

## 機能性卵に関する試験

須藤正巳<sup>\*1</sup>・館野英喜<sup>\*2</sup>・御幡 寿・磯 政男<sup>\*3</sup>  
宮口右二<sup>\*4</sup>・小原夕子<sup>\*4</sup>・永山精美<sup>\*4</sup>

### 要 約

機能性卵を生産するために、採卵鶏に種々の機能性物質を給与して、卵中への移行と産卵性及び卵質に及ぼす効果について検討し、次の結果を得た。

- 1) ギーアミノ酪酸を含む桑葉粉末を成鶏用飼料に15%添加して給与したが、ギーアミノ酪酸の卵中への移行は認められなかった。産卵性については桑葉添加区が劣る成績を示した。また、卵黄色は添加区が濃くなつたが、その他の卵質には差はみられなかつた（試験1）。
- 2) いちょう葉に含まれるケルセチン（フラボノイド配糖体）について、いちょう葉抽出物を成鶏用飼料に0.1%及び1%添加して給与したが、ケルセチンの卵中への移行は、どちらの区においても認められなかつた。破卵率は添加区において低下し、卵黄色は添加区において濃くなつた（試験2）。
- 3) 桑葉中のβ-カロチンについて検討するため、成鶏用飼料に桑葉を10%添加して給与した結果、β-カロチンの卵黄中への移行が認められたが、その濃度は機能性を謳うには充分ではなかつた。産卵率、平均卵重は、桑葉10%添加によって対照区より低下したが、卵黄色が添加区において濃くなつた。また、桑葉添加により鶏糞からのアンモニア発生が抑制された（試験3）。
- 4) 成鶏用飼料にアルファルファミールを10%と、β-カロチン製剤を0.5%添加して給与した結果、β-カロチンの卵黄中濃度は、製剤添加区では試験28日目には対照区の93倍、アルファルファミール添加区では4.5倍となつた。産卵率については製剤添加区が最も優れた。また、卵黄色は製剤添加区で薄くなり、アルファルファミール添加区では赤色が濃くなつた（試験4）。
- 5) 成鶏用飼料にβ-カロチン製剤を0.2%添加した区と、β-カロチン製剤0.2%+大豆油2%を添加した区を設けて給与した結果、β-カロチンの卵黄中濃度は、試験28日目には0.2%添加区で対照区の93倍、大豆油添加区で105倍となつた。産卵率については0.2%添加区が最も優れた。また、卵黄色は0.2%添加区及び大豆油添加区で薄くなつた。

鶏卵1kg当たり飼料費は、0.2%添加区は対照区の1.69倍、大豆油添加区は1.70倍となつた（試験5）。

これらのことから、卵中への移行が確実なβ-カロチン製剤を単体で飼料に添加することによって機能性卵の生産が可能であり、これを通常の1.7倍程度の価格で販売できれば、経営上成り立つものと考えられる。

キーワード：特殊卵、機能性卵、ギーアミノ酪酸、ケルセチン、β-カロチン

\*1現 茨城県農林水産部畜産課

\*2現 茨城県県西地方総合事務所

\*3現 (財) 茨城県農林振興公社

\*4 茨城大学農学部

## 緒 言

機能性食品（特定健康用食品）は、科学的根拠に基づいてヒトの健康に効果が期待できる食品と定義され、近年消費者の関心が高まっている。また、卵価の低迷により、養鶏農家としても高付加価値畜産物の生産に結びつく機能性卵生産についての関心は極めて高い。

このような情勢下、県内の農協から桑葉の新たな利用方法について検討の依頼があり、当研究室ではまず桑葉を用いた機能性卵生産と、卵質及び産卵性に及ぼす影響について検討した。平成10年度は、桑葉中に含まれる機能性物質 $\gamma$ -アミノ酪酸の卵中への移行及び産卵性等に及ぼす影響について検討を行った。平成11年度にはいちらう葉に含まれるケルセチン（フラボノイド配糖体）と桑葉に含まれる $\beta$ -カロチンについて検討した。12年度には同じく $\beta$ -カロチンについて、アルファルファミール及び $\beta$ -カロチン製剤給与による検討を行った。これらの結果から、 $\beta$ -カロチン製剤を用いると生産性を低下させることなく卵中に移行させ得ることが、明らかになった。このため13年度は、 $\beta$ -カロチン製剤を用いた場合の経済性と、大豆油を添加することによる移行率の改善について、検討を行った。

## 試験1. 採卵鶏への桑葉給与の効果

### —桑葉中の $\gamma$ -アミノ酪酸について—

本試験は、生協等に販路を持つ県内の農協から、桑葉に多く含まれ血压降下等の生理作用を持つ $\gamma$ -アミノ酪酸<sup>1)</sup> (GABA) について検討して欲しいとの要望を受けて実施した。

## 材料及び方法

- 1) 試験期間 平成10年8月27日～10月15日  
7週間 (309～357日齢)
- 2) 試験鶏舎 開放式高床鶏舎の2段ゲージ（間口幅24cm）に単飼し、不断給餌とした。  
点灯管理は15時間30分一定点灯とした。
- 3) 供試鶏 平成9年10月24日餌付け  
デカルブエクセルリンクエルTX（白レグ系）  
デカルブゴールド（ロード系）  
各々80羽
- 4) 試験区分 下表のとおり。
- 5) 調査項目 産卵数（率）、破卵数（率）、産卵重量は反復毎に毎日測定した。  
飼料消費量は週ごとに測定した。  
体重（各反復ごとにゲージ上段の10羽）、卵質は試験開始時、3週後、終了時に測定した。  
卵質調査は反復ごとに10個をサンプルに実施し、ハウユニット値、卵黄色、卵殻強度などを採卵翌日に測定した。
- 6) 統計処理 鶏種と給与飼料を要因とする二元配置による分散分析を基本として実施したが、食味調査結果は $\chi^2$ 法により分析した。

区分	鶏種	給与飼料	ME (kcal/kg)	GABA含量* (mg/100g)	羽数
処理1	ロード	当場慣用成鶏用飼料（慣用飼料）	2856	33	20×2反復=40羽
処理2	"	慣用飼料に桑葉15%添加（試験飼料）	2428	219	"
処理3	白レグ	当場慣用成鶏用飼料（慣用飼料）	2856	33	"
処理4	"	慣用飼料に桑葉15%添加（試験飼料）	2428	219	"

\*は分析値、他は計算値

## 結 果

### 1) 産卵性

産卵率は、試験開始2週以降から慣用飼料を給与した区が試験飼料を給与した区に較べ

て明確に高く推移し、全期間及び3週～7週の平均のいずれにおいても危険率1%水準で有意に高かった。

破卵率は、処理1が他に較べて高い値とな

ったが、鶏種間、飼料間のいずれにおいても有意差は認められなかった。

平均卵重は、処理3が他に較べて全期間を通じて2g程度小さい結果となり、全期間の平均において鶏種間（ロード>白レグ）及び飼料間（慣用飼料<試験飼料）に危険率5%水準で有意差が認められ、同水準で交互作用も認められた。

ただ、3週～7週の平均では鶏種間（ロード>白レグ）のみに危険率5%水準で有意差が認められた。

日産卵量は、産卵率とほぼ同じ傾向がみられ、全期間及び3週～7週の平均のいずれにおいても慣用飼料給与区が危険率1%水準で有意に多かった。

## 2) 飼料消費量、飼料要求率及び増体重

飼料消費量は、試験開始1週及び2週は試験飼料給与区の方が少ない傾向がみられたが、その後は鶏種間の差の方が大きくなつた。

従つて、全期間の平均では飼料間（慣用飼料>試験飼料）に危険率5%水準で有意差が認められたが、3週～7週の平均では飼料間の差は有意ではなかつた。

なお、全期間及び3週～7週の平均のいずれにおいても鶏種間（ロード>白レグ）には危険率1%水準で有意差が認められた。

飼料要求率は、処理2の値が他に較べて劣る過が多く、飼料間（慣用飼料<試験飼料）では全期間及び3週～7週の平均のいずれにお

いても危険率1%水準で有意差が認められ鶏種間（ロード>白レグ）では全期間及び3週～7週の平均において危険率1%水準及び5%水準でそれぞれ有意差が認められた。

飼料要求率をME（代謝エネルギー）に換算した値（ME換算要求率）は、飼料消費量と同様の推移を示し、試験開始1週及び2週は試験飼料給与区の方が少ない傾向がみられたが、その後は飼料間の差よりも鶏種間の差の方が大きくなつた。

従つて、全期間の平均では飼料間（慣用飼料>試験飼料）に危険率1%水準で有意差が認められたが、3週～7週の平均の差は有意ではなかつた。

なお、全期間及び3週～7週の平均のいずれにおいても鶏種間（ロード>白レグ）には有意差が認められ、それぞれ危険率は5%水準及び1%水準であった。

増体重は、全期間の平均において慣用飼料給与区の方が危険率1%水準で有意に多かつた。

なお、平均体重はロードの方が重かつた。

試験期間内のへい死数は、処理1が1、処理2が0、処理3が1、処理4が2であり、特定の区に多発することはなかつた。

## 3) 卵 質

卵黄色のカラーファンナンバーは、3週時と終了時において危険率1%水準で有意に試験飼料給与区の値が高く、色合いが濃いとの結果であった。

表1-1 産卵成績及び増体量（全期間）

	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日・羽)	飼料消費量 (g/日・羽)	飼料 要求率	ME換算 要求率 (cal/g)	増体重 (g)
処理1	86.9	3.43	65.4	56.9	115.4	2.030	5798.3	46.7
処理2	76.3	1.81	65.5	50.0	111.8	2.237	5816.8	-149.3
処理3	88.0	0.78	63.6	56.0	108.2	1.932	5518.1	63.5
処理4	76.0	1.93	65.3	49.6	106.8	2.153	5228.1	-112.0
鶏種		*			**	*		*
飼料	**		*	**	*	**		**
交互作用			*					

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり

表1-2 産卵成績及び増体量（3週から7週）

	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日・羽)	飼料消費量 (g/日・羽)	飼料 要求率 (cal/g)	ME換算 要求率 (cal/g)	増体量 (g)
処理1	86.8	3.88	65.8	57.1	117.0	2.048	5851.1	49.6
処理2	74.8	1.72	66.0	49.3	118.2	2.396	5816.8	23.5
処理3	89.7	0.74	64.0	57.4	108.9	1.896	5415.7	55.8
処理4	76.6	1.54	65.7	50.4	112.1	2.225	5402.0	9.8
鶏種		*			**	**	**	
飼料	**			**		**		
交互作用								

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり

表2-1 卵質（開始時）

カラーファン ナンバー	卵黄色					ハウユニット値 (kg/cm <sup>2</sup> )	卵殻強度 (mg/cm <sup>2</sup> )	SUVA	卵殻密度 (g/cm <sup>3</sup> )
	L	a	b	彩度	白色度				
処理1	7.7	66.1	-1.79	54.5	54.5	35.7	75.3	3.50	79.4
処理2	7.9	65.4	-1.65	52.5	52.6	36.9	73.3	3.44	79.7
処理3	8.0	65.2	-1.49	51.0	51.0	38.1	81.5	2.93	75.8
処理4	7.8	65.9	-1.92	52.3	52.4	37.3	82.4	3.49	80.9
鶏種						*			
飼料									
交互作用									

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり

表2-2 卵質（3週時）

カラーファン ナンバー	卵黄色					ハウユニット値 (kg/cm <sup>2</sup> )	卵殻強度 (mg/cm <sup>2</sup> )	SUVA	卵殻密度 (g/cm <sup>3</sup> )
	L	a	b	彩度	白色度				
処理1	8.6	64.7	0.93	53.6	53.6	35.7	78.6	3.54	77.8
処理2	9.3	61.5	3.38	54.4	54.5	33.1	74.8	3.43	75.4
処理3	8.5	65.1	-0.67	51.4	51.5	37.6	79.3	3.11	76.1
処理4	9.6	59.2	2.57	50.8	50.9	34.6	81.6	3.36	77.3
鶏種		**	**	**	**			*	
飼料	**	**	**			**			
交互作用		*							

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり

表2-3 卵質（終了時）

カラーファン ナンバー	卵黄色					ハウユニット値 (kg/cm <sup>2</sup> )	卵殻強度 (mg/cm <sup>2</sup> )	SUVA	卵殻密度 (g/cm <sup>3</sup> )
	L	a	b	彩度	白色度				
処理1	9.5	63.4	3.19	53.9	54.0	34.6	78.7	3.31	78.5
処理2	10.2	61.4	5.03	53.0	53.3	34.1	77.9	3.22	78.7
処理3	9.2	63.8	1.26	51.3	51.4	37.0	80.2	3.17	79.0
処理4	10.1	61.3	3.66	51.9	52.0	35.0	79.2	3.55	81.6
鶏種		**				*			**
飼料	**	**	**						
交互作用		*							

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり

卵黄色のL値（明るさ）は、3週時と終了時において危険率1%水準で試験飼料給与区が有意に低い値となり、カラーファンナンバーと同様に試験飼料が色合いを濃くしていることが窺えた。

なお、3週時においては危険率5%水準で要因間に交互作用が認められた。

卵黄色のa値（赤み）は、3週時と終了時において鶏種間（ロード>白レグ）と飼料間（慣用飼料<試験飼料）の両方で危険率1%水準で有意差が認められた。

なお、終了時には危険率5%水準で交互作用が認められた。

卵黄色のb値（黄色み）は、3週時と終了時のいずれでもロードが白レグに対して高い値を示し、3週時においては危険率1%水準で鶏種間に有意差が認められた。

ただ、給与飼料による差は、ほとんどみられなかった。

ハウユニット値は、開始時と終了時においては白レグがロードに対して数値が高く、開始時には危険率5%水準で有意差がみとめられた。

しかし、終了時には鶏種間と飼料間のいずれにおいても大きな差はみられなかった。

卵殻強度は、処理3が開始時と3週時で他に較べて低い傾向がみられたが、3回の測定時ともに各要因間に有意差は認められなかった。

#### 4) 卵黄中成分

卵黄中のGABA含量は、いずれの区においても測定限界の1ppm以下であった。

表3 卵黄中成分含量

GABA (ppm)	
処理1	<1
処理2	<1
処理3	<1
処理4	<1
鶏種 飼料 交互作用	

#### 5) 官能調査

下記の調査用紙により調査を行ったところ、

試験飼料給与区が色合いの点で慣用飼料給与区より有意に優れるとの結果を得た。

しかし、その他の項目については各区分に明確な差はみられなかつたが、設問の4において処理3の卵を生臭いとした者が4名あつた。

表4 官能調査 (人)

卵黄色の 濃さ	卵黄色の 好み	卵白色の 好み	異臭
処理1	0	3	6
処理2	8	3	2
処理3	0	6	3
処理4	8	4	5
鶏種 飼料	**		

注) \*\*は危険率1%水準、\*は危険率5%水準で要因間にそれぞれ有意差あり  
異臭については、被験者の一部が記入した

#### 調査用紙

官能調査
4区分の内、それぞれの項目に該当すると思われるものを2つ選んで記入して下さい。(①・②・③・④で記入して下さい)
1 卵黄色が濃いと思うものを選んで下さい。(卵黄色の濃さ) 2 卵黄色が好ましいものを選んで下さい。(卵黄色の好み) 3 卵白色が好ましいものを選んで下さい。(卵白色の好み) 4 異臭がするものがあれば記入して下さい。(異臭)

注) ①: 処理1, ②: 処理2, ③: 処理3

④: 処理4

#### 考 察

桑の葉に含まれるGABAの鶏卵への移行の可能性を中心に前回試験<sup>2)</sup>に引き続き、桑葉の給与試験を実施したところ、以下の結果が得られた。

産卵性は、産卵率、日産卵量のいずれにおいても慣用飼料給与区が優れており、今回実施した飼料への桑葉15%添加は明らかに産卵性を低下させる結果となつた。

一方、飼料の利用性は、飼料要求率が試験開始後3週から7週において慣用飼料区が有意に優れる結果となり、産卵性と同様に桑葉の添加により明確に悪化した。

また、1週から2週までの飼料消費量は試験飼料給与区が慣用飼料区より明確に少なく、飼料切り替え直後には試験飼料の嗜好が悪かったことが窺えた。

ただ、その後の飼料消費量は試験飼料区が多くなっており、次第に供試鶏が飼料に順応したものと思われた。

また、飼料要求率を計算上のME値で換算したME換算要求率において、試験飼料区と慣用飼料区の3週から7週の平均はほぼ同じ値となっており、桑葉15%添加による栄養阻害作用はなかったと思われた。

卵質については、卵黄色のカラーファンナンバーアルカリ度及びa値が桑葉の添加により影響を受けることが確認でき、卵黄色を濃くすることがわかった。

ただ、他の卵質の項目では明確な差は認められず、桑葉の添加が卵質に与える影響は卵黄色以外には少ないと思われた。

官能調査は、今回の試験では桑葉を添加したことによる影響は色についてのみみられた。

今回の試験の主題としたGABAの卵黄への移行は、前回試験<sup>2)</sup>と同様に認められない結果となり、GABAの卵黄への移行の可能性は無いものと思われた。

ただし、今回の試験においてビタミンKの移行がみられたように、飼料中の脂溶性ビタミン類などが卵黄成分に移行する可能性は充分にあると思われることから、今後も桑葉の添加の有用性については検討の余地があると思われた。

## 試験2. 採卵鶏へのいちょう葉抽出物給与の効果 —いちょう葉抽出物中のケルセチンについて—

本試験は、フラボノイドを豊富に含むいちょう

葉中<sup>3)</sup>の、痴呆症や動脈硬化の予防に効果のある機能性物質ケルセチン<sup>4)</sup>について、検討した。

### 材料及び方法

- 1) 試験期間 平成11年9月16日～11月4日  
(220～269日齢)
- 2) 試験鶏舎 開放式高床鶏舎の3段ケージ(間口22cm, 奥行き33cm, 高さ42cm)  
に単飼し、飼料及び飲水は自由摂取とした。  
点灯は15時間一定点灯とした。
- 3) 供試鶏 デカルブエクセルリンクエル  
(白レグ系)
- 4) 試験区分 表-1のとおり
- 5) 調査項目 産卵数、破卵数、産卵重量は反復毎に毎日測定した。  
飼料消費量は、反復毎に毎週測定した。  
体重は試験開始時と試験終了時に測定した。  
卵質検査は試験開始時、試験開始27日目、試験終了時に反復毎に無作為に10個抽出し、卵重、卵殻強度、ハウユニット値、卵黄色、卵殻重、卵殻厚について測定した。  
ハウユニット値は、EggマルチテスタEMT-500(ロボットメーション(株), (株)大成電機製作所製)で測定した。  
卵黄色は、EggマルチテスタEMT-500及び日本ミノルタ製CR300で測定した。  
機能性成分(フラボノイド配糖体、ケルセチン)は、試験終了時に各水準毎に飼料(1サンプル)卵黄(5サンプル)血清(5サンプル)を採材し、高速液体クロマトグラフ法で分析した。なお分析は、日本科学飼料協会に依頼した。  
データの解析は、産卵率等の率の項目は、カイ2乗検定により、その他の項目は一元配置の分散分析で行った。有意差の認められた項目についてはTukeyの多重検定を行った。

表-1 試験区分及び供試飼料

区分	給与飼料	ME (kcal)	羽数
対照区	当場慣用成鶏用飼料	2,900	20羽×3反復=60羽
0.1%区	対照区飼料にいちょう抽出物0.1%添加	2,897	20羽×3反復=60羽
1%区	対照区飼料にいちょう抽出物1%添加	2,871	20羽×3反復=60羽

MEは、対照区は表示値、試験区は計算値、いちょう抽出物のカロリーを0として計算

## 結 果

### 1) 産卵性及び飼料消費量

破卵率において、0.1%区及び1%区が対照区に対して有意に( $p < 0.05$ )低下した。その他の項目では、有意差が認められなかった。

表-2 産卵性及び飼料消費量

区分	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日/羽)	飼料消費量 (g/日/羽)	飼料 要求率
対照区	93.17	1.68*a	62.20	57.95	93.80	1.619
0.1%区	91.70	0.98*b	63.80	58.50	94.40	1.614
1%区	92.47	1.01*b	63.04	58.29	94.37	1.619

### 2) 卵 質

試験終了時のカラーファンナンバーにおいて、0.1%区が対照区に対して有意に( $p < 0.05$ )濃くなかった。1%区も有意差が認められなかったものの濃い結果となった。他の項目では、有意差が認められなかった。

表-3 卵質(試験終了時)

区分	ハウユニット ト値	卵殻重 (g)	卵殻厚 (mm)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
対照区	90.17	6.10	0.390	3.67
0.1%区	92.04	6.14	0.380	3.51
1%区	90.73	6.03	0.380	3.50

表-4 卵黄色(試験終了時)

区分	カラーフアン ナンバー	卵 黄 色		
		L	a	b
対照区	9.03**a	61.95	0.63	50.37
0.1%区	9.57**b	61.27	0.97	50.14
1%区	9.33 ab	60.95	1.00	48.43

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

### 3) 機能性成分

飼料中および血清中、卵中の機能性物質(フラボノイド配糖体、ケルセチン)を調べたが、1%区の飼料からしか検出出来なかった。

表-5 機能性物質

区分	全卵中		血清中		飼料中 (mg/100 g)
	ケルセチン (mg/100 g)	ケルセチン ( $\mu$ /ml)	ケルセチン ( $\mu$ /ml)	ケルセチン (mg/100 g)	
対照区	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	
0.1%区	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	
1%区	検出限界以下	検出限界以下	2.6		

検出限界は、全卵中0.1mg/100 g、血清中0.1  $\mu$ /ml、  
飼料中0.5mg/100 g

## 考 察

いちょう葉抽出物を、採卵鶏に給与し卵質と産卵性に及ぼす影響と機能性物質の卵中の移行について検討した。

### 1) 産卵性及び飼料消費量

産卵率、平均卵重、日産卵量、飼料消費量、飼料要求率、増体重、生存率については対照区、0.1%区、1%区とも差はなかった。採卵鶏にいちょう葉抽出物を1%水準で給与しても産卵性は低下しないことが認められた。

破卵率については、0.1%区、1%区が対照区に対して有意に低くなった。卵質調査の中で卵殻厚と卵殻強度を調べているが、有意差が認められなかつたので、なぜいちょう葉抽出物添加により破卵率が低下したのかは不明である。

### 2) 卵 質

卵質は、試験開始時、27日時、試験終了時に調査したが、いちょう葉抽出物添加により卵黄色が濃くなる傾向が見られ、試験終了時に対照区と0.1%区との間に有意差( $p < 0.01$ )が認められた。

ハウユニット値、卵殻重、卵殻厚、卵殻強度には差が認められなかつた。採卵鶏にいちょう葉抽出物を1%水準で給与しても卵質は低下しないことが認められた。

### 3) 機能性成分

いちょう葉抽出物に含まれる機能性物質のフラボノイド配糖体・ケルセチンを、飼料中、血清(鶏自身)、卵中の各段階で分析したが、1%区の飼料からしか検出出来なかつた。いちょう葉抽出物は高価であるため1%以上添加することは難しく、いちょう葉抽出物に含まれる機能性物質のフラボノイド配糖体・ケルセチンの卵中移行による機能性卵生産は、困難と思われる。

## 試験3. 採卵鶏への桑葉給与の効果

### —桑葉中のβ-カロチンについて—

本試験は、桑葉に含まれ抗がん及び免疫賦活作用があるとされるβ-カロチンについて、検討した。

**材料及び方法**

- 1) 試験期間 平成11年11月16日～12月15日  
(281日齢～310日齢)
- 2) 試験鶏舎 開放式高床鶏舎の3段ケージ(間口22cm, 奥行き33cm, 高さ42cm)に単飼し、飼料及び飲水は自由摂取とした。  
点灯は15時間一定点灯とした。
- 3) 供試鶏 デカルブゴールド(ロード系)
- 4) 試験区分  
表1のとおり

**表1 試験区分及び供試飼料**

区分	給与飼料	ME (kcal)	羽数
対照区	当場慣用成鶏用飼料	2,900	20羽×4反復=80羽
桑葉区	対照区飼料に桑葉10%添加	2,610	20羽×4反復=80羽

**5) 調査項目及び調査方法**

- (1) 産卵数、破卵数、産卵重量  
産卵数、破卵数、産卵重量は反復試験毎に毎日測定した。
- (2) 飼料消費量  
飼料消費量は、各反復毎に試験開始から終了まで毎週残飼量を測定し、給与量から差し引いた値を飼料消費量とした。
- (3) 体重  
体重は試験開始時と試験終了時(30日目)に測定した。
- (4) 卵質検査  
卵質検査は試験開始時、試験開始15日目、試験終了時(30日目)に各試験区それぞれ無作為に10個抽出し、卵重、卵殻強度、ハウユニット値、卵黄色、卵殻重、卵殻厚について測定した。ハウユニット値は、EggマルチテスタEMT-500(ロボットメーション(株)、(株)大成電機製作所製造)で測定した。卵黄色は、EggマルチテスタEMT-500を用いて評価するとともに、L値、a値、b値を日本ミノルタ製CR300で測定した。
- (5) アンモニアおよび硫化水素の測定  
鶏糞から発生するアンモニア量を、試験開

始時、試験開始15日目、および試験終了時(30日目)に測定した。測定方法は、反復試験毎に試験鶏舎の2ヶ所から新鮮糞100gを500mlのビーカーに採取した後密封し30°Cの恒温槽に保持し1時間後及び24時間後にガス検知管(株式会社ガステック製、model1801)で測定した。

**(6) 機能性物質(β-カロチン)の測定**

機能性物質(β-カロチン)は総レチノールと併せて、試験終了時に対照区と試験区毎に卵黄(3サンプル)血清(2サンプル)対照区飼料(1サンプル)桑葉(β-カロチンのみを1サンプル)を無作為に採材し、高速液体クロマトグラフ法で分析した。なお分析は、日本科学飼料協会に依頼した。

データの解析は、産卵率の項目は、カイ2乗検定により、その他の項目は一元配置の分散分析を行った。

**結 果****1) 産卵性及び飼料消費量**

産卵率、平均卵重、日産卵量について桑葉区が、対照区に比べて有意に( $p < 0.01$ )低くなかった。

破卵率、飼料消費量、飼料要求率については、差が認められなかった。

**表2 産卵性及び飼料消費量**

区分	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日/羽)	飼料消 費量 (g/日/羽)	飼料 要求率 (%)
対照区	a 95.13	1.45	66.83	63.57	105.75	1.664
桑葉区	b** 91.42	1.78	65.39	59.78	100.42	1.680

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

**2) 増体重**

試験期間中の平均増体重は、対照区が34.75g/羽であったが、桑葉区は、-98g/羽となり有意に( $p < 0.01$ )低くなかった。

**表3 増体重及び生存率**

区分	増体重 (g)	生存率 (%)
対照区	34.75 A	100
桑葉区	-98 b**	100

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

## 3) 卵質

卵黄色に関する項目で差がみられ、カラーファンナンバーは、試験開始15日および試験終了(30日)時において、桑葉区が、対照区に対して有意に( $p < 0.01$ )高く、色合いが濃い結果となった。また、L値(明度)、a値(赤色)、b値(黄色)で評価すると、L値(明度)、a値(赤色)が、試験開始15日および試験終了(30日)時に桑葉区が、対照区に対して有意差( $p < 0.01$ )がみられ、色合い、赤色が濃い結果となった。なお、b値(黄色)については、試験終了(30日)時のみに有意差( $p < 0.01$ )がみられ、黄色が濃くなかった。

ハウユニット値、卵殻重、卵殻厚、卵殻強度の項目では差がみられなかった。

表4 卵質(試験開始15日)

区分	ハウユニット 値	卵殻重 (g)	卵殻厚 (mm)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
対照区	75.27	6.50	0.3923	4.17
桑葉区	78.24	6.64	0.3948	4.18

表5 卵黄色(試験開始15日)

区分	カラーファン ナンバー	卵 黄 色		
		L	a	b
対照区	a	a	a	41.80
	8.65	56.46	1.09	
桑葉区	b**	b**	b**	
	9.10	55.14	3.53	41.24

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

表6 卵質(試験開始30日)

区分	ハウユニット 値	卵殻重 (g)	卵殻厚 (mm)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
対照区	80.95	6.51	0.3988	4.48
桑葉区	78.85	6.52	0.3958	4.30

表7 卵黄色(試験開始30日)

区分	カラーファン ナンバー	卵 黄 色		
		L	a	b
対照区	a	a	a	a
	9.20	59.46	1.39	47.02
桑葉区	b**	b**	b**	b**
	9.70	56.33	2.46	44.15

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

## 4) 臭気成分の抑制

桑葉の給与によりアンモニアの発生が有意に( $p < 0.01$ )抑制された。硫化水素については差がみられなかった。

表8 臭気成分(アンモニア)

	試験開始時		試験15日時		試験終了時		平均
	1時間 Ppm	24時間 ppm	1時間 Ppm	24時間 ppm	1時間 Ppm	24時間 ppm	
対照区	2	1	4.5	5	1.75	1.75	2.667
桑葉区	1	0.5	0	0	0.25	0	0.291

異符号間に有意差あり( $p < 0.01$ )

表9 臭気成分(硫化水素)

	試験開始時		試験15日時		試験終了時		平均
	1時間 Ppm	24時間 ppm	1時間 Ppm	24時間 ppm	1時間 Ppm	24時間 ppm	
対照区	0	0	0.075	6.25	1.5	47	9.1375
桑葉区	0	0	0.2	22.8	0.725	41.625	10.891

## 5) 機能性物質

機能性物質( $\beta$ -カロチン)は、対照区では血清中及び卵黄中から検出できなかったものの、桑葉区の血清中及び卵黄中で検出された。桑葉給与によって卵黄中に $\beta$ -カロチンが移行した。

表10 機能性物質

	レチノール		$\beta$ -カロチン		検出限界
	桑葉区	対照区	桑葉区	対照区	
卵黄中 (mg/卵黄100g)	0.71	0.66	0.02		以下
血清中 ( $\mu$ g/血清ml)	1.40	1.59	0.055		以下

卵黄中検出限界0.02mg/100g、血清中検出限界0.03 $\mu$ g/ml

表11 機能性物質

	レチノール		$\beta$ -カロチン	
	対照飼料 (mg/100g)	桑葉 (mg/100g)	分析せず	29
飼料中及び桑葉中検出限界0.02mg/100g	0.4			

## 考 察

桑葉を、採卵鶏に給与し卵質と産卵性に及ぼす影響と機能性物質の卵中への移行について検討した。

### 1) 産卵性、飼料消費量、増体重

産卵率、平均卵重、日産卵量について桑葉区が、対照区に比べて有意に ( $p < 0.01$ ) 低くなった。破卵率、飼料消費量、飼料要求率については、差がなかった。また、増体重、桑葉給与によりマイナスとなった。これらの結果は、桑葉を 5%, 10%, 15% 添加して試験を行った平成10年度の試験結果<sup>2)</sup>と同様であった。慣用飼料に桑葉を10%以上添加する場合には、産卵性を低下させないためカロリ一、CP等の補正が必要と思われる。

### 2) 卵 質

桑葉の給与により、ハウユニット値、卵殻重、卵殻厚、卵殻強度の項目では差がみられず、卵黄色に関する項目のみで差がみられ、カラーファンナンバー、L 値(明度)、a 値(赤色)が試験開始15日、試験終了時に有意に ( $p < 0.01$ ) 濃くなかった。b 値(黄色)は、試験終了時に有意に ( $p < 0.01$ ) 濃くなかった。これは桑葉中の色素(カロチノイド類、キサントフィル類)によるものと推察される。桑葉の給与によって、ハウユニット値、卵殻重、卵殻厚、卵殻強度の項目では差がみられず、卵黄色が濃くなることから、桑葉が天然の卵黄着色剤としても利用出来ることが示唆された。

### 3) 臭気成分の抑制

今回桑葉の給与は、機能性卵生産を目的としたが、その副次的効果として、鶏糞からのアンモニアの発生が有意に ( $p < 0.01$ ) 抑制された。しかし、硫化水素については、ばらつきが大きく差がみられなかった。桑葉がどの様な作用機序でアンモニアの発生を抑制するのかは今後検討が必要であるが、桑葉給与が悪臭防止の一つの手段として有効と思われる。

### 4) 機能性物質

機能性物質( $\beta$ -カロチノイド)は、対照区では血清中及び卵黄中から検出できなかったが、桑葉区の血清中 ( $0.055 \mu\text{g}/100\text{ g}$ ) 及び卵黄

中 ( $0.02 \mu\text{g}/100\text{ g}$ ) で検出され、卵黄中への移行が確認できた。桑葉区卵黄中の  $\beta$ -カロチノイド濃度は、今回の対照区に比較すると高かったものの、四訂食品成分表値<sup>6)</sup>の  $0.042 \mu\text{g}/100\text{ g}$  と比較して高い値ではなかった。

レチノールは、血清中で桑葉区  $1.40 \mu\text{g}/100\text{ g}$ 、対照区  $1.59 \mu\text{g}/100\text{ g}$ 、卵黄中で桑葉区  $0.71 \mu\text{g}/100\text{ g}$ 、対照区  $0.66 \mu\text{g}/100\text{ g}$  であり差がなかった。卵黄中の値は、四訂食品成分表値<sup>6)</sup>の  $0.052 \mu\text{g}/100\text{ g}$  と比較してやや高い値であった。

以上の結果から、桑葉を採卵鶏に10%給与することにより、桑葉中の機能性物質( $\beta$ -カロチノイド)が卵黄中に移行し機能性卵を生産出来ることが示唆された。しかし、移行濃度等の点について今後さらに検討が必要と思われる。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、お忙しい中貴重な桑葉をご提供いただいた農業総合センター園芸研究所蚕糸昆虫研究室の皆様に深謝いたします。

## 試験4. 採卵鶏へのアルファルファミール給与の効果について

### —アルファルファミール中の $\beta$ -カロチノイドについて—

本試験は、桑葉よりも年間を通じて安価で容易に入手でき、 $\beta$ -カロチノイドを豊富に含むアルファルファミールについて検討した。

## 材料及び方法

- 1) 試験期間 平成12年10月31日～11月28日  
(232日齢～260日齢)
- 2) 試験鶏舎 開放式高床鶏舎の2段ケージ(間口22cm, 奥行き33cm, 高さ42cm)に単飼し、飼料及び飲水は自由摂取とした。  
点灯は15時間一定点灯とした。
- 3) 供試鶏 デカルブエクセルエル(白レグ系)
- 4) 試験区分及び供試飼料  
試験区分は、表1に示した。対照区(当場慣用飼料を給与) アルファルファ区(対照区

飼料にアルファルファミールを10%添加給与), 製剤区(対照区飼料にβ-カロチノン製剤を0.5%添加給与)の3区分とした。β-カロ

チノン製剤は、飼料添加物ロビミックスβ-カロチノン10%:ロッシュビタミンジャパン(株)を用いた。

表1 試験区分及び供試飼料

区分	給与飼料	ME (kcal/kg)	CP (%)	羽数
対照区	当場慣用成鶏用飼料	2,900	17.0	20羽×4反復=80羽
アルファルファ区	対照区飼料にアルファルファミール10%添加	2,706	17.05	20羽×4反復=80羽
製剤区	対照区飼料にβ-カロチノン製剤0.5%添加	2,886	16.92	20羽×4反復=80羽

ME, CPは、対照区については表示値、試験区については計算値 β-カロチノン製剤のME, CPは0として計算した

### 5) 調査項目及び調査方法

#### (1) 産卵数, 破卵数, 産卵重量

産卵数, 破卵数, 産卵重量は反復試験毎に毎日測定した。

#### (2) 飼料消費量

飼料消費量は、各反復毎に試験開始から終了まで毎週残飼量を測定し、給与量から差し引いた値を飼料消費量とした。

#### (3) 体重

体重は試験開始時と試験終了時(28日目)に測定した。

#### (4) 卵質検査

卵質検査は試験開始時、試験開始14日目、試験終了時(28日目)に各試験区それぞれ無作為に10個抽出し、卵重、卵殻強度、ハウユニット値、卵黄色、卵殻重、卵殻厚について測定した。ハウユニット値は、EggマルチテストEMT-500(ロボットメーション(株))

(株)大成電機製作所製造)で測定した。卵黄色は、EggマルチテストEMT-500を用いて評価するとともにL値、a値、b値を日本ミノルタ製CR300で測定した。

#### (5) アンモニア測定

鶏糞から発生するアンモニア量を、試験開始時、試験開始14日目、および試験終了時(28日目)に測定した。測定方法は、反復試験毎に試験鶏舎の2ヶ所から新鮮糞100gを500mlのビーカーに採取した後密封し30°Cの恒温槽に保持し1時間後及び24時間後にガス検知管(株式会社ガステック製、model1801)で測定した。

#### 6) 機能性物質(β-カロチノン)の測定

卵黄中の機能性物質(β-カロチノン)は、試

験開始時、試験開始14日目、試験終了時(28日目)に試験区毎に無作為に9個抽出し分析した。なお、血清の分析には試験開始時、試験終了時(28日目)に試験区毎に無作為に3羽抽出し採血した後分離した血清を試料とした。また給与飼料(対照区飼料、アルファルファミール区、0.5%製剤区)についても分析した。

#### (1) 卵黄中β-カロチノン含量の測定

石川ら<sup>7)</sup>の方法に準じて次の方法で測定した。まず、あらかじめ卵重を測定した卵の卵黄と卵白を分離した。卵黄を濾紙上で転がし、卵白を取り除いた後卵黄重を測定した。卵黄をよく攪拌混合し、その1gを褐色共栓付試験管(10ml)に採取し、6%ピロガロールエタノールを4ml加えた後、あらかじめ70°Cに加温した40%KOH/メタノール溶液を1ml加え、軽く攪拌し、窒素ガスで置換、密栓をして70°Cウォーターバス内で30分間ケン化した。ケン化終了後、試験管を冷水で冷却し蒸留水2mlとn-ヘキサン5mlを加え、3000rpm、5分間遠心分離後の上層をミリポアフィルター(0.45μm)で濾過し、濾液を別の共栓付試験管に採取した。さらに、遠心分離後の下層にn-ヘキサン1mlを加え、同様に遠心分離し、濾液を上記の褐色共栓付試験管に足し入れた。この操作をもう一度行った。これを35°Cウォーターバス内で窒素ガスを吹き込みながら乾固し、測定まで、-80°Cのディープフリーザーで保存した。測定に際しては、これを室温に戻してから、50μlのベンゼン・ヘキサン(1:5)で再溶解した後、ミリポアフィルター(0.45μm)で濾過し高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で測定した。

HPLC) で測定した。

HPLC の分析条件は次のとおりとした。カラムは、Waters Novac8NVC18 (4 μ) を使用した。移動相は、アセトニトリル：メタノール：クロロホルム (47:47:6) で、流速は、2.0mL/minで行った。検出器は、可視吸収検出器 (453nm) を使用した。β-カロチン標準品は、SIGMA 製 β-カロチン (C-0126 Type II : Synthetic) を使用した。

### (2) 血清中 β-カロチン含量の測定

血清中 β-カロチン含量の測定は次の方法で行った。血清 1.5mL を褐色共栓付試験管 (10mL) に採取した。6% ピロガロールエタノールを 4mL 加え、あらかじめ 70°C に加温した 40% KOH / メタノール溶液を 1mL 加え、軽く攪拌し、窒素ガスで置換後、栓をして室温で 24 時間冷ケン化した。ケン化終了後、試験管を冷水で冷却し蒸留水 2mL と n-ヘキサン 5mL を加え、3000rpm、5 分間遠心分離後上層をミリポアフィルター (0.45 μm) で濾過し、濾液を別の共栓付試験管に採取した。さらに、遠心分離後の下層に n-ヘキサン 1mL を加え、同様に遠心分離し、濾液を上記の褐色共栓付試験管に足し入れた。この操作をもう一度行った。これを 35°C ウォーターバス内で窒素ガスを吹き込みながら乾固し、測定まで、-80°C のディープフリーザーで保存し、供試する場合、室温に戻してから、対照飼料 100 μL、アルファルファミール単味飼料 150 μL、0.5% 製剤添加飼料 150 μL のベンゼン・ヘキサン (1:5) で再溶解した後、ミリポアフィルター (0.45 μm) で濾過し HPLC で測定した。HPLC の分析条件は、前記卵黄中の分析と同様であった。

### (3) 飼料中 β-カロチン含量の測定

飼料中 β-カロチン含量の測定は次の方法で行った。粉碎した飼料を対照飼料 3g、アルファルファミールを単味飼料 1g、0.5% 製剤添加飼料 1g を乳鉢に採取し、海砂 1g とともに良く擦りつぶした。さらにアセトン／エーテル (9:1) 5mL を加えて、浸漬し、溶出液を褐色メスフラスコに移す。この操作を色が無くなるまで行なった。採取した抽出液をアセトン／エタノール (9:1) で一定量に調製し、10mL までエバボレーター濃縮した。

6% ピロガロールエタノールを 4mL 加え、あらかじめ加した 40% KOH / メタノール溶液を 1mL 加え、軽く攪拌し、窒素ガスで置換後、栓をして室温で 24 時間冷ケン化した。ケン化終了後、試験管を冷水で冷却し蒸留水 2mL と n-ヘキサン 5mL を加え、3000rpm、5 分間遠心分離後上層をミリポアフィルター (0.45 μm) で濾過し、濾液を別の共栓付試験管に採取した。さらに、遠心分離後の下層に n-ヘキサン 1mL を加え、同様に遠心分離し、濾液を上記の褐色共栓付試験管に足し入れた。この操作をもう一度行った。これを 35°C ウォーターバス内で窒素ガスを吹き込みながら乾固し、測定まで、-80°C のディープフリーザーで保存し、供試する場合、室温に戻してから、対照飼料 100 μL、アルファルファミール単味飼料 150 μL、0.5% 製剤添加飼料 150 μL のベンゼン・ヘキサン (1:5) で再溶解した後、ミリポアフィルター (0.45 μm) で濾過し HPLC で測定した。HPLC の分析条件は、前記卵黄中の分析と同様であった。

データの解析は、産卵率は、カイ 2 乗検定により、その他の項目は一元配置の分散分析で行った。

## 結 果

### 1. 産卵性、飼料消費量、飼料要求率および給与飼料の単価

産卵率は、製剤区、対照区、アルファルファ区の順で優れていた。平均卵重は、アルファルファ区が他の区に対し有意に重かった。日産卵量は、製剤区が、アルファルファ区に対して有意に多くなった。破卵率、飼料消費量、飼料要求率については、いずれも有意の差が認められなかった。鶏卵 1kg を生産するための飼料費は、対照区が 91.75 円/kg に対し、アルファルファ区 98.10 円/kg で 1.07 倍、製剤区 244.86 円/kg で 2.67 倍であった。

表2 飼料中の $\beta$ -カロチン含量及び飼料単価

区分	$\beta$ -カロチン量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	飼料単価 (円/kg)
対照区飼料	26.9	45.00
アルファルファ (单味)	3442.6	52.50
10%アルファルファ飼料	368.5	45.75
0.5%製剤区飼料	34225.1	119.78

表3 産卵性 (試験開始1~28日)

区分	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日/羽)
対照区	A 91.83±7.97	0.19±1.00	62.81±0.95	57.67±4.97
	C		A	A
アルファルファ区	90.04±8.40	0.05±0.52	63.06±1.27	56.76±5.15
	B		B	B
製剤区	94.11±7.07	0	62.48±1.33	58.79±4.42

異符号間に有意差あり (a : b, b : c p &lt; 0.01, a : c p &lt; 0.05)

表4 飼料消費量及び飼料要求率 (試験開始1~28日)

区分	飼料消費量 (g/日/羽)	飼料要求率 (g/日/羽)	飼料費 (円/鶏卵 1kg)
対照区	117.59±10.14	2.039	91.75
アルファルファ区	121.70±10.14	2.144	98.10
製剤区	120.18±9.05	2.044	244.86

表5 平均増体重及び生存率

区分	1日目体重 (g)	28日目体重 (g)	増体重 (g)	生存率 (%)
対照区	1563.76±164.87	1567.04±138.53	3.28	100
アルファルファ区	1612.8±138.64	1622.72±144.71	9.92	100
製剤区	1565.76±192.98	1617.92±145.74	52.16	100

表6 卵質

区分	ハウユニット値	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
試験開始1日目	Ns	ns	Ns
対照区 (n=40)	90.94±5.61	62.30±4.53	3.70±0.59
アルファルファ区 (n=40)	90.58±5.70	64.05±4.63	3.68±0.69
製剤区 (n=40)	88.71±5.61	63.09±3.57	3.79±0.46
試験開始14日目	Ns	ns	Ns
対照区 (n=40)	86.61±8.11	62.91±4.51	3.83±0.47
アルファルファ区 (n=40)	88.91±6.77	64.27±4.63	3.64±0.59
製剤区 (n=40)	89.98±5.37	63.61±3.69	3.77±0.65
試験開始28日目	Ns	ns	Ns
対照区 (n=40)	86.38±8.87	62.08±4.03	3.71±0.61
アルファルファ区 (n=40)	87.53±8.25	62.70±5.31	3.65±0.65
製剤区 (n=40)	88.47±6.69	61.62±4.16	3.85±0.65

表7 卵黄色

区分	カラーファンスコア	卵黄色		
		L値	a値	b値
<b>試験開始1日目</b>				
	Ns			
対照区 (n=40)	10.00±0.55	59.15±1.89 a	2.75±0.78	47.10±3.45 b
アルファルファ区 (n=40)	9.88±0.46	58.19±2.44 a	2.43±1.06 b	44.52±7.10
製剤区 (n=40)	9.88±0.65	55.66±4.07 b	2.98±0.79 c	43.87±3.19 c
<b>試験開始14日目</b>				
	Ns			
対照区 (n=40)	9.33±0.57 a	59.97±1.88 c	1.64±0.80 a	48.17±3.01
アルファルファ区 (n=40)	9.45±0.64 a	58.71±2.17 b	2.30±0.98 bc	48.76±4.28
製剤区 (n=40)	8.80±0.56 b	60.06±2.37 c	0.93±0.95 d	47.71±3.65
<b>試験開始28日目</b>				
	ns			
対照区 (n=40)	9.05±0.55	59.96±2.30 a	1.99±0.87 a	46.81±4.01 b
アルファルファ区 (n=40)	9.05±0.55	60.66±1.92 c	3.54±1.17 b	50.33±3.47 a
製剤区 (n=40)	8.98±0.58	61.85±2.31 b	1.84±1.23	48.99±3.50 ca

符号間に有意差あり (a : b, c : d, a : d p < 0.01, b : c p < 0.05)

## 2. 増体重及び生存率

試験期間中の平均増体重は、製剤区で大きくなる傾向が認められたが、有意ではなかった。

試験期間中の死亡及び淘汰はなかった。

## 3. 卵質

卵黄色に関する項目で差がみられ、カラーファンスコアは製剤区で薄くなる傾向が認められ、試験開始14日目では他の区に対して有意に (p < 0.01) 低かったが試験開始28日目では有意差は認められなかった。また、L値(明度), a値(赤色), b値(黄色)で評価すると、製剤区の卵黄色は他の区と比べて明るく、赤色の度合いが薄くなる傾向がみられた。一方アルファルファ区では卵黄の赤色度合い(a値)が濃くなる傾向がみられた。

ハウユニット値、卵殻強度の測定項目では3区間で有意差がみられなかった。

## 4. 臭気成分の抑制

鶏糞からのアンモニア発生については3区間差がみられなかった。

## 5. 機能性物質(β-カロチン)

卵黄中β-カロチン量は、製剤区が試験開始14, 28日目から他の区に比べて有意に増した。アルファルファ区でも有意差は無かったものの、対照区に対し試験開始14, 28日目でそれぞれ2.05~4.48倍となった。血清中のβ-カロチン量は、製剤区が試験開始28日目で他の区に対し有意に高かった。

β-カロチンの出納をみると、摂取量に応じて卵黄中の含量、蓄積量が多くなる傾向を示したが、β-カロチンの給与量が多くなるに伴って移行率の低下傾向が認められた。

表8 鶏糞中の臭気成分(アンモニア)

	試験開始1日目		試験開始14日目		試験開始28日目	
	1時間 Ppm	24時間 Ppm	1時間 ppm	24時間 ppm	1時間 ppm	24時間 ppm
対照区	4.5	14	3.5	10	2.5	9.0
アルファルファ区	2.5	27	1.5	5.5	4.0	15
製剤区	2.0	16	3.5	5.0	2.5	15

表9 卵黄中の $\beta$ -カロチン含量

	試験開始時1日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )	試験開始14日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )	試験開始28日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )
	ns		
対照区 (n=6)	12.45±6.22	11.57±3.60 a	6.45±3.27 a
アルファルファ区 (n=6)	12.80±6.91	23.72±9.94 a	28.91±10.59 a
製剤区 (n=6)	16.90±2.55	455.85±304.49 b	597.84±165.30 b

異符号間に有意差あり (a : b, p &lt; 0.01)

表10 血清中の $\beta$ -カロチン含量

	試験開始1日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )	試験開始28日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )
	ns	
対照区 (n=3)	1.39±0.75	7.73±5.87 b
アルファルファ区 (n=3)	2.28±0.36	3.50±2.20 b
製剤区 (n=3)	2.19±0.35	28.21±13.59 c

異符号間に有意差あり (b : c, p &lt; 0.05)

表11  $\beta$ -カロチン出納

区分	$\beta$ -カロチン 摂取量 ( $\mu\text{g}/\text{羽/日}$ )	卵黄中 $\beta$ -カロチン量 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )	卵黄重 (g/個)	1卵黄中 $\beta$ - カロチン蓄積量 ( $\mu\text{g}/\text{羽/日}$ )	移行率 (%)
<b>試験開始1日目</b>					
対照区	27.43	12.45	15.60	1.942	7.08
アルファルファ区	29.25	12.80	15.45	1.978	6.76
製剤区	29.25	16.90	14.88	2.515	8.60
<b>試験開始14日目</b>					
対照区	32.00	11.57	15.13	1.751	5.47
アルファルファ区	432.98	23.72	15.39	3.650	0.84
製剤区	40337.7	455.84	15.57	70.983	0.18
<b>試験開始28日目</b>					
対照区	33.00	6.45	16.99	1.095	3.32
アルファルファ区	469.17	28.91	16.83	4.867	1.04
製剤区	41864.1	597.84	16.27	97.249	0.23

## 考 察

アルファルファミールと $\beta$ -カロチン製剤を、採卵鶏に給与し卵質と産卵性に及ぼす影響と機能性物質( $\beta$ -カロチン)の卵中への移行について検討した。

## 1. 産卵性、飼料消費量、増体重、飼料費

アルファルファ区では、他の区に対して平均卵重が有意( $p < 0.05$ )に大きくなつたが、産卵率、日産卵量については低下した。今回、農家の容易な実施を考え、慣用飼料に重量比で10%のアルファルファミールを添加して試験を行つた。このため、飼料単価は、45.75円/kg、飼料費は98.10円/鶏卵1kgと対照区の45円/kg、91.75円/鶏卵1kgと比較し飼料

の経済性では差がなかつた。しかし、表-1に示すとおり、カロリーとCPについては、日本飼養標準<sup>8)</sup>と比較してCPの充足率は、110%であったが、カロリーが96.6%と若干不足した。カロリー不足が、アルファルファミール区での産卵性の低下原因の一つと考えられる。製剤区では、産卵率、日産卵量が有意( $p < 0.01$ )に優れていた。また試験期間中の増体重は、製剤区で大きい傾向があつたが各区で差がなかつた。これらのことから $\beta$ -カロチン製剤の給与で産卵性改善の可能性が示唆された。しかし、飼料単価は、119.78円/kg、飼料費は244.86円/鶏卵1kgと対照区に比べ高価となつた。 $\beta$ -カロチン製剤の添加

割合については、損益分岐点を考慮して決定する必要があると思われる。

## 2. 卵 質

ハウユニット値、卵重、卵殻強度は3区間で有意の差がみられず、卵黄色に差がみられた。特にアルファルファミール添加により卵黄色の赤色度合いが濃くなる傾向を示した。これは、桑葉給与の結果<sup>25)</sup>と同様であった。一方 $\beta$ -カロチン製剤を添加したものでは、逆に卵黄色が薄くなる傾向がみられた。特に明度を示すL値、赤色度を示すa値で顕著に低かった。卵黄色は、カロチノイドのうち卵黄に沈着しやすい傾向のある、キサントフィル類の含有量と関係していて、 $\beta$ -カロチン含量は卵黄色にはそれほど効果がないとの報告<sup>9)</sup>と同様の結果であった。

## 3. 臭気成分の抑制

前報で桑葉を給与した場合、鶏糞からのアンモニアの発生が抑制されることを示した。しかし、本試験の結果給与飼料へのアルファルファミール及び $\beta$ -カロチン製剤の添加によって、鶏糞からのアンモニア発生量は抑制できなかった。

## 4. 機能性物質

給与飼料に $\beta$ -カロチン製剤を添加すると卵黄中 $\beta$ -カロチン量は、有意に増加し、対照区に比べて、14, 28日目でそれぞれ39.4倍、92.7倍になった。また、アルファルファミールを添加したものは、対照区のものに比べて、試験開始14, 28日目でそれぞれ2.05倍、4.48倍となった。また、血清中 $\beta$ -カロチン量も、 $\beta$ -カロチン製剤を添加した飼料を給与すると有意に増加した。これらのことから、アルファルファミール及び $\beta$ -カロチン製剤を飼料に添加することで、 $\beta$ -カロチンは卵黄中に移行し、その含量を高めることが可能である。特に、 $\beta$ -カロチン製剤を用いる上で、生産性を低下させることなく比較的容易にその摂取量を調整することが可能で、 $\beta$ -カロチンの卵黄中含量を増加させることができ、高 $\beta$ -カロチン含有を目的とした機能性卵（高付加価値卵）の生産が可能であった。しかし、14, 28日目の $\beta$ -カロチンの出納をみてみると

と、対照区の移行率は3.32~5.47%であったのに対し、アルファルファ区では0.84~1.04%，製剤区では0.18~0.23%であり、摂取量が多くなるほど低下する傾向を示した。今後これらの点についての検討が必要と思われる。

また、本試験での鶏卵1kg当たりの飼料費を比較すると、対照区が91.75円に対しアルファルファ区は、98.10円と1.07倍に見積もられる。アルファルファミールの添加によって比較的安易に通常卵に比べて卵黄色度合いが濃く、 $\beta$ -カロチン含量が約2~4倍高い卵の生産が可能であることが示唆された。一方、 $\beta$ -カロチン製剤を用いると通常卵の39.40~92.69倍高い高 $\beta$ -カロチン含有卵の生産が可能であったが $\beta$ -カロチン製剤を添加した飼料では、244.86円と見積もられ対照区の2.67倍であった。つまり、 $\beta$ -カロチン製剤を0.5%添加すると鶏卵の販売価格を2.67倍以上高くしなければ同じ利益が得られない。それゆえ、高 $\beta$ -カロチン含有卵の生産に際しては $\beta$ -カロチン製剤の利用は、販売価格等を含めた損益分岐点を考慮して添加割合を決定する必要があると思われる。

## 試験5. 採卵鶏への $\beta$ -カロチン製剤と大豆油添加の効果

— $\beta$ -カロチン製剤0.2%添加と大豆油の追加について—

これまでの試験から $\beta$ -カロチン製剤を用いると、生産性を低下させることなく卵中に $\beta$ -カロチンを移行させ得ることが明らかとなったので、本試験では、 $\beta$ -カロチン製剤を用いて経済性と大豆油を添加することによる移行率の改善について検討した。

## 材料及び方法

- 1) 試験期間 平成13年11月6日~12月4日  
(235日齢~263日齢)
- 2) 試験鶏舎 開放式高床鶏舎の2段ケージ（間口22cm、奥行き33cm、高さ42cm）に単飼し、飼料及び飲水は自由摂取とした。  
点灯は15時間一定点灯とした。

## 3) 供試鶏 デカルブラムダ（白レグ系）

## 4) 試験区分及び供試飼料

試験区分は、表1に示した。対照区（当場慣用飼料を給与）、 $\beta$ -カロチン製剤区（対照区飼料に $\beta$ -カロチン製剤を0.2%添加給与）、

大豆油添加区（ $\beta$ -カロチン製剤区飼料に大豆油2%およびビタミンE剤0.1%を添加給与）の3区分とした。 $\beta$ -カロチン製剤は、飼料添加物ロビミックス $\beta$ -カロチン10%：ロシュビタミンジャパン（株）を用いた。

表一 試験区分及び供試飼料

区分	給与飼料	ME (kcal/kg)	CP (%)	羽数
対照区	当場慣用成鶏用飼料	2,850	17.0	20羽×4反復=80羽
$\beta$ -カロチン製剤区	対照区飼料に $\beta$ -カロチン製剤0.2%添加	2,844	16.97	20羽×4反復=80羽
大豆油添加区	$\beta$ -カロチン製剤区飼料に大豆油2%, VE剤0.1%添加	2,968	16.61	20羽×4反復=80羽

ME, CPは、対照区については表示値、試験区については計算値。  
 $\beta$ -カロチン製剤のME, CPは0と計算した

## 5) 調査項目及び調査方法

## (1) 産卵数、破卵数、産卵重量

産卵数、破卵数、産卵重量は試験区毎に毎日測定した。

## (2) 飼料消費量

飼料消費量は、試験区毎に試験開始から終了まで毎週残飼量を測定し、給与量から差し引いた値を飼料消費量とした。

## (3) 体重

体重は試験開始時と試験終了時（28日目）に測定した。

## (4) 卵質検査

卵質検査は試験開始時、試験開始14日目、試験終了時（28日目）に各試験区それぞれ無作為に10個抽出し、卵重、卵殻強度、ハウユニット値、卵黄色、卵殻重、卵殻厚について測定した。ハウユニット値は、EggマルチテスタEMT-500（ロボットメーション（株）、（株）大成電機製作所製造）で測定した。卵黄色は、EggマルチテスタEMT-500を用いて評価するとともにL値、a値、b値を日本ミノルタ製CR300で測定した。

6) 機能性物質（ $\beta$ -カロチン）の測定

卵黄中の機能性物質（ $\beta$ -カロチン）は、試験開始時、試験開始14日目、試験終了時（28日目）に試験区毎に無作為に9個抽出し分析

した。なお、血清の分析には試験開始時、試験終了時（28日目）に試験区毎に無作為に3羽抽出し採血した後分離した血清を試料とした。また給与飼料（対照区飼料、 $\beta$ -カロチン製剤区飼料、大豆油添加区飼料）についても分析した。

レチノールについても $\beta$ -カロチンと同様の処理を行い測定した。

(1)  $\beta$ -カロチン含量の測定

試験4と同じく石川ら<sup>7)</sup>の方法に準じた方法で測定した。

データの解析は、産卵率は、カイ2乗検定により、その他の項目は一元配置の分散分析で行った。

## 結 果

## 1) 産卵性、飼料消費量、飼料要求率および給与飼料の単価

産卵率は、 $\beta$ -カロチン製剤区、対照区、大豆油添加区の順で優れていた。平均卵重は、各区とも有意の差が認められなかった。日産卵量は、破卵率、飼料消費量、飼料要求率についても、いづれも有意の差が認められなかった。鶏卵1kgを生産するための飼料費は、対照区が91.03円/kgに対し、 $\beta$ -カロチン製剤区153.97円/kgで1.69倍、大豆油添加区154.88円/kgで1.70倍であった。

表-2 飼料中の $\beta$ -カロチン含量及び飼料単価

区分	$\beta$ -カロチン量 ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	鶏卵1kg当りの飼料費 (円/鶏卵 1kg)
対照区飼料	27.0	45.00
$\beta$ -カロチン製剤区飼料	2934.43	74.90
大豆油添加飼料	2255.27	78.90

表-3 産卵性(試験開始1~28日)

区分	産卵率 (%)	破卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g/日/羽)
対照区	91.70±1.20 <sup>c</sup>	0.10±0.20	61.25±0.57	56.17±4.97
$\beta$ -カロチン製剤区	92.86±1.60 <sup>b</sup>	0.10±0.20	60.97±0.59	56.62±5.15
大豆油添加区	89.29±1.99 <sup>a</sup>	0	62.99±0.63	56.24±4.42

異符号間に有意差あり (a : b, p &lt; 0.01, a : c p &lt; 0.05)

表-4 飼料消費量及び飼料要求率(試験開始1~28日)

区分	飼料消費量 (g/日/羽)	飼料要求率 (g/日/羽)	飼料費 (円/鶏卵 1kg)
対照区	113.62±20.44	2.023	91.03
$\beta$ -カロチン製剤区	116.38±21.43	2.056	153.97
大豆油添加区	110.40±13.33	1.963	154.88

## 2) 増体重及び生存率

試験期間中の平均増体重は、各区とも有意の差が認められなかった。

試験期間中の死亡及び淘汰はなかった。

## 3) 卵質

卵黄色で差がみられ、カラーファンスコアは $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区で薄くなる傾向が認められ、試験開始14日目、28日目で対照区に比べて有意に低くなった。また、L値(明度)、a値(赤色)、b値(黄色)で評価すると、 $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区で明るく、赤色の度合いが薄くなる傾向がみられた。

ハウユニット値、及び卵殻強度は、3区間で有意の差が認められなかった。

4)  $\beta$ -カロチン(機能性物質)およびルテイン  
卵黄中の $\beta$ -カロチン量は、試験開始14、28日目から $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区が対照区に比べて有意に増加した。また、血清中の $\beta$ -カロチン量も同様に、試験開始14、28日目から $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区が対照区に比べて有意に増加した。

$\beta$ -カロチンの卵黄中含量、移行率をみると、摂取量に応じて卵黄中の含量、蓄積量が多くなった。大豆油添加区での移行率は、 $\beta$ -カロチン製剤区に比べ1.18倍になったものの有意の差は認められなかった。

ルテインも $\beta$ -カロチンと同様の結果となった。

表-5 平均増体重及び生存率

区分	1日目体重(g)	28日目体重(g)	増体重(g)	生存率(%)
対照区	1611.00±146.20	1664.60±153.55	53.60	100
$\beta$ -カロチン製剤区	1608.75±139.68	1673.00±144.59	64.25	100
大豆油添加区	1624.00±143.86	1648.90±145.60	24.90	100

表-6 卵 質

区分	ハウユニット値	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
試験開始1日目	ns	ns	ns
対照区 (n=40)	83.39±9.05	59.59±3.11	3.64±0.49
β-カロチン製剤区 (n=40)	84.08±8.37	59.47±3.23	3.54±0.56
大豆油添加区 (n=40)	83.34±11.29	60.38±2.87	3.66±0.71
試験開始14日目	ns	ns	ns
対照区 (n=40)	86.60±7.33	59.98±3.51	3.70±0.54
β-カロチン製剤区 (n=40)	82.87±5.51	60.99±5.24	3.62±0.67
大豆油添加区 (n=40)	84.24±10.25	62.70±4.86	3.53±0.65
試験開始28日目	ns	ns	ns
対照区 (n=40)	79.74±11.16	60.81±5.40	3.55±0.62
β-カロチン製剤区 (n=40)	76.56±10.12	60.10±4.51	3.70±0.66
大豆油添加区 (n=40)	78.37±9.18	62.61±4.52	3.46±0.73

表-7 卵黄色

区分	カラーファンスコア	卵	黄	色	ns
		L値	a値	b値	
試験開始1日目		ns	ns	ns	ns
対照区 (n=40)	11.20±0.52	58.56±2.67	5.09±1.02	45.05±3.37	
β-カロチン製剤区 (n=40)	11.13±0.52	58.13±3.15	5.32±0.98	44.99±3.60	
大豆油添加区 (n=40)	11.03±0.48	57.44±3.15	5.07±0.78	44.58±3.42	
試験開始14日目					ns
対照区 (n=40)	11.05±0.60 a	58.40±2.55 a	6.06±1.04 a	44.78±3.63	
β-カロチン製剤区 (n=40)	10.20±0.72 b	59.61±3.12	4.44±1.62 b	46.45±4.46	
大豆油添加区 (n=40)	10.28±0.75 b	60.41±2.91 b	4.51±1.89 b	46.28±3.48	
試験開始28日目					
対照区 (n=40)	11.08±0.57 a	55.20±6.10 a	4.83±1.20 a	43.60±4.30 a	
β-カロチン製剤区 (n=40)	10.03±0.77 b	57.54±6.40 c	3.19±1.50 b	43.45±6.95 b	
大豆油添加区 (n=40)	10.05±1.18 b	62.71±2.29 b	2.55±2.29 b,c	48.17±3.21 b	

符号間に有意差あり (a : b, p &lt; 0.01 a : c, b : c p &lt; 0.05)

表-8 卵黄中のβ-カロチン含量

	試験開始時1日目 (μg/卵黄100 g)	試験開始14日目 (μg/卵黄100 g)	試験開始28日目 (μg/卵黄100 g)
対照区 (n=6)	6.03±0.95	6.31±2.39 a	9.51±4.20 a
β-カロチン製剤区 (n=6)	4.57±1.23	1170.49±9.94 b	881.18±394.88 b
大豆油添加区 (n=6)	4.27±1.54	1043.61±410.37 b	998.48±559.91 b

異符号間に有意差あり (a : b, p &lt; 0.01)

表-9 卵黄中のルテイン含量

	試験開始時1日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )	試験開始14日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )	試験開始28日目 ( $\mu\text{g}/\text{卵黄}100\text{g}$ )
	ns		
対照区 (n=6)	128.59±74.27	190.44±41.44 a	239.86±80.41 a
$\beta$ -カロチン製剤区 (n=6)	257.51±74.41	113.06±39.91 b	97.98±41.24 b
大豆油添加区 (n=6)	227.34±114.68	164.12±31.92 b	103.54±39.97 b

異符号間に有意差あり (a : b, p &lt; 0.01)

表-10 血清中の $\beta$ -カロチン含量

	試験開始1日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )	試験開始28日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )
	ns	
対照区 (n=6)	2.12±1.59	1.96±0.50 a
$\beta$ -カロチン製剤区 (n=6)	1.73±0.26	140.63±34.57 b
大豆油添加区 (n=6)	1.43±0.59	57.17±25.14 b

異符号間に有意差あり (b : c, p &lt; 0.05)

表-11 血清中のルテイン含量

	試験開始1日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )	試験開始28日目 ( $\mu\text{g}/\text{血清}100\text{mL}$ )
	ns	
対照区 (n=6)	145.98±77.87	116.59±44.66 a
$\beta$ -カロチン製剤区 (n=6)	142.36±21.64	63.06±8.30 b
大豆油添加区 (n=6)	86.75±70.43	48.87±22.50 b

## 考 察

$\beta$ -カロチン製剤と $\beta$ -カロチンの移行率の改善を目的に $\beta$ -カロチン製剤に大豆油を添加して採卵鶏に給与し、卵質と産卵性に及ぼす影響と機能性物質( $\beta$ -カロチン)の卵中への移行について検討した。

## 1) 産卵性、飼料消費量、増体重、飼料費

産卵率は、 $\beta$ -カロチン製剤区が92.86%と一番優れ、平成12年度の結果と同様であり、 $\beta$ -カロチン製剤添加による産卵性の改善が認められた。一方、大豆油添加区は89.29%で、対照区91.7% (p < 0.05) と $\beta$ -カロチン製剤区 (p < 0.01) に対し有意に劣った。この結果の詳細な要因は不明であるが、大豆油は酸化しやすいという性質があり、今回酸化防止のためビタミンE剤を添加したが酸化を防ぎきれなかったことが要因の一つと考えられる。

平均卵重、日産卵量、破卵率、飼料消費量、飼料要求率については、いづれも有意の差が認められなかった。鶏卵1kgを生産するため

の飼料費は、対照区が91.03円/kgに対し、 $\beta$ -カロチン製剤区153.97円/kgで1.69倍、大豆油添加区154.88円/kgで1.70倍であった。

試験期間中の平均増体重は、各区間に有意の差が認められなかった。

試験期間中の死亡及び淘汰はなかった。

## 2) 卵 質

卵黄色で差がみられ、カラーファンスコアは $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区で薄くなる傾向が認められ、試験開始14日目、28日目で対照区に比べて有意に低くなった。また、L値(明度)、a値(赤色)、b値(黄色)で評価すると、 $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区で明るく、赤色の度合いが薄くなる傾向がみられた。これらの結果は、平成12年度<sup>10)(11)</sup>の結果と同様であった。こうした傾向は、今回卵黄中の $\beta$ -カロチン含量が相対的に増えるに従いルテイン含量が低下したことから推察される。卵黄色を構成する色素成分は、カロチノイドのうち卵黄に沈着しやすい

傾向のある、キサントフィル類（ルテインが主成分）の含有量と関係していて、 $\beta$ -カロチン含量は卵黄色にはそれほど効果がないとの報告<sup>7)</sup>と同様の結果であった。

### 3) 機能性物質

卵黄中の $\beta$ -カロチン量は平成12年度<sup>10)11)</sup>の結果と同様に、試験開始14, 28日目から $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区が対照区に比べて有意に増加した。また、血清中の $\beta$ -カロチン量も同様に、試験開始14, 28日目から $\beta$ -カロチン製剤区および大豆油添加区が対照区に比べて有意に増加した。

$\beta$ -カロチンの卵黄中含量、蓄積量及び移行率をみると、摂取量に応じて卵黄中の含量、蓄積量が多くなった。今回移行率の改善を目的に大豆油を添加したが大豆油添加区での移行率は、 $\beta$ -カロチン製剤区に比べ1.18倍になったものの有意の差は認められなかった。今回、大豆油を添加することで産卵率の低下が認められ、 $\beta$ -カロチン製剤のみの添加で産卵率が改善されたことから添加は $\beta$ -カロチン製剤のみで良いと思われる。また、本試験での鶏卵1kg当たりの飼料費を比較すると、対照区が91.03円に対し $\beta$ -カロチン製剤区は、153.97円と1.69倍と見積もある。一方、大豆油添加区は、154.88円と1.70倍と見積もられた。 $\beta$ -カロチン製剤を0.2%添加した鶏卵を対照区の1.7倍前後で優位・差別販売出来れば経営的に成り立つものと考えられる。

以上の結果から、 $\beta$ -カロチン製剤を均一に0.2%添加することで、容易に $\beta$ -カロチンを目的とした機能性卵（高付加価値卵）の生産が可能であることが明らかとなった。

### ま と め

食品の安全性及び品質に対する消費者の関心は急速な高まりを見せており、畜産物についても同様である。一方、生産者サイドにおいても最近の低卵価に対処するため、付加価値を高めた機能性卵生産のノウハウが求められている。このため、当研究室では県内の農協から桑葉の新しい利用法の検討を依頼されたこともあり、当初は桑葉を用いた機能性卵生産について、試験を行った。

試験1.においては、桑葉中に多く含まれ血压下降等の生理作用を持つ $\gamma$ -アミノ酪酸（GABA）に着目し、成鶏用飼料に桑葉を15%添加して、GABAの卵中への移行と産卵性や卵質に及ぼす効果を検討した。その結果、GABAの卵中への移行は認められなかった。産卵性については、桑葉15%添加による栄養成分の低下を補充しなかつたため、通常の成鶏用飼料を給与した対照区より劣る成績であった。卵質については、卵黄色が対照区より濃くなつた以外に効果は認められなかつた。これらのことにより、桑葉添加によるGABAについての機能性卵の生産は不可能であり、成鶏への桑葉給与の実用性は無いものと思われた。

試験2.においては、フラボノイドを豊富に含み痴呆症や動脈硬化の予防に効果があるとされる<sup>3)4)</sup>いちょう葉の抽出物に含まれる機能性物質ケルセチン（フラボノイド配糖体）について、成鶏用飼料にいちょう葉抽出物0.1%及び1%を添加して、その卵中への移行と産卵性及び卵質に及ぼす効果を検討した。その結果、ケルセチンの卵中への移行は、どちらの添加水準についても認められなかつた。産卵性と卵質において効果が認められたのは、卵黄への着色効果のみであった。いちょう葉抽出物は高価であるので、1%以上添加するには実用的でなく、機能性卵生産に使用するのは困難と思われた。

試験3.においては、再び桑葉中に豊富に含まれる $\beta$ -カロチンに注目して、成鶏用飼料に桑葉10%を添加して検討を行つた。 $\beta$ -カロチンの卵中への移行については、対照区では検出されなかつたのに対して、桑葉給与区では卵黄100g中20 $\mu$ gが含まれ、移行が確認された。しかし、この値は機能性を謳うには充分でなかつた。産卵性については桑葉添加の栄養成分補正をしていないので当然ながら対照区より劣る成績であった。卵質については、試験1と同じく卵黄色が濃くなつた以外に効果は認められなかつた。一方、桑葉を給与した鶏の糞から発生するアンモニアを分析したところ、対照区の約1/9に減少しており、アンモニアの発生を抑制することが認められた。これらのことから、桑葉を成鶏用飼料に添加すること

により、ベータカロチンが卵中に移行はするもののその濃度は低く、機能性卵生産を目的とした桑葉の添加は、実用性に欠けるものと思われた。

試験4においては、前回までの結果から桑葉を使用せずに、卵中の濃度をより高くする可能性のあるβ-カロチン製剤を成鶏用飼料に0.5%添加して、卵中への移行を確認するとともに、桑葉よりも安価で年間を通して容易に入手できるアルファルファミールを10%添加して、β-カロチン製剤と比較した。その結果、卵中のβ-カロチン含量はアルファルファミール添加区では対照区の4.5倍に、製剤添加区では93倍となり、製剤添加区の値は機能性卵として充分であった。

産卵性については、アルファルファミール添加区は対象区より劣ったが、製剤添加区においては産卵率、日産卵量共に対照区より優れた値を示した。

卵質については、アルファルファミール添加区で卵黄色が濃くなり、逆に製剤区では薄くなる傾向が認められた。

アンモニアの発生抑制効果は、今回の試験では両区において認められなかった。

これらのことから、アルファルファミール添加でも添加率を更に上げれば機能性卵生産は可能であろうが、産卵性の低下が問題となる。β-カロチン製剤添加では、容易に機能性卵生産が可能であると思われるが、飼料単価は対照区の2倍以上になるので、添加率の再検討が必要である。

これらのことから、試験5においては、β-カロチン製剤の添加率を試験4の0.5%から0.2%に落とすとともに、β-カロチンの卵中への移行率を高める目的で大豆油を添加して試験した。その結果、β-カロチンの卵中濃度は製剤単独区で28日目に対照区の93倍となったが、大豆油添加区も同様の成績であった。

産卵成績は製剤区で対照区より優れた成績が得られたが、大豆油添加区は劣る成績を示した。これらのことから、大豆油の添加は必要ないものと思われた。

卵質については、両方の添加区で卵黄色が薄くなる傾向が認められたが、必要であれば天然色素の添加で容易に改善することが可能である。

経済性については、鶏卵1kg生産に要する飼料費は対照区の91.03円に対して、β-カロチン製剤区が1.69倍の153.97円、大豆油添加区が1.70倍の154.88円となり、通常卵の1.7倍以上(1個30円程度)で販売できれば、経営上成り立つものと考えられた。

以上の結果から、β-カロチン製剤を0.2%添加することにより容易にβ-カロチンを目的とした機能性卵の生産が可能であることが明らかとなつた。

## 引用文 献

- 1) 神奈川県科学技術政策推進委員会機能性食品共同研究プロジェクトチーム：機能性食品に関する共同研究事業報告、第1号：11-22、平成4年9月、第2号：24-30、平成8年1月
- 2) 館野英喜・谷田部隆・磯 政男：未利用資源の飼料化試験（採卵鶏への桑葉給与の影響）茨鶏試研報、33：15-20（1999）
- 3) 池上保子監修：クスリになる食べ物辞典、220（1996）
- 4) 吉川敏一編集：フラボノイドの医学、48-58（1998）
- 5) 館野英喜・谷田部隆・磯 政男：機能性卵に関する試験（採卵鶏への桑葉給与の影響）茨鶏試研報、33：21-34（1999）
- 6) 女子栄養大学出版部：四訂食品成分表（1998）
- 7) 石川寿美代、村上 齊、山崎 信、武政政明：にんじん茎葉の給与が卵黄中のβ-カロチン含量及び卵質に及ぼす影響。日本家禽学会誌、36：275-282（1999）
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準-家禽、中央畜産会（1997）
- 9) 中村良編：卵の科学：29,116朝倉書店（1998）
- 10) 須藤正巳、磯 政男：機能性卵に関する試験（1)-桑葉の給与が卵質及び産卵性に及ぼす影響、茨畜セ研報、31：37-42（2001）
- 11) 須藤正巳、御幡 寿、宮口右二、小原タ子、永山精美：機能性卵に関する試験(2)-アルファルファミール給与が卵質及び産卵性に及ぼす影響、茨畜セ研報、31：43-50（2001）