

肉用鶏，産卵鶏への飼料用米給与

高田 良三¹

¹ 鯉淵学園農業栄養専門学校 アグリビジネス科

キーワード：肉用鶏，産卵鶏，飼料用米

I 背景

米はトウモロコシ，麦類とともに世界三大穀物のうちの1つとされており，主要穀物ともいわれる。米は近年では世界的に見て幅広く栽培されるようになり，特に東南アジアの諸国では古くから最も主要な食用作物となっている。わが国においては，「瑞穂の国」といわれるように重要な主食用穀物であり，約3,000年前の縄文時代にはすでに米の栽培が始まっていたようである。しかし米は「瑞穂の国」という言葉からわかるように，あくまでも人用の重要食物であり，残飯としての米の給与は別として，豚や牛，鶏など家畜への飼料としての米の給与が始まったのは比較的最近のことである。わが国で最初に家畜への米（飼料用米）給与の話が出てきたのは昭和40年代前半の第1次過剰米の時である。しかしこのときは生産調整（減反政策）が始まり，過剰米の問題は早く解消し，飼料用米の話は自然に消失した。次に，昭和50年代後半に同様な第2次過剰米の問題が起きた。このときは穀実である米の給与ではなく，植物体としてのイネ全体を牛に給与する「飼料イネ」の利用検討が本格的に始まった。この飼料イネの利用は現在まで続いている。このように主食用米が過剰になったときにはじめて家畜への米（飼料イネ）給与の話が話題になる。そして，その後も主食用米としての米の需要は減少し続けたにもかかわらず，1993年の記録的な冷夏による米の不作を除いて，稲作農家は十分な量の米を生産してきた。そのような背景下，平成19年の大豊作によって主食用米の価格は暴落し，ここに至

て新規需要米としての飼料用米の利用が始まり，今日に至っている。さてここで，海外での飼料用米の利用はどうであろうか。タイやベトナムは米の一大産地であり，国内消費よりも多くの量の米を生産しており，重要な輸出品目になっている。また，食用には向かない破碎米などは飼料として古くから家畜に利用されていた。わが国ではこれまで米に対する精神的な崇拝が強く，家畜への米の給与は基本的にはタブーであった。しかしこれら東南アジア諸国では日常的に家畜への飼料として米は給与されていたようである。欧米諸国ではそもそも米の生産量は少なく，食用としてもほとんど利用されていない。しかし，1990年代後半には飼料用米は子豚の下痢軽減効果が認められることがオーストラリアのPluskeら¹⁾によって報告され，さらに2006年にスペインのMateosら²⁾のグループによって子豚への飼料用米給与はトウモロコシよりも優れた飼養成績を示すことが世界で初めて明らかにされた。

このような背景を基にして，平成19年以降わが国を中心に飼料用米に関しての多くの研究報告がなされている。そこで，本稿では肉用鶏，採卵鶏に関しての飼料用米給与効果についてまとめてみた。ただし，古い報告は，そこで用いられた鶏の能力が現在の鶏とは大きく異なるため1980年以前の報告は除外した。なお，豚に対する飼料用米給与については最近報告された総説（高田）³⁾を参考にされたい。

II 飼料用米の栄養成分

表1にトウモロコシ，米（玄米，粳米），小麦，大麦の一般成分含量を示した⁴⁾。いずれの穀物も古くから人による食用として利用されており，栄養成分的には目立った特徴は認められない。ただし，小

¹ 〒319-0323 茨城県水戸市鯉淵町 5965

表 1. 主要穀物の一般成分組成

	水分	粗タンパク質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
トウモロコシ	14.5	7.6	3.8	71.3	1.7	1.2
玄米	14.8	7.5	2.7	72.9	0.7	1.4
粳米	13.7	6.5	2.2	63.6	8.6	5.4
小麦	11.5	12.1	1.8	70.5	2.4	1.7
大麦	11.5	10.6	2.1	69	4.4	2.3

数値は現物中 (%)
文献4) より抜粋

麦、大麦は粗タンパク質含量がやや高く、大麦は粗繊維含量が高いことがうかがえる。また、粳米は外側の粳を含んでいることから粗繊維含量が高く、エネルギー含量の低いことがわかる。トウモロコシは現在利用されている飼料の中心をなす穀物であるが、その粗脂肪含量が高いことが特徴である。しかしこれはあくまでも平均的な値であり、栽培された地域、栽培方法によって成分は変わってくる。たとえばこれまで米（玄米）は、食用としてそのおいしさが最も追求され、タンパク質含量の低い方が好まれることから、できるだけタンパク質含量が低くなるように窒素肥料を抑えて栽培してきた。しかし家畜への飼料としてはタンパク質含量の高い米の方が栄養価は高くなる。したがって食用米ではなく飼料用米として米を栽培するのであれば、従来の栽培方法とは異なり窒素肥料を十分に給与して穀実に多くのタンパク質が蓄積される方が目的にかなっている。実際、飼料用米として開発された品種「もちだわら」⁵⁾は10アール当たり800kg以上の収量が得られるのみならず、窒素肥料の施肥量によってはその粗タンパク質含量が10%程度に高くなることもある。とはいうものの、これまで長く食用米を生産してきた稲作農家にとって、窒素肥料を十分に与える栽培方法に切り替えることはなかなか難しいようである。玄米中の粗タンパク質含量が高くなると、飼料に不足しがちな必須アミノ酸であるメチオニン、リジン含量も高くなっていることが期待できる。このことは肉用鶏、産卵鶏にとってその飼養成績や産卵成績を上げる可能性がある。これまで、米に関してはあまりにも食味に関心が集中しすぎており、古くから食用として用いられていたにもかかわらず、意外と栄養に関する研究は進んでいない。現在の我が国では、濃厚飼料の主体を占めるトウモロコシはそのほとんどを輸入に頼っており、食糧自給率の改善および水田維持にもつながることから、飼

料用米の利用促進が期待される。

Ⅲ 飼料用米の研究・利用手法

ところで飼料用米の研究・利用手法について、大きく分けて3種類ある。

1つは、飼料中のトウモロコシを一部あるいは全量を飼料用米に置き換え、他の栄養成分は一定とするものである。この方法は一般的な栄養実験の方法に基づいており、得られたデータはそのままトウモロコシと飼料用米との栄養価値の比較ができる。

2つ目の方法は市販飼料（完全配合飼料とって、すべての栄養素を十分に含む）全体に飼料用米を添加して、生産性への悪影響を及ぼさずに何%まで添加できるかを検証したものである。この方法は市販飼料中のタンパク質含量が飼料用米中のそれよりも高いことから重大な問題が生じる。すなわち、添加する飼料用米が増えれば増えるほど飼料全体のタンパク質（アミノ酸）含量は低下し、メチオニン、リジン等の必須アミノ酸が不足してくる。代謝エネルギー含量は市販飼料（肉用鶏飼料は3.10Mcal/kg以上、産卵鶏飼料2.90Mcal/kg以上）に対して玄米は3.28Mcal/kgであって、市販飼料と飼料用米との間に大きな違いはない。したがって玄米を利用するときはエネルギー不足にはならない。一方、粳米は当然のことながらそのエネルギー含量は低いため、飼料用米として粳米を用いるときはタンパク質（アミノ酸）と同時にエネルギーも不足してくる。このようにエネルギー含量の充足については飼料用米として玄米あるいは粳米のどちらを用いるかによって異なってくる。以上の理由から市販飼料に飼料用米をただ単に添加するこの実験方法は栄養学的には明らかに間違っている。しかし、現場の状況を考えた場合には意味のある方法である。現在の我が国の状況では、市販飼料に配合できるほどの量の飼料用米は

十分には生産されてなく、つまり飼料用米を十分量配合した市販飼料は生産・販売されていない（一部には飼料用米を少量配合した市販飼料はある）。したがって現実には養鶏農家が近隣の農協等から入手して現場で飼料用米を市販飼料に混ぜる方法が行われる。この種の給与手法は、何%までの添加範囲内であれば誤差範囲内のため、生産性には悪影響（アミノ酸不足）を及ぼさないものと考えればよい。わが国の研究報告にはこの種の例が多く、結果の解釈には十分な注意が必要である。もっとも、飼料用米と同時にタンパク質源（アミノ酸）を同時に添加すれば問題は解決するのであるが。

3つ目の方法として、玄米、粳米いずれにおいてもそのまま全粒で与えるか、あるいは粉碎してから給与するかである。これは鶏に限った特徴である。鶏には筋胃があり、摂取された飼料はそこで攪りつぶされて細くなり、吸収されやすい状態になる。したがって細かく粉碎しても、あるいは全粒のままでも給与しても鶏はどちらも栄養素をよく吸収できる^{6,7,8,9}。これは鶏の優れた特徴であり、粉碎という作業が必要ではないため飼料費をその分、低く抑えることができる。一方、豚は飼料用米を粉碎しないで給与すると消化率が低下するため、少なくとも4つ割り程度には粉碎する必要がある。鶏への飼料用米給与の実験では、初期のころは粉碎していたが、最近ではその必要のないことがわかってきたため、全粒で給与することが多いようである。もっとも雛の場合、全粒では粒が大きすぎて食べられない可能性もある。また、全粒で与えると他の栄養成分、たとえば大豆かすやビタミン、ミネラル、補強添加したアミノ酸等が均一に摂取されない可能性が高く、この問題は別に存在する。

IV 肉用鶏への飼料用米給与

肉用鶏（ブロイラー）への飼料用米給与についてはスペインのMateosらのグループがいくつか報告している。Gonzalez-Alvaradoら¹⁰はトウモロコシあるいは飼料用米を60%配合した飼料をブロイラー雛に給与して飼養成績への影響を検討した。その結果、増体量、飼料摂取量には差は認められなかったものの、飼料要求率および乾物・窒素蓄積量は飼料用米給与で有意に増加したとしている。同時に穀物の加熱処理の有無についても検討しており、トウ

モロコシは加熱処理によって乾物の蓄積量は増加するが、飼料用米では加熱の有無によるそのような違いは見られなかった。この報告では飼料用米給与でトウモロコシ給与と比べて増体量、飼料摂取量に違いは認められなかったが、離乳子豚の報告では増体量、飼料摂取量がともに増加し、飼料要求率に差は見られないという結果が多く^{2,11,12}、動物種の違いによって飼料用米の飼養成績に及ぼす影響は異なるようである。つぎに彼らは消化管重量に及ぼす穀物および加熱処理の影響について検討した¹³。その結果、飼料用米給与によって空体重は重くなり、腺胃・筋胃の重量は軽くなるとしている。一方、トウモロコシの加熱処理で筋胃は軽くなるが、飼料用米の加熱処理ではそのような変化は認められなかったとしている。これらの結果は、トウモロコシは加熱処理によって消化性は改善され、それによって筋胃は軽くなるが、飼料用米は加熱処理の有無に関係なく消化性が優れることを示している。つぎに栄養素の蓄積量、繊維質の効果について検討した¹⁴。その結果、飼料用米給与でトウモロコシ給与と比べて乾物、窒素の蓄積量は有意に高くなり、また3%のエンバクあるいはダイズ殻の添加によって乾物、窒素の蓄積率は増加したとしている。これらの結果は、飼料用米の効果は以前の報告と同様であり、またたとえ雛のような若齢ブロイラーであっても少量の繊維質が必要とされることを示している。

Eblingら¹⁵は、通常、プレスタータ飼料に用いられるトウモロコシ、大豆粕は1-7日齢の雛では必ずしも消化率が良くないとして、飼料用米の検討を行った。その結果、1-7日齢の雛ではトウモロコシに対して飼料用米給与で増体量、窒素の蓄積量いずれも優れることを報告した。Takadaら¹⁶は米の3品種（もちだわら、こしひかり、ふくひびき）が飼養成績等に及ぼす影響について検討した。その結果、増体量、飼料摂取量には大きな違いは認められなかったが、飼料効率は有意に3つの飼料用米給与でトウモロコシよりも優れていた。また、乾物、窒素の蓄積量も飼料用米給与で高くなる結果が得られた。これらはGonzalez-Alvaradoら¹⁰の結果と同様であった。飼料用米の品種間の違いでは特に差はなく、3品種ともトウモロコシよりも優れる栄養価をもつものと考えられる。Fujimotoら¹⁷は飼料用米給与とフィターゼの添加効果の比較を行った（表2）。その結果、飼料用米給与でトウモロコシと比

表 2. 飼料用米給与およびフィターゼ添加がブロイラーの飼養成績に及ぼす影響

	トウモロコシ	トウモロコシ+ フィターゼ	飼料用米	飼料用米+ フィターゼ
開始時体重 (g)	183	184	184	181
増体量 (g/2週間)	645 ^b	661 ^b	785 ^a	755 ^a
飼料摂取量 (g/2週間)	882 ^b	871 ^b	1012 ^a	964 ^{ab}
飼料効率 (増体量/飼料摂取量)	0.737	0.757	0.776	0.783

n=9, a,b 間に有意差 (P<0.05) あり, 文献 17) より改変

べて増体量, 飼料摂取量は有意に増加したが, 飼料効率に違いはなかったとしている。この飼養成績の結果はこれまでの肉用鶏の報告と異なり, 子豚の結果と似ていたが, その理由は不明である。フィターゼの添加効果については, トウモロコシにフィターゼを添加した方が飼料用米にフィターゼを添加した時よりもリンの蓄積量 (%) は高くなった。このことは基礎になる飼料の違いによってフィターゼの効果は異なり, 飼料用米中のリンはフィターゼに対する基質としての反応に抵抗を示すことを示唆している。フィターゼの添加効果は飼料用米ではやや劣るということである。さらにこの報告では肝臓でのアミノ酸分解系酵素としてトレオニン脱水素酵素, 脂肪酸合成系酵素としてリンゴ酸酵素, 脂肪酸合成酵素の活性を測定している。その結果, 脂肪酸合成系の2酵素活性にはトウモロコシ, 飼料用米で差は認められなかったが, トレオニン脱水素酵素活性はトウモロコシに比べて飼料用米で半分以下に低下した。このことは飼料用米が必須アミノ酸の分解を抑制し, タンパク質蓄積の促進に貢献していることを示唆している。さらに興味深いのはトウモロコシにフィターゼを添加するとトレオニン脱水素酵素活性が有意に低下することである。フィターゼがリンの利用性のみならず必須アミノ酸の分解を抑制することは, 飼料用米給与と同様にフィターゼ添加もタンパク質蓄積量にも影響を及ぼすことを示唆している。事実, この報告では窒素の蓄積量 (%) がトウ

モロコシにフィターゼを添加すると有意に高くなることを示しており, フィターゼの新たな栄養機能が今後期待できる。つぎに Fujimoto ら¹⁸⁾ はカルニチンの添加効果について基礎飼料中の穀物の違い (トウモロコシ, 飼料用米) について検討した (表 3)。その結果, 以前の報告¹⁷⁾ と同様に飼料用米ではトウモロコシと比べて増体量, 飼料摂取量が増加したが, ここでは飼料効率も有意に改善された。飼養成績の結果 (増体量, 飼料摂取量, 飼料効率) の3項目とも飼料用米給与がトウモロコシよりも優れるという結果はこの報告が初めてである。飼養成績と同様にむね肉重量, もも肉重量も飼料用米で重くなった。腹腔内脂肪重量も飼料用米で重くなったが, おそらくこれは飼料摂取量 (エネルギー摂取量) の増加が原因と思われる。タンパク質代謝への飼料用米給与の関連性が示されたので, タンパク質合成に関与する肝臓中の IGF-1, 筋肉タンパク質の分解に関与する筋肉中のアトロジン-1, および脂肪酸分解に関与する肝臓中の CPT-1 のそれぞれ mRNA 量を測定した。その結果, IGF-1 の mRNA 量は飼料用米で有意に上昇することが明らかになり, 飼料用米給与がタンパク質合成の促進に関与していることが示唆された。また, 有意ではないがアトロジン-1 の mRNA 量も飼料用米で高くなる値を示しており, タンパク質の合成とともに筋肉タンパク質の分解も促進されるかもしれない。カルニチンの添加効果については, トウモロコシ, 飼料用米, いずれの

表 3. 飼料用米給与およびカルニチン添加がブロイラーの IGF-1, アトロジン-1 および CPT1 の mRNA 量に及ぼす影響

	トウモロコシ	トウモロコシ+ カルニチン	飼料用米	飼料用米+ カルニチン	有意差 (穀物間)
IGF-1 (肝臓)	1.00	1.03	1.28	1.09	0.017
アトロジン-1 (筋肉)	1.00	1.05	1.39	1.18	0.272
CPT-1 (肝臓)	1.00	0.67	0.92	0.62	0.733

n=9, 数値はトウモロコシ区 (1.00) に対する比
文献 18) より改変

基礎飼料においても増体量、飼料摂取量、飼料効率には有意に改善され、カルニチンの添加効果は基礎飼料中の穀物の違いには影響されないことが明らかになった。

宮崎県の神坂ら¹⁹⁾は市販飼料へ粳米を20%添加して、飼養成績等への影響を検討した。この試験では他の栄養素の調整をしていないため、粳米添加によってエネルギー、タンパク質(アミノ酸)、いずれも不足する。したがって結果の解釈としては、どの程度の添加範囲までなら誤差範囲内に収まると考えるべきである。結論としては20%の粳米添加で特に飼養成績には悪影響はなかったとしている。ブロイラーのような急速に成長し、栄養素の要求量が高い動物において、このような結果が得られたことは予想外である。兵庫県の龍田と石川はブロイラーについて3つの報告をしている。3報とも飼料用米の配合はトウモロコシとの置換で行われており、特に栄養調整を行わなくても飼料中のエネルギー含量、タンパク質含量が不足することはなかったと思われる。最初の報告(2013年)²⁰⁾では、4種類の形状の飼料用米(粳又は玄米/全粒又は粉碎)をトウモロコシの配合割合65%のうち約20%を飼料用米で置換して試験を行った。その結果、すべての飼料用米区で体重は重くなり、特に玄米全粒区が最も重い傾向であった。飼料要求率は玄米給与区が優れていた。筋胃重量は粳米全粒区が有意に重かった。経済性はすべての飼料用米区が対照区よりも優れていた。2014年の報告²¹⁾では、トウモロコシを全粒粳米で0~100%置換して試験を行った(表4)。その結果、30%区が0%区よりも体重が有意に重くなった。また、飼料要求率も有意差は見られないものの30%区が低い数値を示した。全粒粳米を給与していることから筋胃重量は粳米添加区で対照区よりも有意に重くなった。つぎに2015年の報告²²⁾ではトウモロコシの0~100%を全粒玄米で置換して検討を

行った。ここでは飼料用米は玄米であるのでエネルギー、タンパク質の不足にはならない。その結果、有意差はないものの体重は飼料用米区が高くなり、飼料要求率は飼料用米100%区が最も優れ、代替割合に比例して優れる傾向がみられた。1羽当たりの利益は全粒玄米の給与割合が高いほど多くなる傾向がみられた。これら3つの報告で大変興味深いことは、1羽当たりの利益は飼料用米の給与割合が高くなるほど多くなる傾向がみられたことである。すべての試験区で対照区よりも利益は上回った。この理由として飼料用米には補助金があり、飼料単価が飼料用米区でやや低くなり、一方、飼養成績は飼料用米区が優れたことが原因と思われる。農業に対する補助金は欧米先進国では一般的に行われており、わが国特有のものではないため、補助金については今後も継続されると思われる。飼料用米を混ぜるという付加作業さえ乗り越えれば利益は上がることになる。以上、龍田・石川の3つの報告をまとめると、飼料用米が粳米、玄米であってもトウモロコシと置換すれば飼養成績は改善され、利益は高くなるという結論である。

わが国の多くの試験場からはそれぞれ特有の地鶏に飼料用米を給与した報告が多数みられる。ここで1つ注意する点がある。一般的に地鶏の成長はきわめて遅く、ブロイラーの半分以下という例も多い。ということは地鶏のエネルギーやタンパク質(アミノ酸)要求量はブロイラーと比べてかなり少ないことが推定される。通常、市販飼料はブロイラーを想定して配合されており、いわゆる高エネルギー、高タンパク質飼料となっている。この市販飼料に粳米を適度に添加したら、地鶏特有の栄養素要求量に見合った低エネルギー、低タンパク質飼料ができる可能性がある。このような観点から多くの報告を総合すると、茨城県の「奥久慈しゃも」²³⁾、秋田県の「比内地鶏」^{24,25,26,27)}、青森県の「青森シャモロック」²⁸⁾、

表4. 発育成績

区分	育成率 (%)	雌雄平均体重 (g)	飼料消費量 (g)	飼料要求率
対照区	97.5	3,610 ^b	5,638	2.05
30%区	97.5	3,674 ^a	5,585	1.98
50%区	100	3,659 ^{ab}	5,730	2.04
75%区	100	3,666 ^{ab}	5,806	2.07
100%区	100	3,639 ^{ab}	5,941	2.13

a,b 間に有意差 ($P<0.05$) あり
文献 21) より改変

表5. アミノ酸を補填した飼料用米(粳) 米添加市販飼料の給与が天草大王の解体成績に及ぼす影響

	市販飼料区	粳米 30% 区	粳米 30% + アミノ酸区
反復数	4	4	4
15 週齢体重 (g)	3,265	3,169	3,281
可食部重量 (g)	1,463	1,366	1,467
筋胃 (g)	54 ^B	69 ^A	69 ^A
腹腔内脂肪 (g)	89 ^a	114 ^b	87 ^a

性をブロック因子とする最小二乗平均値
 異符号間に有意差あり, A, B: $P < 0.01$, a, b: $P < 0.05$
 可食部 = モモ + ムネ + ササミ + 手羽
 文献 31) より改変

鹿児島県の「さつま地鶏」²⁹⁾、埼玉県の「彩の国地鶏タマシヤモ」³⁰⁾、これらの例では、市販飼料におおよそ 20% までの飼料用米(粳米, 玄米) 添加では飼養成績に悪影響を及ぼさないとしている。熊本県の「天草大王」の報告³¹⁾ では、市販飼料に粳米を 30% 以上添加すると飼料要求率は低下し、そこに不足するアミノ酸(リジン, メチオニン, トレオニン) を添加すると飼料要求率は回復したとしている(表 5)。一方、飼料中のトウモロコシを飼料用米で置換した長野県の「信州黄金シヤモ」³²⁾、「しなの鶏」³³⁾ および福岡県の「はかた一番鶏」^{34,35,36)} の例では、トウモロコシ(約 60% 配合)の全量を飼料用米で置換しても飼養成績には影響はなかったと報告している。岐阜県の「奥美濃古地鶏」を用いた報告^{37,38,39,40,41,42)} では、飼料中のトウモロコシと飼料用米を代替して飼養試験を行ったところ、飼料用米がトウモロコシと比べて優れた飼養成績を示したとしている。この結果はブロイラーの報告と一致している。地鶏によっては飼料用米給与で飼養成績が改善できることを示している。地鶏農家にとっては、ブロイラーと比べて地鶏の飼育期間は長く、その間の飼料消費量が問題になっており、味だけではなく飼養成績の改善も大きな課題となっている。飼料用米の地鶏への給与も一つの方策と考えられる。

なお、肉質への飼料用米給与の影響として、脂肪の色が白い色になり、オレイン酸含量が増えることがほぼ一定の結果として得られている。また、官能検査としてはスープの味が好ましくなると報告されている。

V 産卵鶏への飼料用米給与

埼玉県養鶏試験場は早くから産卵鶏への飼料用米

給与に関する一連の研究を行っている。1983 年に、粳米を粉碎して市販飼料に 0 ~ 30% 添加する実験を報告している(相馬ら)⁴³⁾。その結果、産卵率や飼料要求率に有意差は認められないものの、30% 添加区がやや劣る傾向がみられた。卵質には違いはなかったが、卵黄色には 1% レベルで添加レベルが上がるにつれてうすくなり、商品的に劣るとしている。結論として卵の商品的なことを考えて 10% 添加が限界としている。つぎに卵黄色の改善を目的として、天然および人工の着色料を用いた実験を行った(相馬ら)⁴⁴⁾。その結果、天然着色料のパプリカオイル、人工着色料のカロフィルレッドを添加すると産卵成績、卵質、卵黄色に違いは認められず、飼料用米の市販飼料への 20% 添加が可能であるとしている。1984 年には育成から成鶏までの長期給与の実験を行った(相馬ら)⁴⁵⁾。飼料はマイロ 30% を飼料用米で置換し、他の栄養成分は同一になるように調整した。その結果、産卵成績には差はなかったものの、飼料摂取量が飼料用米区で有意に低下したと報告している。しかし、試験方法をよく見ると、用いた飼料用米は生産されてから 1 年以上が経過しており、おそらく飼料用米の劣化(酸敗)が飼料摂取量低下の原因と思われる。著者も離乳子豚を用いた実験で、夏場の高温にさらされた飼料用米を用いると、飼料摂取量の明らかな低下を観察している。相馬ら⁴⁶⁾ はつぎに飼料用米(粳米)の粉碎と全粒の比較をマイロ 30% との置換で検討した。その結果、産卵成績に違いは認められなかったとしている。中村と岩崎は、飼料用米の給与量を週齢の経過に合わせて市販飼料への添加量を 20% から 40% へ段階的に増やす方法(漸増給与法)の検討を行った⁴⁷⁾。その結果、試験の初期に産卵成績が飼料用米区で劣る結果が得られたが試験全体では有意差はなくなった

としている。おそらく初期における産卵成績の低下は飼料中のたんぱく質(アミノ酸)およびエネルギーの不足が原因と思われる。

千葉県畜産総合研究センターは飼料用米の産卵鶏への給与に関する研究を4つ報告している。最初の報告(脇・村野)⁴⁸⁾は、トウモロコシ(60%配合)の半量又は100%全粒の玄米で置換し、他の栄養素は同等となるように調整して産卵成績等を検討した。その結果、産卵成績、卵質いずれも対照区と同等であった。排泄糞の乾物量は100%代替区が対照区よりも有意に少なくなった。2011年に2つの報告を行っている^{49,50)}。脇・村野は、トウモロコシの半量(30%)および全量(60%)を全粒玄米で置換し、他の栄養素は同等となるように調整して産卵成績等への影響を検討した(試験1)。さらに試験2として、トウモロコシの半量(30%)を全粒玄米および粳米で置換し、産卵成績への影響を検討した(表6)⁴⁹⁾。その結果、試験1では玄米60%区では対照区に対して産卵日量、卵殻強度および卵殻厚が有意に低下した。また、有意差は認められないものの、産卵率や飼料要求率も低下傾向がみられた。試験2では粳米区で飼料摂取量と糞中水分含量の低下がみられたが、他の成績に影響はみられなかった。以上の結果より、市販飼料と同等になるように栄養成分を調整すればトウモロコシの代替飼料として飼料用米の利用は可能であるが、飼料用米を60%配合すると産卵率は低下傾向($P<0.07$)を示し、その結果、産卵日量は有意($P<0.01$)に低下するので注意

が必要としている。ところでこの試験では玄米給与によって体重の有意な上昇を認めている(表7)。肉用鶏では飼料用米給与によって体重の増加が報告されているが、産卵鶏においても同様な結果がこの試験で得られている。栄養素の配分が体重増加に多く用いられて、逆に卵生産には多くは配分されず、その結果として産卵日量の低下につながったのかもしれない。あるいは逆に、飼料用米給与によって体内での何らかの代謝が変動し、卵生産の低下が起きて、その分の栄養素が体重増加に配分されたのかもしれない。いずれにしても、体重増加と卵生産は代謝的に異なった調節を受けていると思われる。肉用鶏および子豚の研究で、飼料用米給与によって体重増加(タンパク質蓄積量増加)が報告されているので、産卵鶏においても同様なことが起きているのかもしれない。つぎの報告ではトウモロコシ50%を全粒の粳米、玄米(べこあおば、ちば28号の2品種)で置換し、他の栄養素は調整して産卵成績等への影響を検討した(脇・村野)⁵⁰⁾。その結果、両品種とも対照区に対して産卵成績に違いは認められず、粳米給与区で筋胃の重量が有意に増すことを報告している。2016年の報告(岡田・脇)⁵¹⁾では、より現実的に市販飼料への飼料用米添加のみとし、栄養成分の低下はそのままとして試験を実施している。前にも述べたように、このような実験方法は、単に飼料用米の添加がどの程度までであれば栄養的な誤差範囲内に収まるかを示しているのみであって、飼料用米そのものの栄養機能を表しているのではないことに

表6. 飼料用米の給与が産卵鶏の生産性に及ぼす影響

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g/個)	産卵日量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽・日)
対照区	92.8	63.2	58.6 ^a	116.5
玄米30%区	92.5	63.7	58.9 ^a	117.8
玄米60%区	89.9	62.8	56.5 ^b	116.5

異符号間に有意差あり, a, b: $P<0.05$
文献49)より改変

表7. 飼料用米の給与が産卵鶏の体重に及ぼす影響(g)

区分	140日齢	250日齢	350日齢	400日齢
対照区	1,477	1,734 ^b	1,832 ^c	1,850 ^c
玄米30%区	1,486	1,808 ^a	1,916 ^b	1,939 ^b
玄米60%区	1,476	1,817 ^a	1,994 ^a	2,045 ^a

異符号間に有意差あり, a, b: $P<0.05$
文献49)より改変

注意する必要がある。もっとも、このような方法であっても飼料用米添加と同時に、例えばメチオニンやリジンなどの必須アミノ酸も添加すれば（これらのアミノ酸は飼料添加物として安価で容易に入手できる）、おそらく得られる結果は大きく異なることが推測される。さて、白玉系のジュリアおよび赤玉系のポリスブラウンの2種を用いて、市販飼料に全粒玄米を0～20%添加して産卵成績等について検討を行った。その結果、ジュリアでは20%添加区が対照区に対して産卵日量が有意に低下した。ポリスブラウンは産卵成績において統計学的な有意差は認められなかった。しかし両品種ともに産卵率は20%区で低下する傾向がみられた。ジュリアでは卵殻強度が飼料用米添加量を増すにつれて低くなる傾向にあった。収益性についてはポリスブラウンでは添加量が増すにつれて飼料費が低減し、販売額と飼料費の差（利益）が増す傾向にあった。以上の結果より、産卵成績を考慮すると飼料用米の添加量は10%までが適当であるとしている。本多ら⁵²⁾は、トウモロコシとの半量および全量を全粒玄米、粳米で代替し栄養成分を調整して試験を行った。その結果、産卵成績に違いは認められなかった。鶏卵販売収入額に占める飼料費の割合は飼料用米添加区で低減した。卵黄中の脂肪酸組成は、玄米添加区で一価不飽和脂肪酸割合が高く、多価不飽和脂肪酸が低くなった。以上の結果より、飼料用米をトウモロコシと全量置換しても産卵成績や卵質には影響はみられず、栄養成分を調整すれば生産性を維持しつつ、飼料費の節減が可能であることが示された。

岐阜県畜産研究所からは産卵鶏への飼料用米給与について2つ、報告されている。立川らは、市販飼料に粳米を0～30%添加し、他の栄養成分は調整しないで産卵成績等の検討を行った⁵³⁾。その結果、産卵率は15%添加区までは対照区と違いは見られなかった。しかし、それ以上飼料用米の添加量を上げると産卵率、産卵日量は低下し、増体量、飼料摂取量、卵黄色も低下した。食味アンケートで飼料用米添加区は「味が淡白、水っぽい」という結果が得られたため卵黄中の水分含量を測定したところ、飼料用米区で高くなる傾向がみられた。つぎに立川ら⁵⁴⁾は、粳米の添加量を10%、15%とし、15%区では育成期では20%の置換、成鶏期では15%の置換とした。これは高日齢鶏の方が飼料用米の影響を受けやすいことが予想されたため、成鶏期では添加量を

5%低下させた。その結果、育成期では飼料用米添加区で増体量の低下がみられた。産卵率は、夏季に対照区は低下しなかったものの、飼料用米区では低下し、秋季になるとやや回復した。食味評価では、目玉焼きでは各試験区に差はなかったものの、スクランブルエッグでは対照区で「生臭い、淡白」という低い評価であったが、逆に飼料用米区では「うま味あり、卵らしい味、味が濃い、臭みがない」という感想であり、評価が高い傾向にあった。卵白と卵黄が分かれているゆで卵や目玉焼きより、卵白と卵黄を混ぜて調理するスクランブルエッグの方が飼料用米給与の特徴が出やすいようである。

群馬県畜産試験場の後藤らは、市販飼料のうちのトウモロコシを玄米で1/3、2/3および全量置換し、栄養調整を行って産卵成績等の検討を行った⁵⁵⁾。その結果、90%産卵到達日齢は代替割合の増加に伴い早くなり、ジュリアの対照区は175日であったのに対し、玄米全量代替区のそれは162日と有意に早くなった。産卵率、平均卵重、産卵日量に差は認められなかった。飼料摂取量、飼料要求率にも違いは見られなかった。味に関して味覚センサーでの評価によると、飼料用米の代替割合が増すにつれ、うま味の先味が強くなり、逆に後味は低くなる傾向がみられた。このことは、飼料用米添加区では口に含んだ際に強いうま味が一気に広がり、それが爽やかに消えていく評価であるとしている。官能検査ではスクランブルエッグのにおいに、飼料用米区で対照区に対して有意に好ましいという結果が得られた（表8）。

茨城県畜産センターの大窪ら⁵⁶⁾は、市販飼料に全粒の玄米、粳米を20%添加し、栄養成分の補正はしないで産卵成績等の検討を行った。産卵率は玄米、粳米いずれの区においても対照区に対して高くなり、特に夏季では1%レベルで有意に高くなった。体重は夏季で対照区では減少したが、玄米区、粳米区では体重の減少は認められなかった。産卵率の変化と体重の変化を併せて考えると、市販飼料に飼料用米を添加した区がむしろ良い成績を示している。この実験で用いられた市販飼料中の粗タンパク質含量は17.0%であり、比較的高いと思われる。おそらく飼料用米添加によって飼料全体の粗タンパク質含量がいくらか低下し、適切なタンパク質含量になったのかもしれない。タンパク質は摂取した後の熱量増加が高いため、特に夏季にタンパク質含量

表 8. 卵の食味の官能検査

区分	ゆで卵		スクランブルエッグ	
	におい	味	におい	味
飼料用米 60%	26	29	20 ^a	29
飼料用米 20%	28	29	28 ^a	29
飼料用米 0%	36	32	42 ^b	32

順位法：好ましい順に順位を付けた
1位：1点，2位：2点，3位：3点
得点が小さいほど好ましい
異符号間に有意差あり，a, b: $P < 0.05$
文献 55) より改変

の高い飼料を摂取すると体温が上昇しやすくなり、暑熱ストレスをより強く受ける。この実験で得られた結果をもとに暑熱ストレス対策用の飼料を考えると、低タンパク質アミノ酸（メチオニン、リジン等）添加飼料が有望になるかもしれない。肥育豚では低タンパク質アミノ酸添加飼料が夏季の飼養成績を有意に改善させることが報告されている⁵⁷⁾。

香川大学の Sittiya ら⁵⁸⁾ は、飼料用米として開発された「モミロマン」の粳米としての栄養成分および見かけ・真の代謝エネルギー含量を測定し、トウモロコシの代替として飼料用米が利用可能であることを示した。つぎに Sittiya ら⁵⁹⁾ は、トウモロコシ（50%配合）を飼料用米で0～50%代替し、栄養調整を行って産卵鶏に給与して産卵成績等への影響を検討した。その結果、産卵成績に何ら悪影響は認められず、卵黄色は50%完全代替で薄くなることを報告している。他の多くの論文の結果と照らし合わせると、産卵鶏への全粒粳米給与は、栄養調整さえ行えばおおよそこの報告のような結果が得られるものと考えられる。

韓国 Konkuh 大学の An ら⁶⁰⁾ は、トウモロコシとの代替で飼料用米（玄米）を0～15%含む飼料を産卵鶏に給与し、産卵成績や血液成分を調査した。その結果、産卵成績に違いは認められなかったが、血液成分では飼料用米給与によって総タンパク質 ($P=0.083$)、アルブミン ($P=0.071$) が上昇する傾向が認められた。

以上、産卵鶏への飼料用米給与の特徴として、まず、全粒のままでも給与しても粳米、玄米いずれも筋胃によってよく擦り潰され、よく消化吸収されるということである。これは粉碎に要する時間、費用（機械、電気代）が必要ないため、豚と比べて大きなメリットである。つぎに他の栄養成分の調整さえ行えば、トウモロコシとの飼料用米の全量代替は産

卵成績に悪影響を与えず、十分に利用可能である。産卵成績がトウモロコシ給与と比べて優れるという報告は1報のみ（後藤ら⁵⁵⁾）であり、おそらく飼料用米給与による優れた産卵成績を得る可能性は低いと思われる。この点について、豚や肉用鶏ではトウモロコシよりも飼料用米給与の方が優れた飼養成績が得られるという結果が多く報告で示されているが、産卵鶏ではこれらとは大きく違うようである。家畜本体への影響と家畜から外部に放出するものへの影響とが異なるのかもしれない。

VI まとめ

肉用鶏や子豚の報告を総合すると、飼料用米給与はトウモロコシ給与と比べてタンパク質蓄積量を増やすことによって増体量を向上させられると思われる。しかし現在までのところそのメカニズムは詳しくはわかっていない。糖尿病ラットを用いた実験で、コメタンパク質を給与すると腎障害が軽減されたという報告がある⁶¹⁾。また Fujimoto ら¹⁸⁾ は飼料用米給与によって肝臓の IGF- I mRNA 量の上昇を示している。コメタンパク質中の何か（ペプチド？）がインスリン情報伝達を促進させるのかもしれない。また、Murai ら⁶²⁾ は7日齢の雛に粳米を給与し、腸管防御に重要な働きを示すムチンの分泌促進を観察しており、飼料用米は消化管の健全性に貢献できるようである。

産卵鶏については、飼料用米はトウモロコシとほぼ同様の栄養価を持つようであり、産卵成績が向上するような成績は得られていない。鶏の体への影響と外部に放出する卵への影響は異なるようである。

本稿では、飼料用米給与が肉および卵の味に及ぼす影響については詳しくは述べなかった。官能検査によって、肉についてはスープの味が飼料用米給与

によって好まれる味になるようである。卵については卵白、卵黄を混ぜたスクランブルエッグにすると飼料用米給与で味が向上するという結果が得られている。

飼料用米の利用は、当初、過剰米の処理、食料自給率改善、水田維持が目的で行われてきた。しかし単に政治的な目的のみならず、飼料用米はトウモロコシよりも優れた栄養価を持つことが飼料栄養学的に興味深いところである。今後の飼料用米利用の促進を期待したい。

Ⅶ 文 献

- 1) Pluske JR, Siva PM, Pethick DW, Durmic Z, Mullan BP, and Hampson DJ (1996), The incidence of swine dysentery in pigs can be reduced by feeding diets limit the amount of fermentable substrate entering the large intestine. *J. Nutr.* **126**: 2920-2933.
- 2) Mateos GG, Martin F, Latorr MA, Vicente B, and Lazaro R (2006), Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim. Sci.* **82**: 57-63.
- 3) 高田良三 (2021), 豚への飼料用米給与, 日本養豚学会誌 **58** (1): 1-9.
- 4) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2009), 日本標準飼料成分表 (2009年版). 中央畜産会.
- 5) 太田久念, 春原嘉弘, 根本 博, 安東郁夫, 加藤 浩, 井邊時雄, 平林秀介, 佐藤宏之, 竹内義信, 石井卓朗, 前田秀郎, 恒松浩史, 出田 収, 平山正賢 (2012), 多収水稻糯品種「もちだわら」の育成. 作物研究所研究報告 **13**: 23-40.
- 6) J. Sittiya and K. Yamauchi (2014), Growth performance and histological intestinal alterations of Sanuki Cochinchickens fed diets diluted with untreated whole-grain paddy rice. *J. Poult. Sci.* **51**: 52-57.
- 7) B. Svihus (2001), Norwegian poultry industry converts to whole grain pellets. *World Poultry* **17**: 20-21.
- 8) P.D. Sturkie (1965), *Avian Physiology* 2nd ed. New York: Comstock.
- 9) S.P. Rose, A. Burnetti, and R.A. Elmajeed (1986), Factors affecting the diet selection of choice-fed broiler. *Br. Poult. Sci.* **27**: 215-224.
- 10) Gonzalez-Alvarado JM, Jimenez-Moreno E, Lazaro R, and Mateos GG (2007), Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poult. Sci.* **86**: 1705-1715.
- 11) Vicente B, Valencia DG, Perez-Serrano M, Lazaro R, and Mateos GG (2008), The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. *J. Anim. Sci.* **86**: 119-126.
- 12) Yagami K and Takada R (2017), Dietary rice improves growth performance, mucosal enzyme activities, and plasma urea nitrogen in weaning piglets. *Anim. Sci. J.* **88**: 2010-2015.
- 13) Gonzalez-Alvarado JM, Jimenez-Moreno E, Valencia DG, Lazaro R, and Mateos GG (2008), Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broiler fed diets based on corn or rice. *Poult. Sci.* **87**: 1779-1795.
- 14) Jimenez-Moreno E, Gonzalez-Alvarado JM, Lazaro R, and Mateos GG (2009), Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poult. Sci.* **88**: 1925-1933.
- 15) Ebling PD, Kessler AM, Villanueva AP, Pontalti GC, Farina G, and Ribeiro AM (2015), Rice and soy protein isolate in pre-starter diets for broiler. *Poult. Sci.* **94**: 2744-2752.
- 16) Takada R, Iizumi H, and Yoshida K (2014), Effects of feeding three kinds of rice on growth performance, DM and nitrogen retention in broiler chicks. XIVth European Poultry Conference 577.
- 17) Fujimoto H, Fujita N, and Takada R (2018), Effects of a rice diet and phytase addition on growth performance, tissue weights, phosphorus and nitrogen retention, and on liver threonine dehydrogenase, malic enzyme and fatty acid synthase activities in broiler chicks. *Anim. Sci. J.* **89**: 770-776.
- 18) Fujimoto H, Matsumoto K, Koseki M, Yamashiro H, Yamada t, and Takada R (2020), Effects of feeding and carnitine addition on growth performance and mRNA expression of protein metabolism-related genes in broiler grower chicks. *Anim. Sci. J.* DOI: 10.1111/asj.13390.
- 19) 神坂明茂, 安藤忠弘, 船ヶ山祐二 (2010), 肉用鶏への飼料用米給与試験. 宮崎県畜産試験場研究報告 **22**: 88-93.
- 20) 龍田 健, 石川 翔 (2013), 形状の異なる飼料用米がブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 (畜産編) **49**: 11-16.
- 21) 龍田 健, 石川 翔 (2014), 飼料用全粒粉の給与割合がブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 (畜産編) **50**: 9-14.
- 22) 龍田 健, 石川 翔 (2015), 飼料用全粒粉の給与割合がブロイラーの生産性に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 (畜産編) **51**: 9-14.
- 23) 森田幹夫, 大窪敬子, 須藤正巳, 前田育子 (2011), 地鶏の飼料用米給与による生産技術の確立. 茨城県畜産研究センター研究報告 **44**: 23-27.
- 24) 小松 恵, 力丸宗弘, 石塚条次 (2009), 飼料用米給与が比内地鶏の発育と肉質に及ぼす影響. 東北農業研究 **62**: 71-72.
- 25) 小松 恵, 力丸宗弘, 石塚条次 (2011), 比内地鶏へ

- の玄米給与が発育および肉質に及ぼす影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 **25**: 84-88.
- 26) 小松 恵, 力丸宗弘, 高橋大希, 石塚条次 (2012), 粳米の給与が比内地鶏の生産性に及ぼす影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 **26**: 67-73.
- 27) 高橋大希, 力丸宗弘, 小松 恵, 石塚条次 (2012), 仕上げ期の飼料用米添加飼料給与による比内地鶏の生産性への影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 **26**: 74-80.
- 28) 及川輝久, 野月 浩 (2012), 飼料用米を活用した青森シャモロック生産技術. 東北農業研究 **65**: 93-94.
- 29) 池谷幸恵, 柴田昭一, 紙屋徹士 (2014), 「さつま地鶏」への飼料用米給与技術の確立. 鹿児島県農業開発総合センター研究報告 **8**: 53-57.
- 30) 中村秀夫 (2016), 粳米の給与が「彩の国地鶏タマシャモ」の生産性に及ぼす影響. 埼玉県農林総合研究センター研究報告 **15**: 18-21.
- 31) 佐伯裕里佳, 大場憲子, 大塚真史, 家入誠二 (2011), 市販飼料への飼料用(粳)米の添加が肉用鶏「天草大王」の生産性に及ぼす影響. 熊本県農業研究センター研究報告 **18**: 36-43.
- 32) 原 雄一, 唐木弥彦, 高寺 朗, 西條勝宣 (2011), 玄米を給与した「信州黄金シャモ」の肉質特性. 長野県畜産試験場研究報告 **32**: 23-29.
- 33) 赤羽真理恵, 原 雄一, 長谷川武史, 高寺 朗, 二木政夫, 古賀照章 (2015), 飼料用米の給与が「しなの鶏」の生産性に及ぼす影響. 長野県畜産試験場研究報告 **33**: 29-34.
- 34) 平川達也, 西尾祐介, 笠正二郎 (2016), 「はかた一番どり」への全粒飼料用米の給与が発育及び肉質に及ぼす影響. 福岡県農林業総合試験場研究報告 **2**: 64-68.
- 35) 平川達也, 西尾祐介, 笠正二郎 (2018), 「はかた一番どり」への飼料用米の最大量給与が発育及び肉質に及ぼす影響. 福岡県農林業総合試験場研究報告 **4**: 77-83.
- 36) 平川達也, 西尾祐介, 笠正二郎 (2019), 「はかた地どり」への飼料用米の最大量給与が発育及び肉質に及ぼす影響. 福岡県農林業総合試験場研究報告 **5**: 47-52.
- 37) 立川昌子, 石川寿美代, 早川 博, 加藤 勉 (2013), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(1). 岐阜県畜産研究所研究報告 **13**: 7-15.
- 38) 立川昌子, 石川寿美代, 早川 博, 北 和夫 (2013), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(2). 岐阜県畜産研究所研究報告 **13**: 16-23.
- 39) 立川昌子, 石川寿美代, 早川 博, 北 和夫 (2013), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(3). 岐阜県畜産研究所研究報告 **13**: 24-33.
- 40) 立川昌子, 石川寿美代, 白井秀義, 北 和夫 (2014), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(4). 岐阜県畜産研究所研究報告 **14**: 19-25.
- 41) 立川昌子, 石川寿美代, 白井秀義, 北 和夫 (2014), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(5). 岐阜県畜産研究所研究報告 **14**: 26-33.
- 42) 立川昌子, 石川寿美代, 酒井喜義, 坂口慎一 (2015), 肉用奥美濃古地鶏の飼料用米(モミ米)給与試験(6). 岐阜県畜産研究所研究報告 **15**: 29-34.
- 43) 相馬文彦, 山上善久, 小林正樹 (1983), 2採卵鶏に対する飼料原料としてのエサ米配合の影響. 埼玉県養鶏試験場研究報告 **17**: 11-19.
- 44) 相馬文彦, 山上善久, 小林正樹 (1984), 採卵鶏に対する飼料原料としてのエサ米配合の影響(3). 埼玉県養鶏試験場研究報告 **18**: 40-45.
- 45) 相馬文彦, 山上善久, 小林正樹 (1984), 採卵鶏に対する飼料原料としてのエサ米配合の影響(4). 埼玉県養鶏試験場研究報告 **18**: 46-54.
- 46) 相馬文彦, 山上善久, 小林正樹 (1986), 採卵鶏に対する飼料原料としてのエサ米配合の影響(5). 埼玉県養鶏試験場研究報告 **20**: 21-26.
- 47) 中村英雄, 岩崎 剛 (2013), 採卵鶏に対する粳米の漸増給与法. 埼玉県農林総合研究センター研究報告 **12**: 39-42.
- 48) 脇 雅之, 村野多加子 (2009), 飼料用米の採卵鶏への利用. 千葉県畜産総合研究センター研究報告 **9**: 5-8.
- 49) 斉藤健一, 松本友紀子, 村野多加子 (2011), トウモロコシ乾燥蒸留粕と飼料用米の給与が産卵鶏の生産性に及ぼす影響. 千葉県畜産総合研究センター研究報告 **11**: 39-48.
- 50) 脇 雅之, 村野多加子 (2011), 丸粒粳及び玄米の採卵鶏への利用. 千葉県畜産総合研究センター研究報告 **11**: 55-58.
- 51) 岡田浩子, 脇 雅之 (2016), 配合飼料への玄米の上乗せが採卵鶏の産卵成績および卵質に及ぼす影響. 千葉県畜産総合研究センター研究報告 **16**: 41-46.
- 52) 本多美友子, 伊藤香葉, 岡田浩子, 高橋圭二 (2017), 飼料用米の給与形態や配合割合の違いが採卵鶏の生産性に及ぼす影響. 千葉県畜産総合研究センター研究報告 **17**: 33-38.
- 53) 立川昌子, 浅野智宏, 石川寿美代, 島部奈美, 早川 博 (2009), 飼料用米による採卵鶏への影響. 岐阜県畜産研究所研究報告 **9**: 41-46.
- 54) 立川昌子, 石川寿美代, 坂井喜義, 坂口慎一 (2015), 採卵鶏への飼料用米(モミ米)給与試験. 岐阜県畜産研究所研究報告 **15**: 20-28.
- 55) 後藤光津夫, 小林幸雄, 信岡誠治 (2010), 飼料用米をトウモロコシの代替とした採卵鶏飼料の開発. 群馬県畜産試験場研究報告 **17**: 79-89.
- 56) 大窪敬子, 森田幹夫, 須藤正巳, 前田育子 (2011), 採卵鶏の飼料用米給与による生産技術の確立. 茨城県畜産センター研究報告 **44**: 28-31.
- 57) 井上寛暁, 山崎 信, 松本光史, 梶 雄次, 高田良三 (2019), リジン, トレオニン, メチオニンおよびトリプトファン濃度を高めた飼料の給与が暑熱時の肥育後期豚の飼養成績に及ぼす影響. 日本養豚学会誌 **56**: 8-14.
- 58) Sittia J, Yamauchi K, and Morokuma M (2011), Chemical composition, digestibility of crude fiber and gross energy,

- and metabolizable energy of whole paddy rice of momi-roman. *J. Poult. Sci.* **48**: 259-261.
- 59) Sittia J and Yamauchi K (2014), Effects of replacing corn with whole-grain paddy rice in laying hen diets on egg production performance. *J. Adv. Agric. Technol.* **1**: 1-4.
- 60) An BK, An SH, Jeong HS, Kim KE, Kim EJ, Lee SR, and Kong C (2020), Evaluation of energy and amino acids of brown rice and its effects on laying performance and egg quality of layers. *J. Anim. Sci. Technol.* **62**: 374-384.
- 61) Kubota M, Watanabe R, Kabasawa H, Lino N, Saito A, Kumagai T, and Kadowaki M (2013), Rice protein ameliorates the progression of diabetic nephropathy in Goto-Kakizaki rats with high-sucrose feeding. *Br. J. Nutr.* **110**: 1211-1219.
- 62) Murai A, Kitahar K, Terada H, Ueno A, Ohmori Y, Kobayashi M, and Horio F (2018), Ingestion of paddy rice increases intestinal mucin secretion and goblet cell number and prevents dextran sodium sulfate-induced intestinal barrier defect in chickens. *Poult. Sci.* **97**: 3577-3586.