

## 7. フィターゼ添加低リン飼料およびアオサの飼料添加による高付加価値鶏卵生産の検討

中小家畜科：大浦 昭寛・松本 信助<sup>1</sup>・大保 稲實  
(<sup>1</sup> 岐阜地方局)

### 要 約

ミネラル分や他有効成分が増加した高付加価値鶏卵を開発するために、消化酵素フィターゼを低リン飼料に添加し卵黄中のミネラル分増加について調査を行ったが、卵黄中の鉄、亜鉛、カルシウムの増加は見られなかった。

また、大村湾のアナアオサ(以下「アオサ」と略)を 2.5 %及び 5%採卵鶏用飼料に添加することによりアオサ無添加に比べ卵黄中のヨウ素、β-カロテン、ルテインが有意に増加した( $p<0.05$ )。

なおフィターゼ添加の低リン飼料は、慣行飼料に比べて鶏排泄物中のリン量を減少させることを確認した。また、5%アオサ添加区で鶏排泄物中の水分がアオサ無添加区に比べ有意( $p<0.05$ )に増加した。

キーワード：高付加価値鶏卵、フィターゼ、低リン飼料、アオサ

### 結 言

飼料中の植物由来のリンはフィチン酸のかたちで存在しており<sup>1)</sup>、ニワトリはフィチン酸の消化酵素を持たないために、採卵鶏用飼料にはリン酸カルシウム等の鉱物性リンが添加されている。一方、この鉱物性リンは、海外から輸入されている資源であり、かつ、鶏糞として環境への負荷を考えた場合、その量を低減させることが望ましい。

飼料中のフィチン酸は消化の際にカルシウムイオンなどとキレートを形成し排泄物として体外に放出するなどミネラル分吸収の阻害物質である。

なお、卵中栄養分の鉄、カルシウムなどは飼料に影響されにくい<sup>2)</sup>とされている。

また、鶏を用いたフィターゼ添加の低リン飼料給与で排泄物中のリンの低減が報告されている<sup>3)</sup>。

そこで、今回の試験では飼料にフィターゼを添加することで、フィチン酸が分解されミネラル分が鶏体に吸収されやすくなることで、そのミネラル分が卵黄中へ移行し卵黄中ミネラル分の増加を期待した(試験 1)。

また、大村湾に繁茂するアオサは夏場に繁茂し漁船運航の障害になっている。このアオサは海水中のミネラル成分を吸収することが知られているが、そのまま放置すると腐敗してミネラル成分は海水に戻ってしまう。そこでアオサを家畜飼料と

して利用できれば廃棄物の有効活用が期待できる。

また、アオサにはヨウ素などの人間にも有効な成分も含まれている。

よって、ニワトリにアオサを給与することで、アオサ由来の有効成分の卵黄中への移行について調査を行った(試験 2)。

### 材料及び方法

#### 1. 試験 1

供試鶏は、平成 14 年 4 月 10 日餌付けの赤玉採卵鶏(商品名：シェーパーブラウン)を 4 週齢まで電熱バッテリーにて飼育し、中大雑ケージにて 119 日齢まで飼育した。

120 日齢以降開放型のケージ鶏舎(間口 24 cm × 奥行 40 cm)に移動し単飼で飼養した。また、試験開始 2 週間前まで慣行飼料を給与した。

試験期間は、平成 14 年 12 月 3 日(238 日齢)から平成 15 年 10 月 31 日(570 日齢)迄の 333 日間とした。

試験区は表 1 により設定し、各飼料共に CP17.0%以上、ME は 2,800kcal/kg 以上の飼料を使用した。なお今回の試験で使用したフィターゼは、協和発酵工業株式会社の酵母由来フィターゼ(商品名：フィターゼ協和)を使用した。

表 1. 試験区分及び供試羽数(試験 1)

試験区	試験羽数	飼料給与内容
対照区	74羽(37羽×2反復)	慣行飼料
LP+F区	同上	低リン飼料+フィターゼ <sup>®</sup> 1000単位/kg
LP区	同上	低リン飼料

LP：低リン飼料，F：フィターゼ  
低リン飼料とは鉱物性リン無添加の採卵鶏用飼料

調査項目は、産卵成績として期間中生存率、ヘンデー(H/D)産卵率、ヘンハウス(H/H)産卵率、産卵日量、飼料要求率、濃厚卵白高、卵殻強度、ROCHE社のYolk Colour Fan使用による卵黄色、卵殻厚、卵黄中のミネラル含有量とした。

統計処理は、一元配置の分散分析ののち Tukeyの方法で有意差検定を行った。

## 2. 試験2

供試鶏は、平成15年6月17日餌付けの赤玉採卵鶏(商品名：ボリスブラウン)を試験1同様に育成した。試験期間は、平成15年12月15日(182日齢)から平成16年3月15日(273日齢)迄の92日間とした。

試験区は表2の6試験区を設定し、各区20羽×4反復の480羽を供試した。基礎飼料には両飼料共にCP17.0%以上、MEは2,800kcal/kg以上の飼料を使用した。なお、基礎飼料に添加したアオサは平成15年9月および10月に大村湾から回収し、水洗・乾燥の後、粉末処理した物を用いた。

調査項目は、産卵成績として試験1と同じ項目及び卵黄中のミネラルやカロテン類の含有量について調査した。

また、排泄物中のリン割合および水分割合も併せて調査した。

統計処理は、二元配置の分散分析ののち Tukeyの方法で有意差検定を行った。

表 2. 試験区分及び供試羽数(二元配置)

要因2	要因1	基礎飼料	
		慣行飼料	低リン飼料+フィターゼ <sup>®</sup> (LP+F)
アサ添加	0.0%	20羽×4反復	20羽×4反復
	2.5%	20羽×4反復	20羽×4反復
	5.0%	20羽×4反復	20羽×4反復

アサ添加量は重量比で、基礎飼料と合計で100%となるように配合したLP+Fのフィターゼ添加量は、1000単位/kg

表 3. 慣行飼料・低リン飼料・アオサの成分含有量

	慣行飼料	低リン飼料	アサ
粗タンパク(%)	17.8	17.8	13.1
ミネラル類			
珪素	0.05	0.10	6.85
リン	540	470	210
鉄	19	10	66
亜鉛	4.7	4.4	2.0
マグネシウム	170	200	3,700
カルシウム	2,300	2,700	1,500
カロテン類			
β-カロテン	0.37	0.31	8.95
ゼアキサンチン	0.38	0.39	0.73
クリプトキサンチン	0.09	0.08	—
α-カロテン	0.02	0.02	0.04
β-カロテン	0.26	0.10	1.21
リチノール	0.44	0.27	—
ビタミン類			
α-トコフェロール	0.16	0.12	0.018
β-トコフェロール	0.037	0.03	—
γ-トコフェロール	0.4	0.47	—
δ-トコフェロール	0.015	0.026	—
脂肪酸			
ミリスチン酸	40	33	17
パルミチン酸	750	695	280
パルミトリン酸	52	41	44
ステアリン酸	240	223	15
オレイン酸	1420	1320	39
リノール酸	1810	1740	52
リルン酸	78	67	67
アラキドン酸	7	5	10
ドコサヘキサエン酸	12	4	18

\*長崎県衛生公害研究所分析値

## 結 果

およびLP+F区(低リン飼料+フィターゼ添加区)の飼料摂取量が増加する傾向にあった(表4)。

なお、卵質および卵黄中のリン、鉄、カルシウム、亜鉛のミネラル含有量について各処理区間に有意差はなかった(表5、表6)。

### 1. 試験1

産卵成績について、期間中のヘンデー及びヘンハウス産卵率、平均卵重、産卵日量は各処理区間に有意差はなかったが、LP区(低リン飼料区)の期間中生存率が低い傾向を示した。また、LP区

表4. 産卵成績(試験1)

	期間中 生存率	産卵率		平均卵重 g/個	産卵日量 g/羽・日	飼料摂取量 g/羽・日	飼料要求率
		H/H	H/D				
対照区	98.6%	84.6%	85.1%	68.0	57.8	125.3	2.17
LP+F区	95.9%	84.6%	86.6%	67.9	58.8	131.1	2.23
LP区	91.9%	82.2%	85.8%	68.1	58.4	127.6	2.19

\*各処理区間に有意差なし

H/H：ヘンハウス産卵率、H/D：ヘンデー産卵率

表5. 卵質(試験1)

区	卵重 g	卵殻強度 kg/cm <sup>2</sup>	濃厚卵白高 mm	卵殻厚 μm	卵殻重 g	卵黄色 カーファンNo
対照区	66.0	3.1	5.3	363	6.0	11.0
LP+F区	67.0	3.3	5.2	373	6.3	10.7
LP区	67.3	3.2	5.1	395	6.7	10.9

\*各処理区間に有意差なし

卵黄色カーファンNoはROCHEのyork colour fanの値

表6. 卵黄中のミネラル含有量(試験1)

	単位：mg/100g			
	リン	鉄	カルシウム	亜鉛
対照区	552	5.1	154	4.1
LP+F区	538	5.6	151	4.3
LP区	544	5.2	147	4.2

\*各処理区間に有意差なし

### 2. 試験2

産卵成績について、要因1の慣行飼料と低リン飼料+フィターゼの処理間において、低リン飼料+フィターゼの平均卵重が有意に増加した(p<0.05)。

一方、ヘンデー及びヘンハウス産卵率は慣行飼

料が有意に高かった(p<0.05)。

要因2のアオサの添加割合の処理区間においてはヘンデー及びヘンハウス産卵率、平均卵重、産卵日量、飼料消費量、飼料要求率および濃厚卵白高、卵殻強度の卵質に有意差はなかった(表7、表8)。

なお、卵黄中のミネラル分についてリン、鉄、亜鉛、カルシウム、マグネシウム含有量は各処理区間で有意差はなかったが、ヨウ素含有量はアオサの添加量に応じて増加した(表9)。

また、卵黄中のβ-カロテンおよびルテインが

2.5%および5.0%のアオサ添加区で有意に増加した( $p<0.05$ )。併せて2.5%以上のアオサ添加は、アオサ無添加に比べ卵黄色が有意に濃くなった( $p<0.01$ )(表10)。

表7. 産卵成績(試験2)

飼料	アサ	期間中 生存率	産卵率		平均卵重 g	産卵日量 g	飼料消費量 g/羽・日	飼料 要求率
			H/H	H/D				
慣行飼料	0.0%	100.0%	96.1%	96.1%	62.7	60.3	127.3	2.11
	2.5%	100.0%	96.6%	96.6%	62.5	60.4	128.9	2.13
	5.0%	99.4%	95.6%	96.1%	62.9	60.5	129.0	2.13
低リ飼料 +フイターゼ	0.0%	100.0%	95.0%	95.0%	63.2	60.0	125.9	2.10
	2.5%	100.0%	95.1%	95.1%	63.5	60.4	127.5	2.11
	5.0%	100.0%	94.5%	94.5%	63.3	59.8	128.6	2.15
有意差検定								
基礎飼料間			*	*	*	NS	NS	NS
アサ	0%⇔2.5%		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	0%⇔5%		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	2.5%⇔5%		NS	NS	NS	NS	NS	NS
交互作用			NS	NS	NS	NS	NS	NS

有意差検定の凡例：\* ( $p<0.05$ )，NS (有意差なし)

H/H：ハウス産卵率，H/D：ハデ<sup>o</sup>-産卵率

表8. 卵質(試験2)

飼料	アサ	濃厚卵白高	HU	卵殻強度	卵殻重	卵殻重割合
		mm		kg/cm <sup>2</sup>		
慣行飼料	0.0%	6.3	84.8	3.2	6.1	9.6
	2.5%	6.7	85.9	3.2	6.0	9.3
	5.0%	8.1	84.4	3.2	6.1	9.3
低リ飼料 +フイターゼ	0.0%	6.8	82.4	3.3	6.1	9.5
	2.5%	8.3	84.9	3.2	6.0	9.3
	5.0%	7.9	84.8	3.3	6.1	9.4

\*各処理区間に有意差なし

HU：ハウユニット値

表 9. 卵黄中のミネラル成分(試験 2)

飼料	アサ	リン	mg/100g				
			鉄	亜鉛	カルシウム	マグネシウム	ヨウ素
慣行飼料	0.0%	598	11.1	3.8	132	8.7	0.064
	2.5%	574	9.6	3.4	128	9.0	0.129
	5.0%	576	8.5	3.7	126	10.0	0.214
低リン飼料 +フィターゼ	0.0%	574	7.1	3.4	125	9.0	0.064
	2.5%	564	7.0	3.3	125	10.3	0.147
	5.0%	543	7.1	3.3	125	9.2	0.213
有意差検定							
飼料間		NS	NS	NS	NS	NS	NS
アサ	0%⇔2.5%	NS	NS	NS	NS	NS	**
	0%⇔5%	NS	NS	NS	NS	NS	**
	2.5%⇔5%	NS	NS	NS	NS	NS	**
交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	NS

有意差検定の凡例：\*\* (p<0.01), NS (有意差なし)

\*長崎県衛生公害研究所分析値

表 10. 卵黄中のカロテン類含有量と卵黄色(試験 2)

飼料	アサ	卵黄色		
		β-カロテン μg/g	ルテイン μg/g	カラーファンNo
慣行飼料	0.0%	0.50	14	10.8
	2.5%	0.74	18	11.4
	5.0%	0.83	24	11.6
低リン飼料 +フィターゼ	0.0%	0.19	12	9.8
	2.5%	0.36	16	10.3
	5.0%	0.49	21	10.7
有意差検定				
飼料間		NS	NS	**
アサ	0%⇔2.5%	**	**	**
	0%⇔5%	**	**	**
	2.5%⇔5%	*	**	NS
交互作用		NS	NS	NS

\* (p<0.05), \*\* (p<0.01), NS (有意差なし)

卵黄色カラーファンNoはROCHEのYork Colour Fanの値

β-カロテン, ルテインは長崎県衛生公害研究所分析

鶏排泄物について水分割合は 5%のアオサ添加でアオサ無添加より有意(p<0.05)に高くなった(表 11).

なお, 低リン飼料+フィターゼは慣行飼料に比べて鶏排泄物中リンを 18.7%低減した(表 12).

表 11. 鶏排泄物の水分割合(試験 2)

飼料	アサ	水分割合
慣行飼料	0.0%	78.0%
	2.5%	79.6%
	5.0%	81.0%
低リン飼料 +フィターゼ	0.0%	80.4%
	2.5%	80.7%
	5.0%	81.4%
有意差検定		
飼料間		**
アサ	0%⇔2.5%	NS
	0%⇔5%	**
	2.5%⇔5%	NS
交互作用		NS

\*\* (p<0.01), NS (有意差なし)

## 考 察

今回の試験結果から低リン飼料にフィターゼを添加した処理のみでは飼料中の鉄、亜鉛、カルシウム、マグネシウムのミネラル分を慣行飼料給与時以上に卵黄に移行させることは難しいと思われた。

一方、ニワトリにアオサを給与することでアオサ由来のヨウ素、β-カロテン、ルテインは鶏体に吸収され卵黄中へ移行したと思われた。

このことにより 2.5 ~ 5%のアオサ添加飼料を給与したニワトリからは、ヨウ素、β-カロテンやルテインが多く含まれる高付加価値鶏卵の生産が可能であると思われる。

なお、5%のアオサ添加がアオサ無添加に比べ鶏排泄物中の水分割合が有意に増加したことについて、鶏体内で十分消化されなかった一部の乾燥アオサが水分を吸収し排泄されたため鶏排泄物の水分割合が増加したものと思われた。

近年大村湾のアオサは年次発生量の変化が大きく収穫量は安定しない。

また、アオサの繁茂時期は夏から秋のため、その時期に回収する必要がある。

県衛生公害研究所と行った試算では、現在、大村湾から回収・廃棄されているアオサの量は約 20t/年であり、これを飼料化するとおよそ 2t の乾燥アオサが確保できる。また、これを利用し 2.5%のアオサ添加飼料を周年利用する場合は

表 12. 鶏排泄物中のリン割合(試験 2)

基礎飼料	排泄物中 リン割合	慣行飼料を100%と した場合の比率	リン低減率
慣行飼料	1.68%	100.0%	0.0%
LP+F	1.37%	81.3%	18.7%
乾物中の割合			

(130g/日・羽として)、約 1,600 羽/年が飼養できる結果となったが、アオサの飼料化は水洗、乾燥、粉末化にコストがかかるため、実際に利用する場合は、これらの問題解決が必要である。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、試験 1 に関する分析にご協力を頂きました協和発酵工業(株)の岡田徹氏、浅野雅也氏ならびに、試験 2 に関するアオサの回収および給与飼料および卵黄中成分の分析にあたりご協力頂きました長崎県衛生公害研究所の馬場科長、石崎専門研究員、赤澤研究員、江川研究員、西川研究員に感謝いたします。

## 引用文献

- 1)清水幹夫, フィチン酸とフィターゼ. 畜産の研究, 52:335-340.1998
- 2)日本飼養標準(家禽)2004年版. (社)中央畜産会, 68-69.2004
- 3)武政正明・村上斉・石渡健一, フィターゼの利用によるリン排泄量低減の可能性. 日本家禽学会誌, 31:227.1994