0.1 ^b	25.3±0.4 ^b
		25	0.8±0.0 ^b	21.6±0.3	2.8±0.3	8.9±0.5	37.1±3.0 ^b	16.8±0.7 ^y	1.3±0.1 ^b	4.3±1.1	2.2±0.3 ^b	30.1±1.3	38.3±1.7 ^b	25.2±0.6 ^b
	Female	Control (0)	0.4±0.0 ^a	20.3±1.4	1.9±0.1 ^a	8.9±0.8	28.8±1.0 ^a	27.2±1.4 ^x	2.0±0.2 ^x	5.1±0.7	1.3±0.2 ^a	29.6±2.2	30.7±1.0 ^a	35.5±1.7 ^x
		20	0.7±0.0 ^b	21.3±1.4	2.6±0.2 ^b	9.0±1.0	35.3±2.4 ^b	17.6±0.3 ^y	1.2±0.0 ^y	4.9±0.7	2.3±0.4 ^b	31.0±2.4	38.0±2.5 ^b	26.1±1.0 ^y
		25	0.8±0.0 ^c	21.1±1.6	2.6±0.2 ^b	8.8±0.7	37.2±3.4 ^b	16.6±0.4 ^y	1.2±0.1 ^y	4.9±0.3	2.4±0.2 ^b	30.6±2.2	39.7±3.2 ^b	25.0±0.6 ^y
Thigh	Male	Control (0)	0.4±0.0 ^a	20.3±1.6	3.4±0.9	7.5±0.5	33.8±2.0	28.0±2.6 ^a	2.1±0.2	2.0±0.7	0.5±0.3	28.2±1.2	37.2±2.8	32.5±3.7
		20	0.8±0.0 ^b	20.6±0.6	4.4±0.8	6.8±0.9	39.8±1.0	20.2±0.2 ^b	1.8±0.0	2.1±0.2	0.8±0.2	28.2±1.5	44.2±1.8	24.9±0.2
		25	0.9±0.0 ^b	20.9±1.0	3.6±0.2	7.5±0.6	40.0±0.7	19.0±1.1 ^b	1.7±0.2	2.5±0.2	1.0±0.1	29.3±1.2	42.4±1.2	24.0±0.2
	Female	Control (0)	0.5±0.0 ^a	19.9±0.8 ^a	2.6±0.2 ^a	8.0±0.7	29.5±0.2 ^x	29.6±1.6 ^x	2.3±0.2 ^x	3.6±0.6	0.8±0.1	28.4±1.4	32.2±0.2 ^x	36.2±1.3 ^x
		20	0.8±0.0 ^b	22.1±0.3 ^b	3.7±0.2 ^b	8.1±0.3	37.7±0.4 ^y	18.9±0.3 ^y	1.5±0.1 ^y	2.9±0.5	1.1±0.2	31.0±0.2	41.4±0.6 ^y	24.4±0.3 ^y
		25	0.9±0.0 ^b	21.9±0.8 ^b	3.3±0.3 ^{ab}	8.5±0.3	38.3±2.4 ^y	17.9±0.6 ^y	1.5±0.1 ^y	3.1±0.2	1.2±0.1	31.3±1.1	41.6±2.2 ^y	23.7±0.9 ^y

Values are expressed as mean ± SEM

SFA = Saturated fatty acid, MUFA = Monounsaturated fatty acid, PUFA = Polyunsaturated fatty acid

a, b : Different superscript letters in same columns are significantly different ($p < 0.05$) for each group

x, y : Different superscript letters in same columns are significantly different ($p < 0.01$) for each group

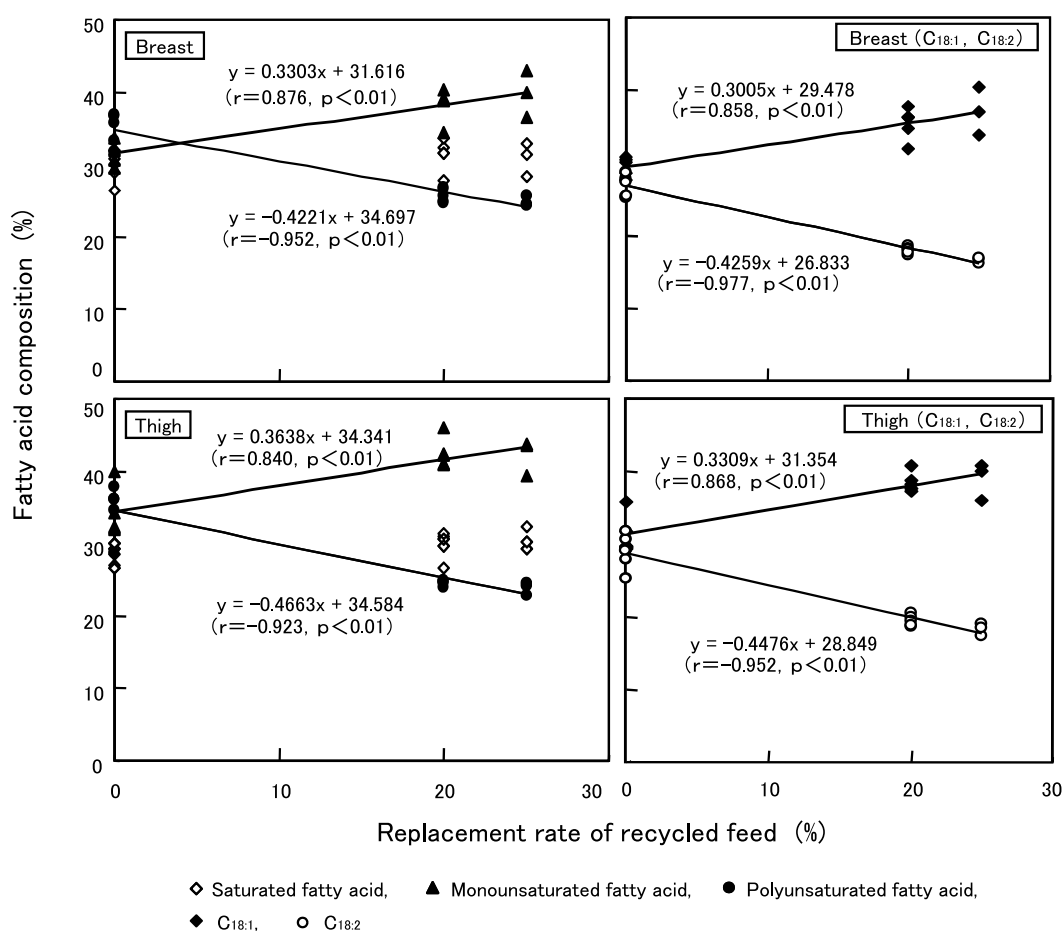


Figure 3 Relationship between replacement level of recycled feed and fatty acid composition of chicken meat

り寄与率は第1主成分が62.6%,第2主成分が18.3%,累積寄与率は80.9%であった。対照と各置換率プロットの位置には規則性が認められず、全体的にみるとリサイクル飼料置換率25%程度では、鶏肉の食味への特徴的な影響はみられなかった。

3. 鶏肉の脂肪酸組成に及ぼすリサイクル飼料置換率の影響

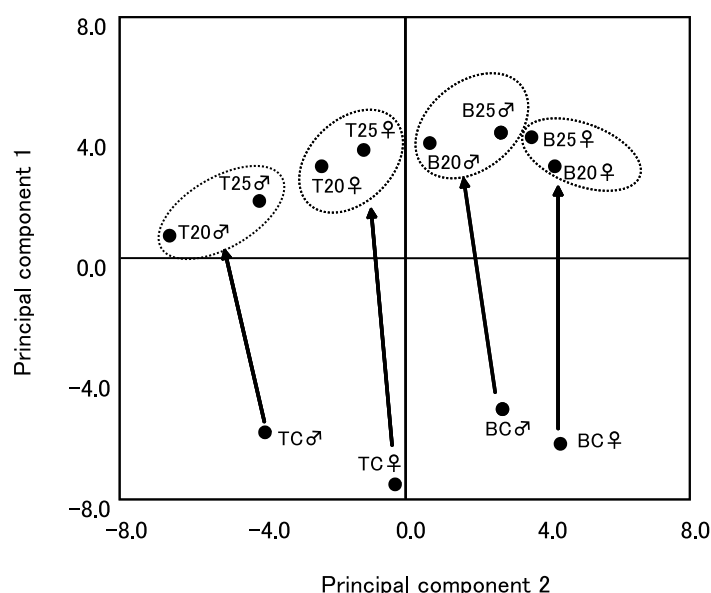
脂肪酸組成と官能評価項目にはほとんど相関が認めら

れないが、脂肪酸組成はリサイクル飼料置換率によって特徴的な変動が認められた。各部位・雌雄区分ごとに一元配置分散分析を行なったところ、ステアリン酸(C_{18:0})とアラキドン酸(C_{20:4})を除いた多くの脂肪酸で有意差が認められた(Table 5)。飽和脂肪酸(SFA)の総量にはほとんど影響はみられないが、リサイクル飼料置換率の増加に伴って一価不飽和脂肪酸(MUFA)の総量の増加および多価不飽和脂肪酸(PUFA)の総量の減少が認められた(Table 5, Figure 3)。相関分析を行なっ

Table 6 Eigenvalue and principal component loadings of the principal component analysis based on the fatty acid composition

Principal component No.	Eigenvalue	Contribution ratio (%)	Cumulative contribution ratio (%)
1	4.62	51.30	51.30
2	3.65	40.61	91.91
3	0.47	5.20	97.11

	Principal component		
	1	2	3
C ₁₄ :0	0.9122	-0.2729	0.0810
C ₁₆ :0	0.8409	0.0706	-0.5319
C ₁₆ :1	0.3908	-0.8969	-0.0757
C ₁₈ :0	0.1420	0.9504	-0.2379
C ₁₈ :1	0.8222	-0.5196	0.1847
C ₁₈ :2	-0.9925	-0.0388	-0.1012
C ₁₈ :3	-0.9255	-0.3366	-0.0418
C ₂₀ :4	0.0314	0.9772	0.1334
C ₂₂ :6	0.6218	0.7265	0.2278



Legend : BC (breast, control), B20 (breast, 20% recycled feed), B25 (breast, 25% recycled feed), TC (thigh, control), T20 (thigh, 20% recycled feed), T25 (thigh, 25% recycled feed)

Figure 4 Biplot of the factor loading by principal component analysis based on the fatty acid composition of chicken meat

たところ、各部位および雌雄ともリサイクル置換率と脂肪酸含有率の散布図は類似傾向を示し（図示省略）、最も高い相関がみられたのは Figure 3 に示すオレイン酸（C₁₈:1）とリノール酸（C₁₈:2）であった。今回の実験では、オレイン酸は置換率の増加に伴い有意な増加を、リノール酸は有意な減少を示した。

各試料の特徴をみるために、各脂肪酸組成を変量として相関行列を用いた主成分分析を行ない、その結果を Table 6 および Figure 4 に示した。Figure 4 は試料の主成分得点の第 1 主成分と第 2 主成分をプロットしたものであるが、Table 6 より寄与率は第 1 主成分が 51.3%、第 2 主成分が 40.6%であり、累積寄与率は 91.1%であった。雌雄とも原点を境に左右にムネ肉とモモ肉に分離し、また、原点を境に全ての区分において上下方向に対照と

リサイクル置換飼料給与区分が明確に分離した。この結果より 20%および 25%程度では置換率に関わらず、リサイクル飼料置換それ自体が、鶏肉の脂肪酸組成に影響を及ぼすことが認められた。

考 察

本実験のリサイクル飼料により肥育された鶏肉の食味は、部位および雌雄別の検討の全てにおいて対照と有意差なく評価された。部位的な官能評価の特徴としては、かたさと総合評価の相関がモモ肉よりムネ肉の方で高いことがあげられ、これはモモ肉の筋肉走行が複雑であるという組織差に関与すると示唆された。また、官能評価の主成分分析結果では（Figure 2）、各固有ベクトルの値より第 1 主成分は多汁性やうま味の強さを示し、プラ

ス方向ほどその傾向が強いと解釈できた。リサイクル飼料置換の2区分と対照は雌雄・部位別にほぼまとまった位置にあり、ムネ肉よりモモ肉の方が多汁性やうま味が強い傾向が認められた。第2主成分は肉のかたさや後味が関与し、マイナス方向ほど肉質はかたく、後味が弱いと解釈できた。また、雄のムネ肉は他の区分よりもややかためであり、後味は弱い傾向が認められた。対照と各置換率プロットの位置関係より、今回の実験のリサイクル飼料置換率25%程度では、鶏肉の食味への特徴的な影響はみられなかった。しかし、鶏肉の脂肪酸組成は特徴がみられた。主成分分析によると (Figure 4), 各固有ベクトルの値より、第1主成分は一価不飽和脂肪酸および多価不飽和脂肪酸の軸で、マイナス方向ほどリノール酸 (C_{18:2}) およびリノレン酸 (C_{18:3}) が多く、プラス方向ほどオレイン酸 (C_{18:1}) が多いと解釈できた。第2主成分は脂肪酸組成による筋肉部位差を示すと解釈でき、プラス方向にはアラキドン酸 (C_{20:4})、ドコサヘキサエン酸 (C_{22:6})、ステアリン酸 (C_{18:0}) を比較的多く含むムネ肉が布置し、マイナス方向は比較的パルミトリン酸 (C_{16:1}) の多いモモ肉が布置した。雌雄とも部位別に、対照とリサイクル置換飼料給与区分が分離し、鶏肉の脂肪酸組成は部位の特徴を持ちながら飼料置換の影響は同様の傾向が認められた。

飼料が畜産物の脂肪酸組成に影響を及ぼすことは従来より知られ^{7, 17)}、食品廃棄物利用以前の段階では、各種飼料 (穀類、草類、とうもろこし、大豆など) の原料配合比率や肥育ステージが食味に与える影響および畜肉中の脂肪酸組成と風味の関連性の研究^{18, 19)}がある。これらによると、大局的に飼料差は豚肉の風味や好ましさに大きく影響しない¹⁷⁾とみられている。近年の食品廃棄物を飼料に利用した研究においては、配合飼料へ20%の生ゴミ由来原料を混入した豚肉の食味検討²⁰⁾があり、生ゴミ由来原料配合飼料の豚肉の食味は配合しないものと同等または若干よいとしている。また、デンプン質中心の飼料を用いた豚肉の食味はよい⁷⁾とされ、パンを飼料に50%混入した実験²¹⁾では、肥育豚の胸最長筋の脂肪交雑レベルが有意に高く、食味が向上すると報告されている。しかし、デンプン質中心でも油の多いラーメンや菓子パン類は軟脂の原因となり、肉質にとってマイナス効果であるとしている²²⁾。今回のリサイクル飼料は低脂低タンパク質飼料L (ごはん・低脂麺・パン等のデンプン質系) と高脂高タンパク質飼料H (惣菜や弁当のおかず、具入麺等) を利用した混合系の置換であり、今回の置換率25%程度では、測定した鶏肉中の各成分含量にほとんど影響せず、官能評価でも対照と有意差がみられなかった。リサイクル飼料配合の飼料成分は対照に比べ、置換率の増加に伴い多価不飽和脂肪酸比率が減少し、一価不飽和脂肪酸比率が増加しており、鶏肉 (ムネ肉、モモ肉) の脂肪酸組成もこれを反映するような結果となった。飼料にオリーブ油を添加して鶏肉の肉質評価をした実験²³⁾でも、鶏肉中の一価不飽和脂肪酸の増

加を認め、その食味に不利な影響はないとし、今回の官能評価結果と同様であった。また、今回の官能評価スコアとオレイン酸 (C_{18:1}) との相関を検討しても有意な相関は得られず、オレイン酸 (C_{18:1}) の増加は食味に特に大きな影響を及ぼさないと示唆された。

多価不飽和脂肪酸について、牛・豚・羊肉などではそれ自体が顕著な風味の低下を招くことはない¹⁷⁾とされるが、豚肉のオフフレーバーの原因をリノレン酸 (C_{18:3}) と示唆する報告²⁴⁾もみられる。一方、 α -リノレン酸を多く含むエゴマ種子を飼料に5%混合し飼育した鶏肉では鶏肉中の α -リノレン酸が増加し、香りやうま味及び総合風味など嗜好性が向上する報告²⁵⁾がある。しかし、この報告では熟成の進行により効果が少なくなることも述べられている。この場合、鶏ムネ肉中の脂質含量は1.44~1.93%と比較的少ないことや、畜種が前報²⁴⁾と異なるため、多価不飽和脂肪酸が肉の食味に及ぼす影響に差が出たのかもしれない。また、採卵用鶏や肉用鶏飼育において、飼料用トウモロコシを栄養価が近い飼料用米 (品種：タカナリ) に代替した試験²⁶⁾がある。それによると飼料用米給与鶏のモモ肉でリノール酸 (C_{18:2}) の減少と、オレイン酸 (C_{18:1}) の増加を認めている。飼料用米を100%給与すると、肉色が白色化して嗜好性が低下するが、50%程度が最も高い嗜好性を示している。この評価においては「蒸し焼き」の手法を採用しているが、肉中のリノール酸 (C_{18:2}) の減少によって、鶏臭に関与するこの脂肪酸の酸化・変性が軽減され、風味の改善につながると報告している。今回のリサイクル飼料置換においても鶏肉中のリノール酸 (C_{18:2}) やリノレン酸 (C_{18:3}) の減少、オレイン酸 (C_{18:1}) の増加がみられ、保存や加熱中に酸化を受けやすい多価不飽和脂肪酸の減少は利点となり、肥育面の条件より検討されたりサイクル飼料20%置換または25%置換は有用と考えられた。

飼料価格面では、配合飼料が約60円/kg (2007年) に対し、リサイクル飼料は平均で30円前後 (事業者により幅あり：20円台前半~39円/kg) と安価である²⁷⁾。リサイクル飼料置換は環境や飼料自給率および畜産経営における経済面で利点がある。また、エコフィードに関する消費者評価²⁸⁾については、エコフィードに対する全体的評価は肯定的であるものの一部に抵抗を感じる消費者は存在する。食品や資源リサイクルに関心を持つ消費者などからは肯定的な評価を受けており、認証制度などで広く安全性を訴えることで消費者評価は改善されとし、今後リサイクル飼料活用は更に進むものと思われる。

要 約

食品廃棄物を原料としたリサイクル飼料を用い、置換率0・20・25%において飼育された鶏肉の食味評価および成分分析を行った。

鶏肉 (ムネ肉・モモ肉) 中の一般成分などの成分含量

について、リサイクル飼料置換 25% 程度まではその影響がほとんど認められなかった。官能評価においても、リサイクル飼料置換の鶏肉の食味は、通常の配合飼料と有意差が認められなかった。しかし、鶏肉中の脂肪酸組成はリサイクル飼料置換の影響を受け、リノール酸の減少とオレイン酸の増加が認められた。肥育面から可能とされる置換率 20~25% 程度の鶏肉は、食味においても有意差がなく、リサイクル飼料置換の有用性が認められた。

本研究は、リサイクル飼料利用畜産物の評価調査事業の一環で財団法人日本食肉消費総合センターからの委託により行なわれた。ご支援をいただきました古賀南可子氏並びに同センターに厚く御礼申し上げます。また、試料提供をいただきました千葉県畜産総合センターの村野多可子氏、松本友紀子氏、青木大輔氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 農林水産省生産局地区三部畜産振興課：エコフィード（食品残さの飼料化）の推進について、http://www.nbafa.or.jp/pdf/beef5/018_022.pdf (2011年 3 月 3 日)
- 2) 百瀬則子：スーパーの未利用食品の再資源化－食品リサイクルループの構築－, 食品と開発, **46**(1), 11-13 (2011)
- 3) 石田光晴：エコフィード利用でブランド豚肉, 日本調理科学会誌, **43**(1), 50-52 (2010)
- 4) 内田 宏, 紺屋直樹, 井上達志, 石田光晴：食品残渣リサイクル飼料を利用した養豚事業と地産地消, 日本草地学会誌, **51**(2), 242-248 (2005)
- 5) 農林水産省：飼料需給表, <http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/fbs/index.html> (2011年 2 月 28 日)
- 6) 食品リサイクル推進研究会 編：食品リサイクル法の解説, 新日本法規出版株式会社, 東京, p.74-79, **207** (2001)
- 7) 入江正和：エコフィード給与の豚肉の品質, 食肉の科学, **48**(2), 175-186 (2007)
- 8) 大森英之：技術用語解説, エコフィード (Ecofeed), 日本食品科学工学会誌, **56**(2), 118 (2009)
- 9) 米持千里：エコフィードの認証制度がはじまった, 畜産の研究, **63**(6), 593-597 (2009)
- 10) 丹波美次：食品残さ飼料の特徴とその栄養価, 養豚の友, **476**, 27-31 (2008)
- 11) 松本友紀子, 青木大輔, 村野多可子, 照山友実子：畜産物生産実証試験成績 (肉用鶏), リサイクル飼料利用畜産物の評価調査の成績, 社団法人 配合飼料供給安定機構, p.116-144 (2010)
- 12) 農林水産省畜産試験場加工部：鶏肉の品質評価に関する研究実施要領, 高品質肉用系研究会 (1996)
- 13) 文部科学省, 科学技術・学術審議会, 資源調査分科会食品成分委員会 編, 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 独立行政法人国立印刷局, 東京, p.26-28 (2005)
- 14) 文部科学省, 科学技術・学術審議会, 資源調査分科会食品成分委員会 編, 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 独立行政法人国立印刷局, 東京, p.37-38 (2005)
- 15) 文部科学省, 科学技術・学術審議会, 資源調査分科会食品成分委員会 編, 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 独立行政法人国立印刷局, 東京, p.100-106 (2005)
- 16) Kijowski, J.M., and Mast, M.G.: Thermal Properties of proteins in Chicken Broiler Tissues, *J. Food sci.*, **53**(2), 363-366 (1988)
- 17) Melton, S.L.: Effect of feeds on flavor of red meat., *J. Anim Sci.*, **68**, 4421-4435 (1990)
- 18) Mandell, I.B., Buchanan-Smith, J.G., and Campbell, C.P.: Effect of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled., *J. Anim. Sci.*, **76**, 2619-2630 (1998)
- 19) Melton, S.L., Black, J.M., Davis, G.W., and Backus, W.R.: Flavor and selected chemical components of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days., *J. Food. Sci.*, **47**, 699-704 (1982)
- 20) 永井奈津子, 野津あきこ, 松島文子：エコフィード給与による豚肉の食味・官能テストについて, 鳥取短期大学研究紀要, **55**, 53-59 (2007)
- 21) 岩本英治, 設楽 修, 入江正和：パン添加飼料給与がブタの増体重および肉質に及ぼす影響, 日本畜産学会報, **76**(1), 15-22 (2005)
- 22) 入江正和：食品残さ給与豚の肉質と高品質化, 畜産の研究, **61**(1), 124-128 (2007)
- 23) O'Neill, L.M., Galvin, K., Morrissey, P.A., and Buckley, D.J.: Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products., *Br. Pult. Sci.*, **39**(3), 365-371 (1998)
- 24) Myer, R.O., Johnson, D.D., Knauf, D.A., Gorbet, D.W., Brendemuhl, J.H., and Walker, W.R.: Effect of feeding high-oleic-acid peanuts to growing-finishing swine on resulting carcass fatty acid profile and on carcass and meat quality characteristics., *J. Anim. Sci.*, **70**, 3734-3741 (1992)
- 25) 石田光晴, 白幡春菜, 音成美智, 井上達志：エゴマ種子混合給与が鶏卵・鶏肉の脂質性状および鶏肉の呈味性に及ぼす影響, 宮城県農業短期大学学術報告, **52**, 29-34 (2004)
- 26) 後藤美津夫：採卵鶏・肉用鶏における飼料用米の検討結果, 鶏の研究, **85**(10), 14-19 (2010)
- 27) 森豊浩基：エコフィード化による食品リサイクルへの取り組み－食料価格高騰の中で注目される動き－, 中央三井トラスト・ホールディングス調査レポート, **63**, 19-27 (2008)
- 28) 斎藤陽子, 斎藤久光, 仙北谷 康：豚肉のエコフィード認証に対する消費者評価, 農業情報研究, **18**(3), 152-161 (2009)