

# 藻類の有効活用による閉鎖性水域の浄化に関する研究 - アオサ添加飼料給与による鶏卵に及ぼす変化 -

馬場強三・石崎修造・赤澤貴光・江川幸恵・西川徹・松本信助\*・大浦昭寛\*

## The Research on the Purification of the Enclosed Water Area by Effective Utilization of Agae

- The Qualitative Alteration on Chicken Egg by the Sea Lettuce Additive Feed Feeding -

Tsuyomi BABA, Shuzo ISHIZAKI, Takamitsu AKAZAWA, Sachie EGAWA, Toru NISHIKAWA,  
Shinsuke MATSUMOTO, and Akihiro OURA

The large thing of *Ulva pertusa* KJELLMAN (called a sea lettuce since then) which flourishes in the Omura Bay coast in the summer season becomes about 30cm diameters. These cover the surface in the sea, and the environment in the nearby sea area is being changed, because the sunlight is obstructed. This sea lettuce is washed ashore on the wave by the typhoon, and the leaf becomes white in the autumn and decays.

In the meantime, though this sea lettuce contains carotenes, vitamin, and minerals, it is not utilized by reason of the firm mesophyll as a food.

However, it seems to be greatly useful for environmental improvement and purification of nearby sea area, if this sea lettuce can be effectively utilized. As this one method, the drying sea lettuce was mixed with the feed, and it was given to the chicken, and the experiment was carried out with the expectation of the improvement of the egg quality.

The results were summarized as following.

1. The components which the concentration in the drying sea lettuce was higher than that in the feed were lutein, zeaxanthin, -carotene, -carotene, iodine, magnesium, and iron. The former ratio for the latter is respectively 24, 1.9, 2.9, 4.6, 13, 22, 3.5.
2. In the sea lettuce additive feed group and additive-free feed group, the former color of the yolk was stronger than that of the latter. The color of the redness was stronger than that of the yellow.
3. In the sea lettuce additive feed group and additive-free feed group, the former lutein, -carotene, and iodine concentration in the yolk were higher than that of the latter.

Key words: *Ulva pertusa* KJELLMAN, chicken egg, lutein, carotene, mineral

キーワード: アオサ、鶏卵、ルテイン、カロテン、金属

はじめに

大村湾沿岸に夏場に繁茂するアオサ(以下アオサという)は、大きなものは直径約 30cm にもなり、海の表面を覆い、日光を遮るため周辺海域の環境を変えている。

このアオサは台風などの波で千切れ、秋口には白

\* 長崎県畜産試験場

くなって千切れて海岸に打ち上げられ腐ってしまう。

そこで、周辺の漁協はアオサが千切れる前に回収し処分を行っている。

一方、このアオサは水域の窒素、リンを吸収するとともに、カロチン類を多く含有し、ビタミン、ミネラルなども豊富であると考えられるが、葉肉が厚く、堅いため食用として利用されていない。

しかしながら、このアオサを有効に利用することができれば、周辺海域の環境改善・浄化にも役立つと思われる、有効利用の一つの方法として鶏の飼料に混ぜ、鶏に与えることにより、卵質が良くなることを期待して実験を行った。

## 調査方法

表1 鶏の飼育及び卵調査日

日付	H15.6.17	H15.10.30	12.15	12.26	H.16.1.14	2.16	3.15
日齢	0	136	182	193	212	245	273
飼料	← ひな用及び成鶏用飼料 →		← 採卵鶏用飼料 →				
アオサ			← アオサ添加飼料 →				
卵調査							

: 卵質調査(卵重、卵殻強度、卵黄色)

: 卵黄中の成分調査(脂肪酸、ビタミン類、カロテン類、金属類)

## 2. アオサ添加飼料の調製、調査項目及び検査方法

### (1)アオサ添加飼料の調製

アオサは貝殻等を取り除き、泥、塩分等を除くため水道水で数回洗い脱水機で脱水後、天日で乾燥した。これを粉碎したものを慣行飼料(JAくみあい飼料17Y)に重量比で2.5%及び5%になるように混ぜてアオサ添加飼料を調整した。

### (2)調査項目

#### 鶏の生育調査

アオサ添加飼料給与間の、鶏の生存率、鶏の飼料消費量、産卵量及びアオサ添加飼料給与終了時の体重チェックを行った。

## 1. 鶏の飼育及び実験区の設定

鶏の飼育は長崎県畜産試験場の協力を得て、表1のとおり試験鶏は平成16年6月17日に餌付けした赤玉採卵鶏(ボリスブラウン)を使用し、12月15日より慣行飼料(JAくみあい飼料17Y)にアオサ添加した飼料を与えた。アオサの添加量は2.5%及び5%とし、実験区の設定は表2に示すとおりとした。

表2 実験区の設定

	飼料	試験群
A群	アオサ無添加	20羽×4群
B群	アオサ2.5%添加	20羽×4群
C群	アオサ5%添加	20羽×4群

#### 卵質調査

卵重、卵黄色についてアオサ添加飼料給与後2日、30日、60日、87日目に調査を行った。

#### 卵黄中の成分調査

卵黄中の脂肪酸類、ビタミン類、金属類について、アオサ添加飼料給与後11、30、60、90日目に行った。

表3 調査方法

調査項目	調査及び分析方法
卵殻強度	卵殻強度計(富士平工業製)
卵黄色	ロッシュ社カラファン及び色差計(日本電色工業株式会社 NR-3000)
脂肪酸	メチル化後 FID・GC 法
トコフェロール	HPLC 法
レチノール	ケン化 - HPLC 法
カロテン	"
ルテイン	"
ゼアキサンチン	"
クリプトキサンチン	"
ヨウ素	アルカリ添加後灰化 - ペンタノン誘導体 - ECD・GC 法
金属類	硫酸・硝酸・過塩素酸分解 - 原子吸光度法
リン	硫酸・硝酸・過塩素酸分解 - モリブデンブルー - 比色法

### 飼料及びアオサの成分調査

飼料(アオサ無添加)及びアオサ中の脂肪酸類、ビタミン類、金属類について検査を行った。

#### (3)調査方法

調査方法は表3に示すとおりであるが、その他卵重量、卵黄重量、卵殻重量についても測定した。

#### 【調査結果及び考察】

### 1. 鶏の生育調査

アオサ添加飼料給与後の鶏の死亡は1羽だけであった。

また、アオサ添加飼料給与後87日間の飼料消費量(g/羽・日)、産卵日量(卵 g/羽・日)、飼料要求量(飼料消費量/卵重 g)及びアオサ給与後87日目の体重(終了時体重)にも差は認められなかった。

表4 アオサ給与期間中の生存率、飼料消費量、産卵日量、飼料要求量及び終了時体重

	生存率 (%)	飼料消費量 (g/羽・日)	産卵日量 (g/羽・日)	飼料要求量	終了時体重 (kg)
アオサ0%	100	127.3 ± 2.01	60.3 ± 1.06	2.11 ± 0.023	2.12 ± 0.047
アオサ2.5%	100	128.9 ± 3.39	60.4 ± 0.85	2.13 ± 0.028	2.16 ± 0.027
アオサ5%	99.4	129.0 ± 0.97	60.5 ± 0.81	2.13 ± 0.035	2.13 ± 0.033

### 2. 鶏糞中の水分含量

鶏糞中水分含量(アオサ添加飼料給与後60日目)をみると、表5のとおり飼料中アオサ含量が高くなるほど鶏糞中の水分含量も高くなる傾向がみられ、アオサ無添加飼料給与群とアオサ5%添加飼料群に有意差(P<0.01)が認められた。

表5 鶏糞中水分含量

	水分含量(%)
アオサ0%	78.0 ± 1.12
アオサ2.5%	79.6 ± 1.36
アオサ5%	81.0 ± 0.80(*)

(\*)アオサ無添加飼料群に対する有意差 P<0.01

### 3. 飼料(アオサ添加前)及び乾燥アオサ中の成分調査

飼料及びアオサの分析結果は表6に示すとおり、両者を比べると、脂肪酸では、飼料中オレイン酸、リ

ノール酸の濃度がアオサ中の濃度より30倍以上高く、ステアリン酸濃度15倍以上高かった。一方、アオサ中濃度が飼料中濃度より2倍以上高いものはなかった。

表6 飼料及びアオサ中成分分析結果(mg/100g)

成分名	飼料(Hワレイヤ-17Y)	アオサ(H15.9)	
脂肪酸	ミリスチン酸	4.0	1.7
	パルミチン酸	75.0	28.0
	パルミトレイン酸	5.2	4.4
	ステアリン酸	2.4	1.5
	オレイン酸	1,400	39
	リノール酸	1,800	5.2
	リノレン酸	7.8	6.7
	アラキドン酸	6.7	1.0
	ドコサヘキサエン酸	1.2	1.8
	ビタミン類	レチノール	0.44
-トコフェロール		0.16	0.018
-トコフェロール		0.40	0.00
カロテン類	-カロテン	0.015	0.043
	-カロテン	0.26	1.2
	ルテイン	0.37	9.0
	ゼアキサンチン	0.38	0.73
	クリプトキサンチン	0.087	0.00
金属類	ヨウ素	0.53	6.8
	カルシウム	2,300	1,500
	マグネシウム	170	3,700
	鉄	19	66
	亜鉛	4.7	2.0
	リン	540	210

レチノール及びトコフェロールはアオサ中濃度より飼料中濃度が高かった。

カロテン類では、アオサ中のルテイン、カロテン及びゼアキサンチンの濃度が飼料中の濃度より高かった。(ルテイン:約2.4倍、 $\beta$ -カロテン:約2.9倍、 $\alpha$ -カロテン:約4.6倍、ゼアキサンチン:約1.9倍)

金属類では、アオサ中濃度が飼料中濃度より高かったのは、ヨウ素、マグネシウム及び鉄であった。(ヨウ素:約13倍、マグネシウム:約2.2倍、鉄:約3.5倍)

### 3. 卵質調査

#### (1)卵重及び卵黄割合

卵重及び卵重に対する卵黄割合とも、アオサ添

加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられなかった。

#### (2)卵黄色の調査

卵黄の色調については、卵黄色の違いを示すカラ - ファン No は飼料中のアオサ含量の違いにより差がみられ、アオサ含量が多い飼料給与群ほどカラ - ファン No 値が高く、卵黄色が濃いことを示した。(表 9)

また、アオサ添加飼料給与後60日目の卵黄について、色差計を用いた比較はアオサ含量が多い飼料給与群ほど赤味が強くなっていった。(表 10)

表7 アオサ添加飼料給与後の卵重の比較(g)

アオサ含量	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	60.3 ± 1.48	63.1 ± 0.55	63.9 ± 1.16	63.5 ± 1.10
アオサ2.5%	4	59.2 ± 1.12	62.1 ± 1.53	63.4 ± 1.06	64.0 ± 1.39
アオサ5%	4	59.2 ± 2.97	63.9 ± 2.37	63.4 ± 1.14	65.5 ± 1.26

表8 アオサ添加飼料給与後の卵重に対する卵黄割合(%)

アオサ含量	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	22.4 ± 1.3	24.0 ± 0.4	24.3 ± 0.6	25.2 ± 0.5
アオサ2.5%	4	23.2 ± 0.4	23.8 ± 1.0	24.9 ± 0.8	26.0 ± 1.0
アオサ5%	4	22.6 ± 1.9	23.6 ± 0.8	24.4 ± 0.9	25.5 ± 0.4

表9 飼料中アオサ含量の差によるアオサ添加飼料給与後の卵黄色の比較(カラ - ファン No)

	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	10.8 ± 0.23	12.0 ± 0.91	11.6 ± 0.50	10.8 ± 0.30
アオサ2.5%	4	10.9 ± 0.10	12.9 ± 0.44(*)	11.9 ± 0.43(**)	11.4 ± 0.49(**)
アオサ5%	4	11.0 ± 0.00	12.8 ± 0.50(*)	12.3 ± 0.28(**)	11.6 ± 0.37(**)

注) アオサ無添加飼料群に対する有意差: (\*); P<0.05, (\*\*); P<0.01

表10 色差計による卵黄の比較(アオサ添加飼料給与後60日目)

	L 値(輝き)	a 値(赤味)	b 値(黄味)
アオサ 0%	36.7 ± 1.51	8.5 ± 1.32	45.4 ± 1.81
アオサ 2.5%	35.9 ± 1.42	9.3 ± 0.57(*)	44.9 ± 2.16
アオサ 5%	35.7 ± 1.18	9.6 ± 0.48(*)	45.4 ± 1.69

注) (\*) アオサ無添加飼料群に対する有意差 P<0.05

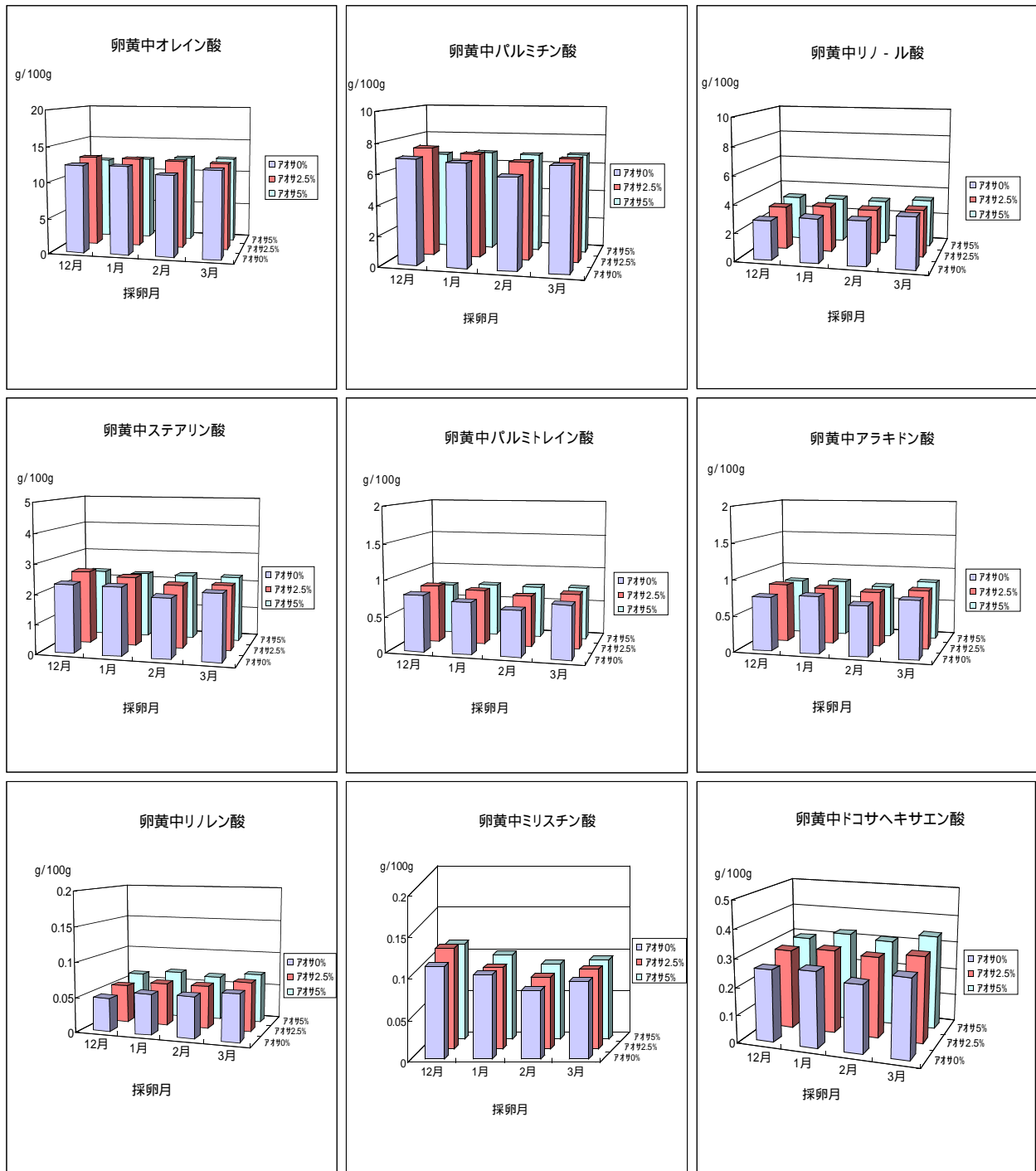


図1 採卵月別卵黄中脂肪酸類の濃度変化

### (3)卵黄中脂肪酸類調査

脂肪酸については、アオサ及び飼料中に検出されたミスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸、エイコサペンタエン酸について行った。採卵月別濃度変化は図1に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に大きな差は見られな

かった。

### (4)卵黄中ビタミン類及びカロテン類調査

レチノール、ルテイン、ゼアキサンチン、クリプトキサンチン、トコフェロール及びカロテンについて行った。

レチノール、ルテイン、ゼアキサントン及びクリプトキサントンについては図2に示した。

レチノール、クリプトキサントンではアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられなかったが、ルテインで明らかにアオサ添加飼料給与群と無

添加飼料給与群に差がみられ( $P < 0.005$ )、飼料中アオサ含量が多いほど卵黄中の濃度も高くなっている。

また、ゼアキサントンについては、12月の5%群、3月の2.5%群を除きアオサ添加飼料給与群と未無添加飼料給与群に差が認められた。

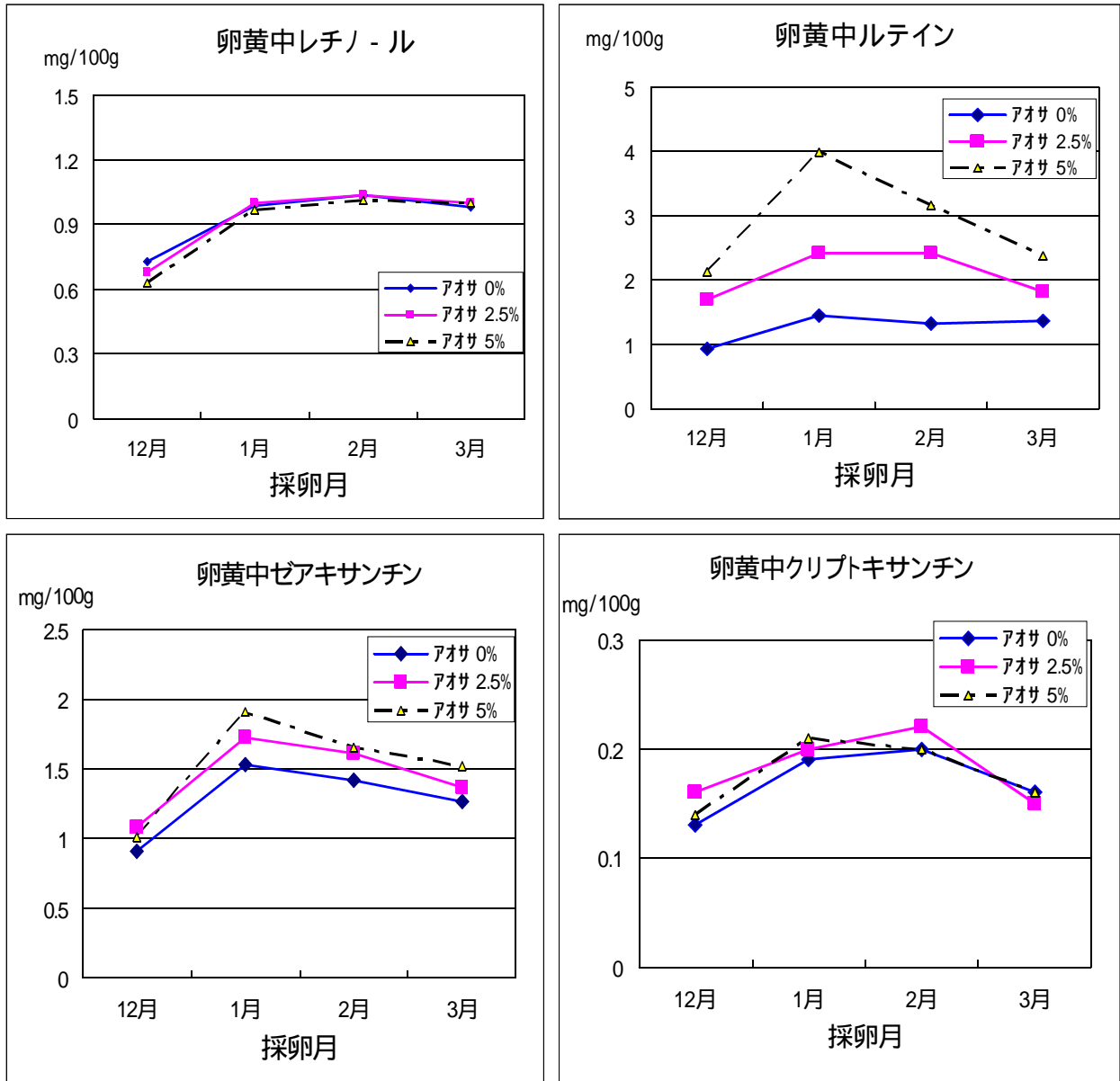


図2 採卵月別卵黄中レチノール、ルテイン、ゼアキサントン、クリプトキサントンの濃度変化

トコフェロールについては、図3に示すようにアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられ

なかった。

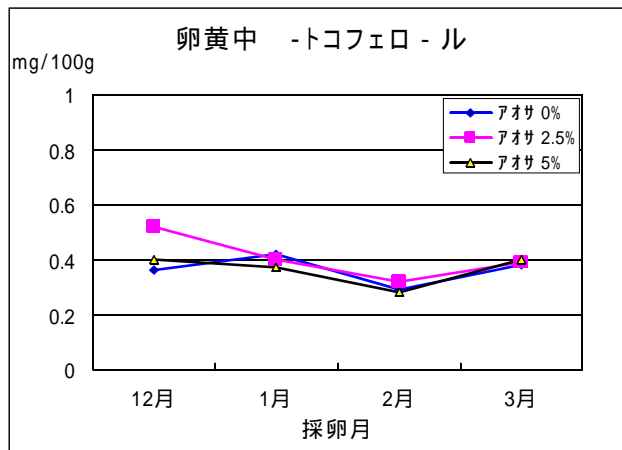
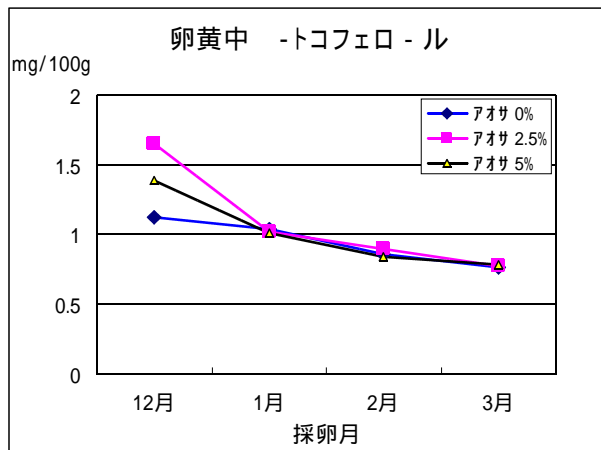


図3 採卵月別卵黄中トコフェロール濃度変化

カロテンについては図4に示すとおり、 $\beta$ -カロテンについてはアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差は見られなかったが、 $\alpha$ -カロテンにつ

いては3月採卵分を除きアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差が認められた。

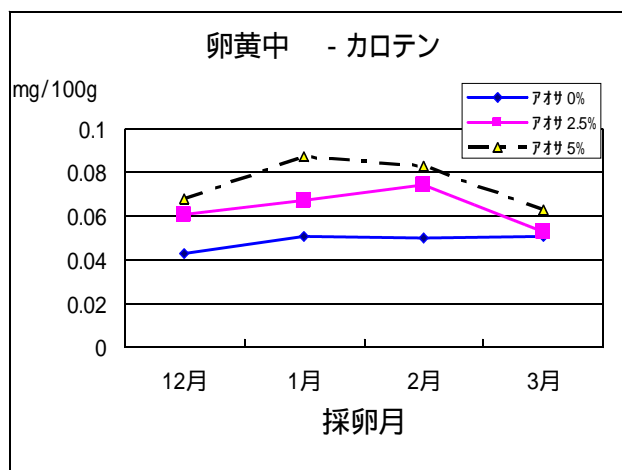
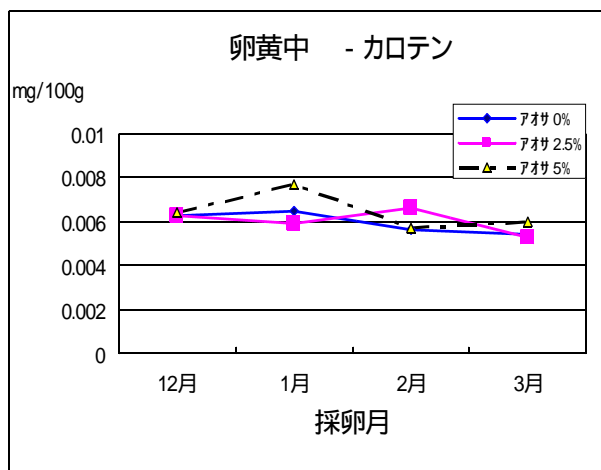


図4 採卵月別卵黄中カロテン濃度変化

(5)卵黄中金属類調査

ヨウ素については図5に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差がみられ ( $P < 0.005$ )、1月のデータを除き、飼料中のアオサ含量が多くなるほど卵黄中濃度も高かった。 ( $P < 0.005$ )

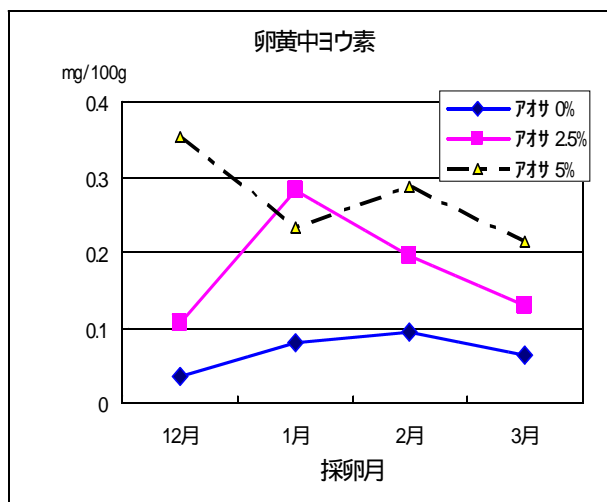


図5 採卵月別卵黄中ヨウ素濃度変化

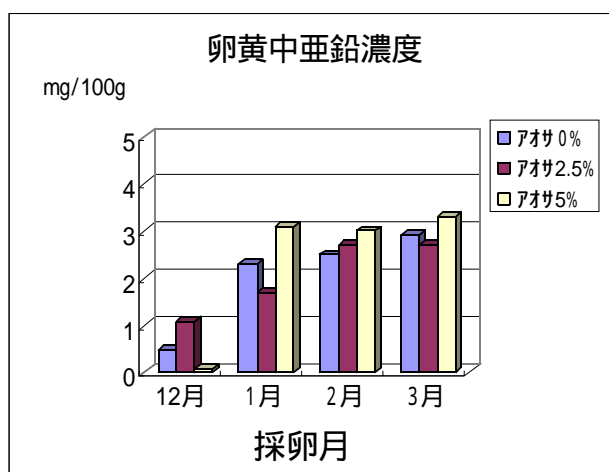
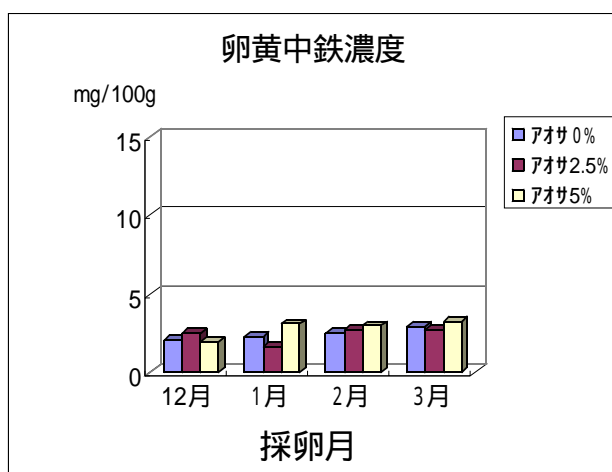
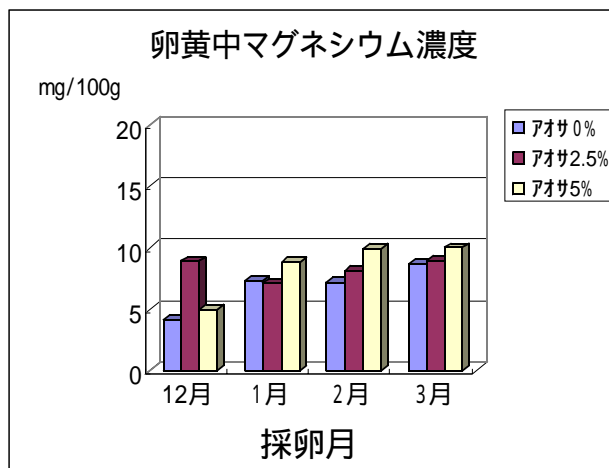
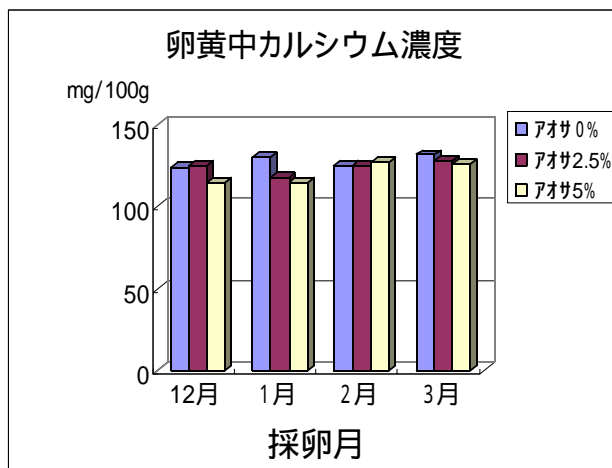


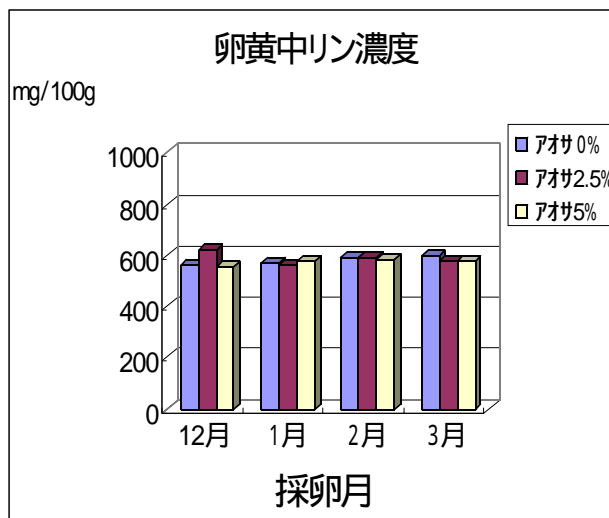
図6 採卵月別の卵黄中金属類濃度

カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛、リンについては、図6に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に顕著な差はみられなかった。しかしながら、鉄、亜鉛、マグネシウムについては、平均値でみるとアオサ添加飼料を与える月数が長くなるほど、卵黄中濃度が増加しているように見えるが、例数が少なく、データのバラツキもあるため、統計処理をすると有意差は認められなかった。

まとめ

脂肪酸については、アオサ中濃度は飼料中濃度に比べ2倍以上高いものではなく、採卵月別卵黄中濃度もアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群による差はなかった。

カロテン類は、アオサ中濃度が飼料中濃度より明らかに高いのはルテイン(約2.4倍)、ゼアキサンチン(約1.9倍)及びカロテン( - カロテン:約2.9倍、 -



カロテン:約4.6倍)で、ルテインについては卵黄中濃度もアオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ有意に高く、飼料中アオサ含量が多い群ほど卵黄中濃度も高かった。

ゼアキサンチン及び - カロテンは、アオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ、卵黄中濃度が高い傾向がみられた。

また、金属類では、アオサ中濃度が飼料中濃度よ



り高いのはヨウ素(約13倍)、マグネシウム(約22倍)、鉄(約3.5倍)で、卵黄中のヨウ素濃度もアオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ有意に高かった。

マグネシウム及び鉄では、卵黄中濃度はアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群で差は認められなかった。

以上のことから、アオサ添加飼料給与群の卵黄にはアオサ無添加飼料給与群より、ルテイン、 $\beta$ -カロテン、ヨウ素が明らかに多く、マグネシウム、鉄、亜鉛もわずかながら多く、卵黄の色も濃い結果が得られた。

ルテインとゼアキサンチンは構造異性体の関係にあり、ともに動植物に広く分布するカロテノイドの一種で、抗酸化作用を持つことが知られている。

特に、眼に対して黄斑変成症、白内障に予防効果があるという研究報告があり、またコレステロールの酸化を防ぐと考えられている。

$\beta$ -カロテンはビタミンAの前駆物質ともいわれ、体内でレチノール(ビタミンA)に変換され吸収され、一部はそのまま吸収され脂肪組織に貯蔵される。ビタミンAの生理作用は、網膜機能、視覚サイクルに関与し、欠乏すると夜盲症、角膜乾燥症をひきおこす。

ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分として成長や発育を促進するため、成長期には大変重要なミネラルである。また、脂質、タンパク質、糖質の代謝を促進させる働きもあり、乳ガンの成長を抑制する働きもあるといわれている。

これらのことから、鶏にアオサ添加飼料を与えることにより、ルテイン、 $\beta$ -カロテン、ヨウ素含量が多い卵ができ、これらの成分は我々の健康を増進させるもので、鶏にアオサを与えることは良い方法と考えられる。

しかしながら、これを事業化するには、大量のアオサの確保、アオサの水洗・乾燥・粉碎工程の機械化が必要になり、採算性を含め十分な検討が必要である。

なお、この研究は地域結集型共同研究の一つとして行った。

#### 文 献

- 1) 日本食品標準成分表分析マニュアルの解説; 財団法人 日本食品分析センター - 編集(中央法規出版)
- 2) TAKAO MITSUHASHI and YOSHIO KANEDA ; Gas Chromatographic Determination of Total Iodine in Foods, J.Assoc.Off.Anal.Chem. 73(5), 790-792(1990)
- 3) 平成7年度試験研究成績書(繁殖工学・養鶏), 神奈川県畜産研究所(平成8年6月)