

# 食品循環資源と県特産抗酸化素材を活用した採卵鶏用 資源循環型低コスト飼料（エコフィード）の開発

藤原 美華・福島 学・筒井 視有<sup>1</sup>

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

**Development of the Resource Cyclical Form Low Cost Feed (Eco-Feed) for Layer  
which Utilized the Recyclable Food Source and the Prefectural Specialty Anti-Oxidization Material**

Mika Fujihara, Manabu Fukushima and Yoshitomo Tsutsui<sup>1</sup>

*Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture*

## 緒 言

我が国の畜産業は、飼料となる穀物のほとんどを外国からの輸入に依存している。そのため、2006年秋からの国際穀物価格の大幅な上昇に伴う配合飼料価格の高騰は、畜産農家の経営を大きく圧迫している。

また、食品事業者からは食品製造副産物、余剰食品、調理加工残さ、食べ残し等の食品循環資源が日々排出され、その処分費用および環境への影響が問題となっている。

そのような背景から近年国内において、これらの食品循環資源を有効活用した資源循環型低コスト飼料（エコフィード）の開発が多くの研究機関で行われており（村野・青木，2008ほか）、低コスト飼養技術の確立および養鶏農家への普及による養鶏業の活性、並びに飼料自給率の向上を目指した循環型社会の構築が期待されている。

そこで本研究所では、県内で排出される食品循環資源を活用した採卵鶏用エコフィードの開発を目指すこととした。

まず、比較的安定的に調達可能かつ成分が安定していると判断した余剰食品（ご飯および中華麺）を試験的に選択し、エコフィード原料として開発、採卵鶏への給与試験を実施した。しかし、このエコフィードは一定の成績を得ることができるものであったが、配合飼料中のトウモロコシの代替利用であったため、農家での配合の手間から実用化が難しいものであると判断した。

そこで、開発したエコフィード原料（ご飯、中華麺）に、乾燥おからおよび乾燥おからに魚のアラを加えたものをたんぱく源を補うこととした。また、品質を安定させるため、抗酸化能を持つ（西尾ら，2008）米糠由来天然成分であるライストリエノール（築野食品工業株式会社製）を添加した。この改良により、トウモロコシの代替ではなく、配合飼料の代替として直接配合利用可能なエコフィードを開発することができたため、採卵鶏への給与試験を実施し、その性能を調査した。また、同時に、各エコフィード素材に対する抗酸化素材の添加試験を実施し、開発したエコフィード

---

<sup>1</sup>現在：紀南家畜保健所

における品質安定性を調査した。さらに、魚のアラをエコフィード素材として活用するにあたり、加熱乾燥する際の加熱温度および時間により、生成される物質（ジゼロシン）が鶏に悪影響を及ぼす可能性がある（菅原ら, 1992<sup>a</sup> ; 菅原ら, 1990<sup>b</sup>）ことから、生物検定法に準じた安全性を担保する試験も併せて実施した。その結果、農家への実用化が十分可能と考えられる採卵鶏用エコフィードが開発できたので、その内容について報告する。

## 材料および方法

### 1. エコフィード給与試験

2010～2011 年度にかけて、エコフィード素材および配合を変え、採卵鶏への 3 回のエコフィード給与試験を実施した。それぞれの試験設計および試験区分（鶏種、日齢、給与期間、羽数、試験区分および市販配合飼料への配合比等）については第 1 表、エコフィードの成分組成およびその配合比は第 2 表、調査項目については第 3 表のとおりとした。

#### (1) 2010 年度エコフィード給与試験

実際の現場利用は難しいものであったご飯および中華麺を用いた「2009 年度版エコフィード」にタンパク源として乾燥おからを加えることにより、飼料中のトウモロコシの代替ではなく、市販配合飼料の代替として直接配合出来るエコフィードへの改良を目指すこととした。

#### (2) 2011 年度エコフィード給与試験①

2010 年度版エコフィード給与試験の結果から、卵重の低下・飼料消費量の増加、それに伴う飼料要求率の悪化および排糞量の増加が認められ、利用可能農家が限定されること、配合比によっては大きな経済効果が期待できないことが判明した。そこで、それらの問題を解決すべく、乾燥おからに魚のアラを加えた「アラおから」を加えたものとした。

#### (3) 2011 年度エコフィード給与試験②

2011 年度エコフィード給与試験①の結果より、経済効果は大きく改善出来ることが判明したが、期待していた卵重の改善には至らなかった。また、エコフィード素材であるご飯の入手量が限定されることとなったため、それぞれの素材の配合比を変えたものとした。

第 1 表 エコフィード給与試験における試験設計およびエコフィード配合比

試験	鶏種	日齢	給与 期間(日)	羽数 (羽/区)	各エコフィード配合比(%)				
					1 区	2 区	3 区	4 区	5 区
(1) 2010 年度 エコフィード給与試験	ジュリア	167 ～419	252	50	A:100	A:90 B:10	A:85 B:15	A:80 B:20	-
(2) 2011 年度 エコフィード給与試験①	ボリス ブラウン	160 ～482	322	50	A:100	A:90 C:10	A:85 C:15	A:80 C:20	A:90 B:10
(3) 2011 年度 エコフィード給与試験②	ジュリア	189 ～378	189	50	A:100	A:90 C:10	A:90 D:10	A:80 D:20	A:90 E:10

第2表 エコフィード給与試験における各エコフィードの供試飼料組成および配合比（％）

	組成	配合比
A	市販配合飼料(トラスト17;(株)西日本くみあい飼料製)	100%
B	ご飯:中華麺 = 100 : 100	50.0%
	乾燥おから 抗酸化素材(ライストリエノール)	49.5% 300ppm
	色素剤(サニーレッドE;(株)科学飼料研究所製、以下同様)	0.5%
C	ご飯:中華麺 = 100 : 100	50.0%
	乾燥おから:魚のアラ = 100 : 100 抗酸化素材(ライストリエノール)	49.5% 300ppm
	色素剤	0.5%
D	ご飯:中華麺 = 100 : 100	50.0%
	乾燥おから:魚のアラ = 100:30 抗酸化素材(ライストリエノール)	49.5% 300ppm
	色素剤	0.5%
E	ご飯:中華麺 = 30 : 70	50.0%
	乾燥おから:魚のアラ = 100 : 100 抗酸化素材(ライストリエノール)	49.5% 300ppm
	色素剤	0.5%

第3表 エコフィード給与試験における調査項目

	調査項目
生産性成績	平均卵重, 産卵率, 日産卵量, 飼料消費量, 飼料要求率, 排糞量
生産物成績(食卵)	ハウユニット, 卵殻厚, 卵殻破壊強度, 卵黄色 a*
経済性成績	年間飼料費節減額, 年間収支差額 (飼養羽数 採卵鶏 1 万羽, 市販配合飼料価格 53 円/Kg, エコフィード価格 25 円/Kg, 卵価格 185 円/Kg とし試算を実施)
官能検査	ゆで卵の食味検査(黄身の色, 香り, 味, 黄身の舌ざわり, 総合評価) (パネラー20名)

## 2. エコフィード開発に係る品質確認試験

### 2-1. ジゼロシン毒性試験

2011 年度エコフィード供与試験①で開発した‘アラおから’を活用するにあたり、鶏への影響が懸念される物質の生成の有無を調査するため、生物検定法に準じ毒性試験を実施した。

供試鶏は、ブロイラー(チャンキー)の初生雛, 10羽/区(計50羽/5区)とし、初生~8日齢の日間の不断給餌とした。試験区分は、1区を市販配合飼料100%(ブロイラー, 前期用)の対照区とし、2区を市販配合飼料60%+130℃で加熱乾燥したアラおから40%, 3区を市販配合飼料60%+80℃で加熱乾燥したアラおから40%, 4区を市販配合飼料90%+130℃で加熱乾燥したアラおから

10%、5区を市販配合飼料90%+80℃で加熱乾燥したアラおから10%の試験区とした。

試験法は、8日間それぞれの飼料を給与し、病理解剖により最も病状の確認が容易な筋胃の状態を調べた。

## 2-2. エコフィード素材における油脂成分酸化試験

### (1) 油脂酸化加速試験

エコフィード素材は乾燥おからとアラおからを使用した。試験区は、1区は乾燥おからのみの区、2区は乾燥おからにライストリエノールを300ppm添加した区、3区がアラおからのみの区、4区がアラおからにライストリエノールを300ppm添加した区の4区を設定した。試験方法は、それぞれのサンプルを飼料袋(15cm×15cm)に150g/袋(6袋/区)充填後、庫内温度を40℃、湿度を60～70%に設定した高温器にて保管し加速試験を実施した。サンプリングは0週、1週、2週、3週、4週、5週の計6回実施し、ヨウ素滴定法により過酸化物価(POV)を測定した。

### (2) エコフィード素材(おから)品質試験

油脂酸化加速試験の結果より、おからの品質がエコフィードの品質維持に大きく左右することが判明したことから、排出業者の違いによるおからの品質を調べるため、県内および県外の排出業者より回収したおからを用い、油脂を抽出後、前述の方法により過酸化物価(POV)を測定した。

### (3) 品質安定性試験

エコフィード素材である乾燥米、乾燥中華麺、アラおから(100:100)、アラおから(100:30)を常温で2ヶ月保管し、前述の方法により過酸化物価(POV)の経時的(0, 1, 2ヶ月)変化を測定した。エコフィード素材のうち乾燥おから・アラおから(100:100)・アラおから(100:30)は、加工直後にライストリエノールを300ppm添加したものを使用した。

また、乾燥米・乾燥中華麺についてはライストリエノールの添加を行わず検査に供した。

## 結果および考察

### 1. エコフィード給与試験

#### (1) 2010年度エコフィード給与試験

生産性成績では、エコフィード配合による平均卵重の低下(約1.3g/個)、飼料消費量の増加に伴う飼料要求率の悪化(第4表)、および乾燥おからの配合濃度依存的に排糞量の増加がみられた(第5表)。生産物成績では、エコフィード配合による卵質への影響はなかったが、卵黄色は濃くなる傾向があった(第6表)。経済性成績では、年間飼料費節減の効果はあったものの、年間収支差額では、配合比によっては大きな効果が認められなかった(第7表)。また官能検査では、エコフィード配合による生産物の食味への影響は認められなかった(第1図)。

今回開発したエコフィードは、卵重の低下・糞量の増加等といった問題から利用出来る農家は小規模農家に限定されるが、使用する農家の経営形態により経済効果が期待出来るものであると判断できたことから農家普及を開始し、農家で得られた問題点を即試験にフィードバック出来る体制作り、および普及の試験研究結果および事業内容を説明したパンフレットの作成、普及農家に対するエコフィード利用後の聞き取り調査および生産物調査を実施することとした。

第4表 2010年度エコフィード給与試験による生産性成績

	1区	2区	3区	4区
平均卵重(g)	63.53±2.58	62.24±2.28**	62.43±2.29**	62.35±2.12**
平均産卵率(%)	97.05±3.53	96.73±3.19	96.70±2.83	96.78±2.80
日産卵量(g)	61.61±2.44	60.20±2.72**	60.36±2.61**	60.34±2.55**
飼料消費量(g)	110.99±4.58	113.04±5.74	114.17±5.81*	114.13±5.73
飼料要求率(%)	1.80±0.06	1.88±0.07**	1.89±0.08**	1.89±0.08**

\*\* P<0.01 \* P<0.05 (Dunnettの多重比較検定)

第5表 2010年度エコフィード給与試験による排糞量調査

	1区	2区	3区	4区
3日間平均糞重量 (Kg/日/8羽)	2.24±0.25	2.62±0.17	2.74±0.21*	3.23±0.33**

\*\* P<0.01 \* P<0.05 (Dunnettの多重比較検定)

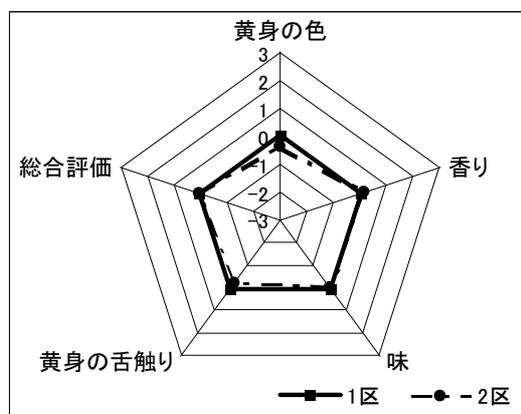
第6表 2010年度エコフィード給与試験による生産物(卵質)成績

	1区	2区	3区	4区
ハウユニット(HU)	86.61±4.45	84.68±6.27	85.44±8.58	86.26±4.09
卵殻厚(μm)	375.43±27.28	370.46±28.60	363.77±27.63*	366.84±29.79
卵殻破壊強度(kg)	4.09±0.87	4.04±0.85	4.06±0.74	3.99±0.91
卵黄色 a*	6.48±1.18	7.39±1.39	6.84±1.61	6.69±1.55

\* P<0.05 (Dunnettの多重比較検定)

第7表 エコフィード配合による年間飼料費節減額および年間収支差額(2010年度エコフィード給与試験)

	2区	3区	4区
年間飼料費節減額	¥392,376	¥807,948	¥1,399,979
年間収支差額	¥67,842	¥594,869	¥1,168,344



第1図 エコフィード配合による官能検査

## (2) 2011年度エコフィード給与試験①

生産性成績では、エコフィード配合により平均卵重が低下(約2.0g/個)したが、平均産卵率の向上および飼料消費量の減少により飼料要求率が2010年度エコフィード給与試験より向上した(第8表)。また、排糞量においても同様に改善した(第9表)。生産物成績では、2区が良好であった(第10表)。経済性成績では、十分効果が期待出来ることが認められた(第11表)。また官能検査では、対照区(1区)と2区を比較した場合、黄身の色が薄く、総合評価が悪かったが、香り、味および黄身の舌触りにおいては有意差がなかった(第2図)。

2011年度エコフィード給与試験①は、総合的に2区が良い成績であり、2010年度エコフィード給与試験と比較して年間収支の改善が認められ、この配合比で使用した場合でも経済効果が十分期待出来ると判断した。しかし官能検査から、黄身の色が薄くなり結果総合評価が悪くなると評価されたため、今後このエコフィードを活用するためには、配合した色素剤について検討し、改善する必要があると判断した。

ただし、2011年度版エコフィードの実用化にあたり、その素材である魚のアラを加工するため「食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン」(配合飼料供給安定機構、2006)に基づいた農林水産大臣の確認施設の整備が課題である。

第8表 2011年度エコフィード給与試験①による生産性成績

	1区	2区	3区	4区	5区
平均卵重(g)	64.81±23.16	62.89±2.84**	63.18±3.12**	62.75±3.10**	63.81±3.11**
平均産卵率(%)	90.14±6.41	92.34±5.54**	90.71±6.38	92.21±5.69**	94.32±4.71**
日産卵重(g)	58.31±3.53	58.00±3.30	57.20±3.41**	57.79±3.58*	58.69±3.60
飼料消費量(g)	107.07±6.68	105.23±6.41	104.10±5.94	107.70±7.26	108.78±11.57
飼料要求率(%)	1.84±0.08	1.81±0.06	1.82±0.07	1.86±0.08	1.85±0.17

\*\* P&lt;0.01 \* P&lt;0.05 (Dunnettの多重比較検定)

第9表 2011年度エコフィード給与試験①による排糞量

	1区	2区	3区	4区	5区
3日間平均糞重量 (Kg/日/3日)	2.16±0.32	2.26±0.30	1.97±0.21	2.67±0.25	2.39±0.29

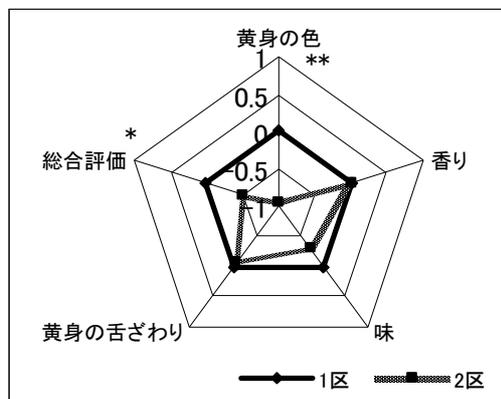
第10表 2011年度エコフィード給与試験①による生産物(卵質)成績

	1区	2区	3区	4区	5区
ハウユニット(HU)	88.93±7.28	90.47±5.54	90.72±6.71	89.32±8.21	89.85±87.50
卵殻厚(μm)	359.87±28.10	386.54±27.25	352.32±27.66	351.86±27.79	349.59±28.64
卵殻破壊強度(kg)	3.85±0.70	3.78±0.69	3.67±0.57	3.69±0.69	3.80±0.64
卵黄色 a*	7.20±1.28	7.75±1.22**	7.40±1.12	6.47±1.43**	7.73±1.34**

\*\* P&lt;0.01 (Dunnettの多重比較検定)

第 11 表 2011 年度エコフィード給与試験①による経済性成績

	2 区	3 区	4 区	5 区
年間飼料費節減額	¥1,536,712	¥2,216,525	¥2,175,239	¥394,869
年間収支差額	¥1,298,645	¥1,465,746	¥1,797,288	¥1,583,556



第 2 図 エコフィード配合による官能検査

\*\* P<0.01 \* P<0.05 (t検定)

### (3) 2011 年度エコフィード給与試験 ②

生産性成績では、平均卵重が 2 区、3 区および 4 区において有意差はなかったが、5 区では有意に低下した。飼料消費量および飼料要求率では有意差はなかった。平均産卵率では 3 区および 4 区が有意に低下した（第 12 表）。また排糞量においても有意差はなかった（第 13 表）。生産物（卵質）成績ではハウユニット、卵殻厚および卵殻破壊強度には有意差はなかったが、卵黄色 a\*には 2 区、4 区および 5 区で有意差があった（第 14 表）。経済性成績は、2 区、3 区および 4 区で効果があったが、5 区においては年間収支が他区ほど期待出来るものではなかった（第 15 表）。3 区および 4 区の官能検査では、黄身の色、味および総合評価で低い評価となったが、香り、黄身の舌触りに有意差はなかった（第 3 図）。

2011 年度版エコフィード②給与試験では、2 区、3 区および 4 区が良い成績であった。特に経済成績を見た場合、4 区が最も良い成績であると思われた。しかし、官能検査から、4 区は黄身の色だけではなく、味が悪くなることが判明した。これは我々が最も懸念していたことで、エコフィード配合による生産物への影響として致命的なものと判断し、この配合比での利用は不可能であると判断せざるを得なかった。以上の結果より総合的に判断し、2 区および 3 区のエコフィードが利用可能なものであると判断したが、3 区では黄身の色が薄く評価が悪くなり、今後このエコフィード活用するためには添加した色素剤について検討し、改善する必要があると判断した。

第12表 2011年度エコフィード給与試験②による生産性成績

	1区	2区	3区	4区	5区
平均卵重(g)	62.21±1.46	62.50±1.76	62.78±1.64	62.90±1.60	61.88±1.46
平均産卵率(%)	98.03±2.07	97.81±2.21	97.02±2.79**	97.35±2.58*	97.73±2.14
日産卵重(g)	61.37±1.59	61.11±1.74	60.89±1.93*	61.22±2.00	60.60±1.62**
飼料消費量(g)	111.11±7.17	111.07±7.54	110.25±10.25	110.66±8.77	111.28±8.22
飼料要求率(%)	1.81±0.12	1.82±0.12	1.81±0.16	1.81±0.15	1.84±0.13

\*\* P&lt;0.01 \* P&lt;0.05 (Dunnettの多重比較検定)

第13表 2011年度エコフィード給与試験②による排糞量

	1区	2区	3区	4区	5区
3日間平均糞重量 (Kg/日/3日)	2.52±0.07	2.54±0.02	2.36±0.06	2.64±0.15	2.61±0.14

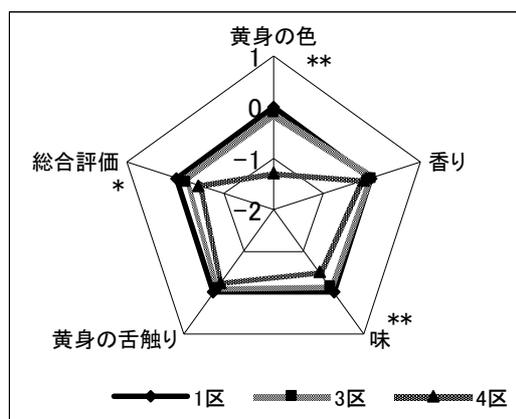
第14表 2011年度エコフィード給与試験②による生産物(卵質)成績

	1区	2区	3区	4区	5区
ハウユニット(HU)	88.30±4.33	88.07±4.40	86.70±3.69	89.36±3.63	87.63±5.02
卵殻厚(μm)	360.83±15.28	353.95±15.28	353.95±22.20	352.62±25.43	356.20±23.66
卵殻破壊強度(kg)	4.11±0.64	3.99±0.57	3.97±0.66	4.01±0.64	3.96±0.69
卵黄色 a*	7.50±1.23	8.27±1.22**	7.435±1.31	6.26±1.38**	8.20±1.36*

\*\* P&lt;0.01 \* P&lt;0.05 (Dunnettの多重比較検定)

第15表 2011年度エコフィード給与試験②による経済性成績

	2区	3区	4区	5区
年間飼料費節減額	¥1,104,709	¥1,290,377	¥2,315,628	¥1,060,104
年間収支差額	¥939,048	¥974,747	¥2,218,775	¥535,098



第3図 エコフィード配合による官能検査

\*\* P&lt;0.01 \* P&lt;0.05 (t検定)

## 2. エコフィード開発に係る品質確認試験

### 2-1. ジゼロシン毒性調査試験

今回の試験では、生物検定法で定められている試験期間よりも長い給与期間での毒性調査試験を行ったが、筋胃にびらん等の病理解剖所見は認められなかった。これによりアラおからの安全性が確認され、エコフィード素材として活用することに問題ないものであると判断した。

### 2-2. エコフィード素材における油脂成分酸化試験

#### (1) 油脂酸化加速試験

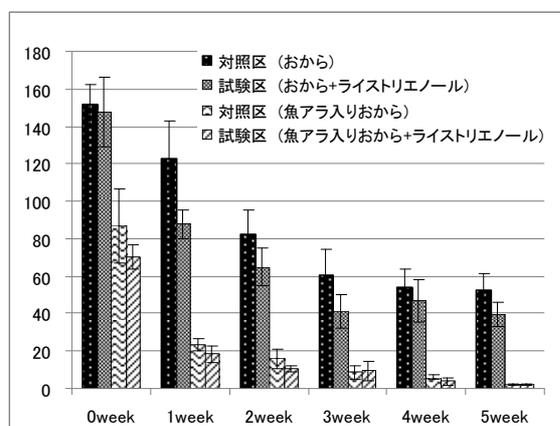
エコフィード素材の過酸化価は、試験開始時(0week)においていずれの区も最高値を示し、経時的に低下する結果であった。過酸化価の値は、酸化が進むにつれ上昇し、あるピーク（最高値）を過ぎると低下することから、今回使用したエコフィード素材中の油脂成分の酸化状態は、いずれの素材においても製造時にピークであり、すでに酸化していることが考えられた。またおからとアラおからの酸化状態を比較した場合、おからを半量加えているアラおからよりもおから単体の過酸化価の方が高値であったことから、アラおからの酸化はおから中の油脂成分の酸化の影響を受けることが判明した（第4図）。

#### (2) エコフィード素材（おから）品質試験

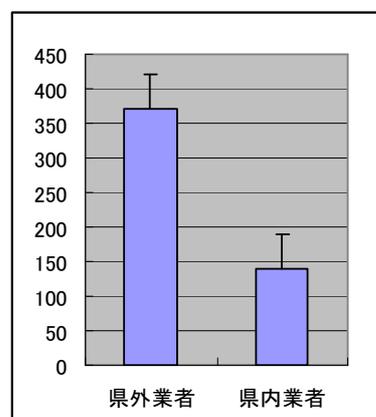
過酸化価は、県外より回収したおからが県内回収おからの約 2.5 倍の値となった（第5図）。いずれのおからにおいても酸化度合に差はあるものの、回収時点ですでに酸化が進んでおり、排出業者によっても差異があることが判明した。今後、エコフィード素材として活用するおからは、可能な限り回収時点での状態が良いものを選択的に活用すること、回収後の酸化度合を最小限にするための搬送方法を確認すること、回収後速やかに加工することにより可能な限り酸化を抑制することを徹底することでエコフィード素材の品質安定に努めることが必要であると考えた。

#### (3) 品質安定性試験

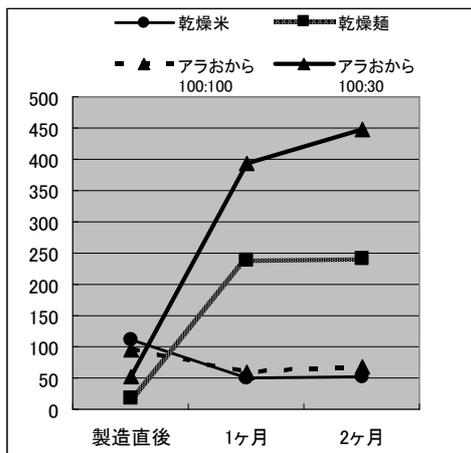
アラおから（100:100）の製造直後にライストリエノールを 300ppm 添加することで、常温下において長期保管した場合過酸化価が抑えられることが判明した。しかしライストリエノールを添加したにもかかわらずアラおから（100:30）の酸化が進行する事から、アラの濃度が高いもの（100:30）ではライストリエノール添加濃度の再検討が必要であると考えられた。またライストリエノールを添加していない中華麺においても今回保存中に酸化が進むことが認められたため、エコフィード素材として利用するにあたり、ライストリエノール添加の必要性があると考えられた（第6図）。



第4図 過酸化価(POV)加速試験



第5図 排出業者の違いによるおからの過酸化価(POV)



第6図 過酸化物価(POV)の経時的変化

### 3. エコフィードの生産現場への普及

2010年度版エコフィードの供与は卵重の低下、排糞量の増加という問題点があったが、これらの問題点を許容できる農家（県内小羽数飼養採卵鶏農家1戸；総飼養羽数約5,000羽）において2011年11月からエコフィード供与を開始した。エコフィード価格は25円/Kgとし、普及には県畜産課の「エコフィード利用推進事業」を活用した。本研究所での試験結果および行政による事業を活用した早期の普及により、実際使用した農家の声を聞くことが可能となり、今後の試験に即フィードバックできる体制を構築することができ、こうした体制は更なるエコフィード開発に欠かせないものであると考える。なお、今回普及した農家に対しては、エコフィード給与開始後1ヶ月経過時に卵質検査および生産物の成分分析等を実施し、エコフィード給与による問題がないことを確認した。

## 摘 要

- 2010年度版エコフィードでは、卵重の低下および排糞量の増加が問題となり、利用出来る農家は小規模農家に限定されるが、畜産課「エコフィード利用推進事業」を活用し、県内小規模羽数飼養農家（有田川町 4,500羽飼養）1戸での利用が開始された。
- アラ入りおからを活用したエコフィード（2011年度版エコフィード）は、現在農家普及しているエコフィードの持つ問題点を改善でき、経済効果が十分期待できるエコフィードであると判断した。
- エコフィードの品質安定化を図るため、エコフィード製造後の保管時における油脂の酸化を抑えることが必要である。今後、抗酸化素材（ライストリエノール）の有効な添加濃度およびエコフィード品質保持期間等を決定し、より安全なエコフィードの開発を目指すことが課題である。

## 謝 辞

本研究「和歌山版エコフィード」の開発にあたり、ご協力を頂いた株式会社太陽産商 金田昇氏、近畿大学生物理工学部食品安全工学科 矢野史子教授、公益財団法人わかやま振興財団 三谷隆彦

氏，築野食品工業株式会社，JA 西日本組合飼料株式会社 石原幸夫氏，和歌山県農業協同組合連  
合会 古井量也氏に深く感謝の意を表する。

## 引用文献

- 前田恵助・三村妃紗・筒井視有・築野卓夫・入江正和. 2009. 採卵鶏へのライストリエノールの飼  
料添加濃度の違いが卵黄中のビタミン E 構成および過酸化脂質に与える影響. 日畜会報 80 ;  
179-188.
- 村野多可子・青木大輔. 2008. 高タンパク質・高脂質エコフィードの採卵鶏への利用. 千葉畜研報.  
8;35-39.
- 西尾彬宏・高橋俊浩・森田哲夫・入江正和・上田雅彦・前田恵助・築野卓夫. 2008. 飼料中油脂原  
料の違いが鶏肉の脂質過酸化に及ぼす影響. 宮大農報. 54;7-11.
- 菅原道熙・服部貴次・中島泰治. 1992<sup>a</sup>. 加熱時間と温度が魚粉中ジゼロシン生成に及ぼす影響.  
日畜会報. 63;1028-1031.
- 菅原道熙・服部貴次・中島泰治. 1992<sup>b</sup>. 飼料中のジゼロシン（魚粉由来）がブロイラーの死亡率  
と発育に及ぼす影響. 日畜会報. 63;1234-1239.