

第 494 回月例研究会資料

卵黄成分の“なりたち”を解き明かし、機能改変を目指す

: 抗体・アミノ酸・脂溶性因子の視点から

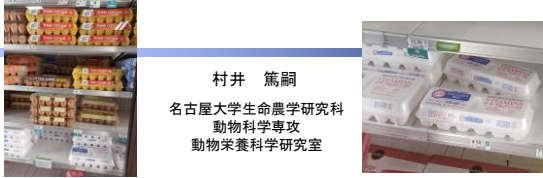
令和 8 年 5 月 28 日

村井篤嗣 名古屋大学大学院生命農学研究科

動物栄養科学研究室 教授

2026. 5. 28  
科学飼料協会 月例研究会

## 卵黄成分の“なりたち”を解き明かし、 機能改変を目指す —抗体・アミノ酸・脂溶性因子の視点から—



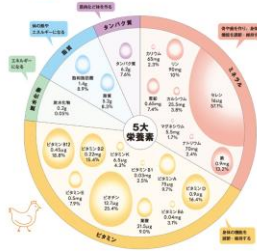
村井 篤嗣  
名古屋大学生命農学研究科  
動物科学専攻  
動物栄養科学研究室

1

## “完全栄養食”：ビタミンCと食物繊維を除くほとんどの栄養素を含む

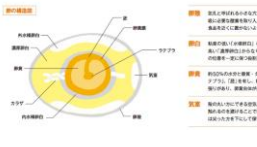
### 栄養

卵の栄養価、鶏、200gあたり(生重)の栄養素を比較した。この卵は卵黄(卵黄)と卵白(卵白)から構成されている。卵黄は卵黄系色素(卵黄系色素)と卵黄系色素(卵黄系色素)から構成されている。



### 構造

一般鶏卵の構造は以下の通りである。卵黄は卵黄系色素(卵黄系色素)と卵黄系色素(卵黄系色素)から構成されている。



栄養素	卵黄 (全体の30%)	卵白 (全体の60%)
水分	50%	88%
タンパク質	20%	11%
脂質	30%	ごく微量

「卵の科学」より引用

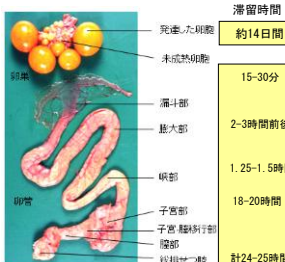
2

### アウトライン

1. 卵黄成分の“なりたち”
2. 抗体の視点から：母子免疫
3. 脂溶性因子の視点から：玄米飼料
4. アミノ酸の視点から：第3のルート

3

### 鶏の生殖器の構造と卵形成過程

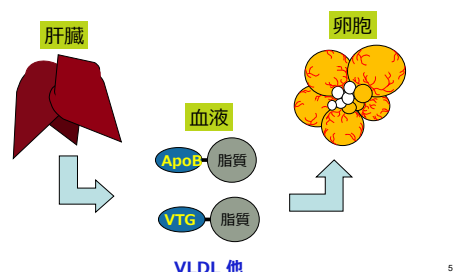


滞留時間	滞留時間
約14日間	卵黄形成
15-30分	排卵後
2-3時間前後	卵黄膜外層形成
1.25-1.5時間	卵白(タンパク質)の分泌
18-20時間	卵殻膜の形成
計24-25時間	卵殻の形成
	放卵

[http://takakis.la.cocacn.jp/hu\\_yoshimura.htm](http://takakis.la.cocacn.jp/hu_yoshimura.htm)

4


### 卵黄前駆物質の移送



VLDL 他

5

### 卵黄前駆物質の取り込み機構



Perry and Gilbert, 1979.

LR8 (VLDL/VTG受容体) が発見  
(Bujo et al., EMBO J. 13: 5165, 1994).

6

**飼料から卵への移行効率によるビタミンの分類**

Transfer efficiency		Vitamin
<b>Very High</b>	<b>(60-80%)</b>	<b>Vitamin A*</b>
<b>High</b>	<b>(40-50%)</b>	<b>Riboflavin(B<sub>2</sub>)*</b> <b>Pantothenic acid</b> <b>Biotin</b>
<b>Medium</b>	<b>(15-25%)</b>	<b>Vitamin B<sub>12</sub></b> <b>Vitamin D<sub>3</sub></b> <b>Vitamin E</b>
<b>Low</b>	<b>(5-10%)</b>	<b>Vitamin K</b> <b>Thiamine</b> <b>Folacin</b>

World's Poult. Sci. J. 63: 255-266 (2007).

7

**母ドリから卵黄への抗体移行**

	IgY (mg/ml)	IgM (mg/ml)	IgA (mg/ml)
血液	6	1.3	0.6
卵黄	25	<0.02	<0.03
卵白	<0.03	0.15	0.7

Staaik (2000) Chicken egg yolk antibodies, production and application.

8

## 2. 抗体の視点から：母子免疫

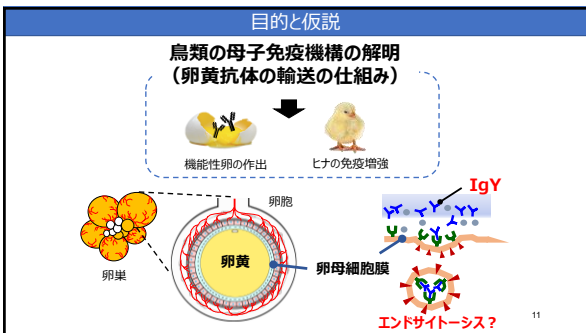
9

**母子免疫とは？**

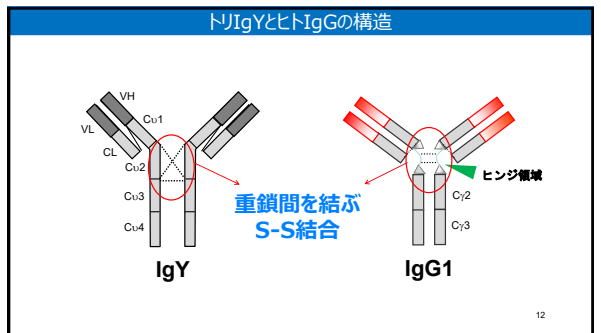
**母子免疫** 子の未熟な免疫機能を強化するために、母親の免疫成分が子に輸送される現象

- 哺乳類 抗体 (Immunoglobulin G; IgG) を輸送
  - 母の血液 → FcRn 受容体 → 胎盤/母乳 → 子
- 鳥類 Immunoglobulin Y (IgY) を輸送
  - 母ドリの血液成分が卵黄へ漏出 → 卵巣 → 卵胞 (中に卵黄) → 卵黄 → FcRn 受容体 → 雛
  - 機構は不明

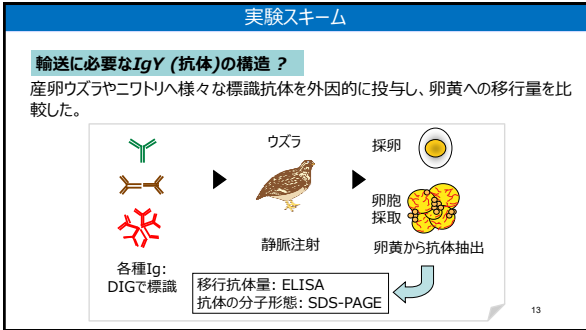
10



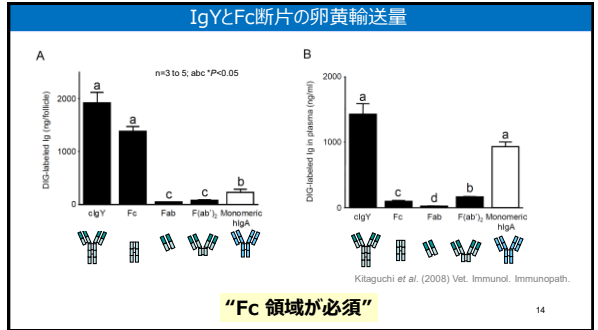
11



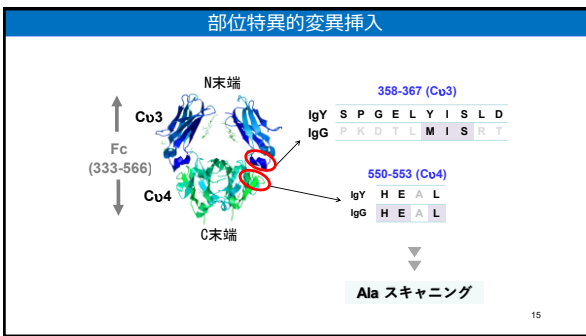
12



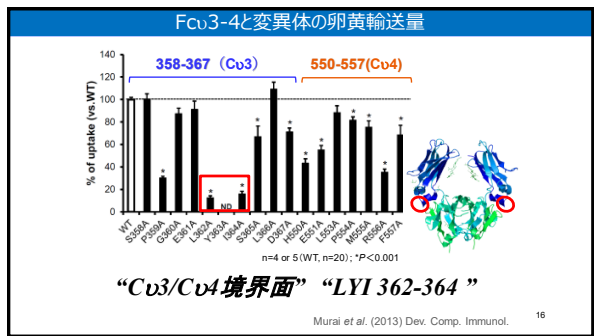
13



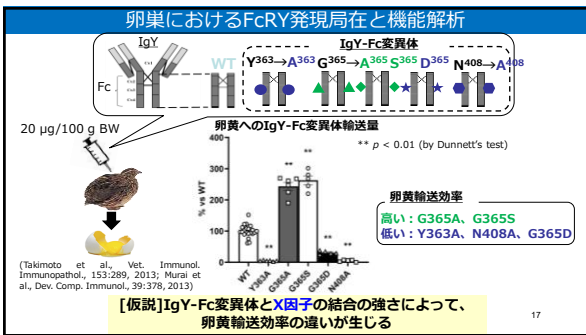
14



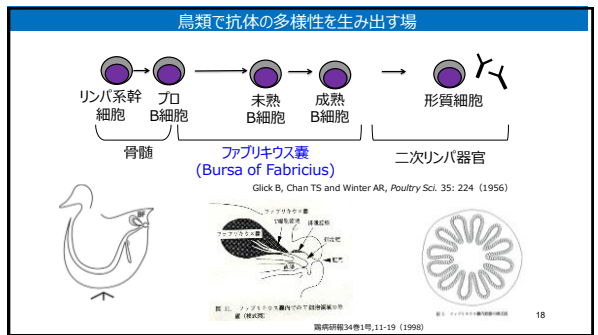
15



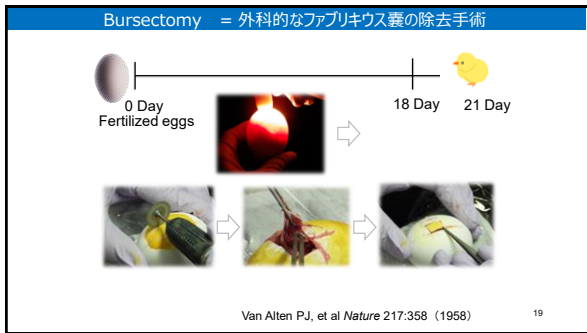
16



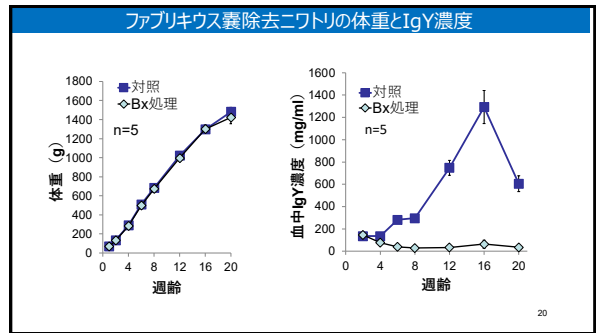
17



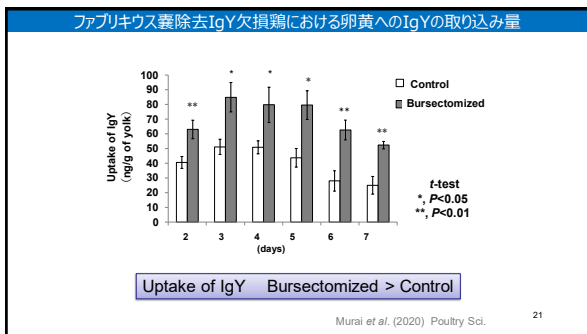
18



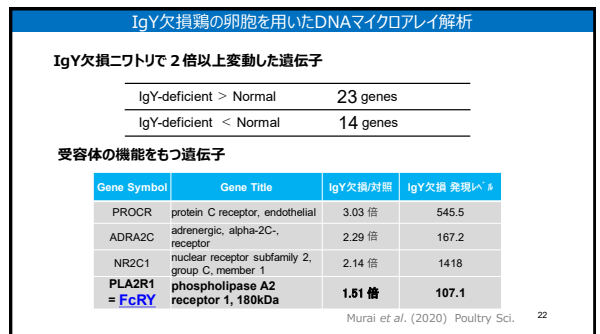
19



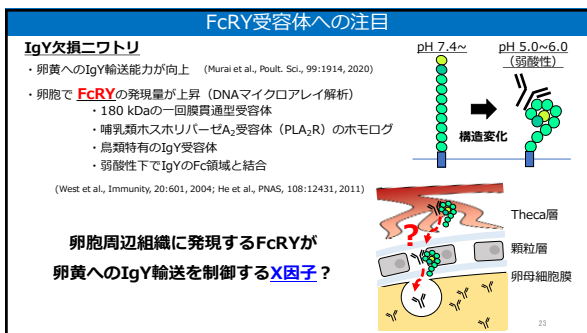
20



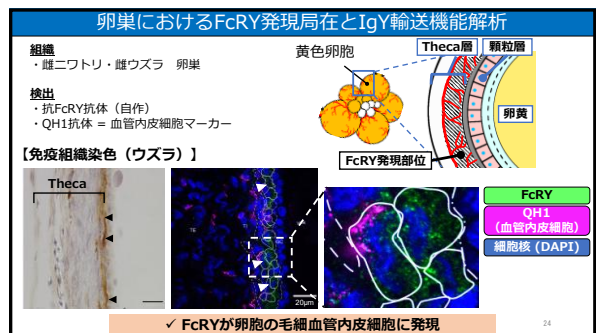
21



22



23



24



### 3. 脂溶性因子の視点から：玄米飼料

31

背景

トウモロコシと玄米の構成成分の比較 Suzuki et al., 1986; Eggum, 1969  
野田ら1997, 2000, 2003

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Fiber (g/100g)		Vitamin E (mg/kg)	
				Soluble	Insoluble	α-Tocopherol	α-Tocotrienol
Corn	13.99	7.12	4.41	9.0	6.8	101.1	7.2
Brown rice	14.63	7.87	2.02	4.0	2.8	120	90.1

玄米全量代替飼料による卵黄成分に与える影響はあるか？

脂質：玄米の粗脂肪はトウモロコシに比べ少ない  
↳ 必須脂肪酸量も少ない

ビタミンE類：αトコフェロールはトウモロコシと同等だが、  
αトコリエノールは玄米に比較的多量に含まれる

本研究の目的  
玄米とトウモロコシに含まれる粗脂肪・必須脂肪酸・ビタミンE類の違いが  
卵黄成分に反映されるかを明らかにする

32

材料および方法

【動物】ニホンウズラ雌（商業用、n = 9-10）  
【試験群】トウモロコシ群・玄米群  
【期間】291～347日齢（8週間）

予備飼育
群ごとの試験飼料給与

284日齢      291日齢      347日齢

【測定項目】  
産卵率・体重・摂食量  
肝臓・卵黄・血漿を用いた分析  
ビタミンE類：GC-MS  
脂質類：リドミクス解析（LC-MS/MS）  
市販キット（トリグリセリド・コレステロール量）  
トリグリセリドの脂肪酸組成（GC-MS）  
遺伝子発現解析：リアルタイムRT-PCR

飼料組成 (g/kg)	トウモロコシ飼料	玄米飼料
トウモロコシ	500.1	—
玄米	—	500.1
「モクモクおそば」		
大豆粕	313.7	313.7
大豆油	30.0	30.0
コーン	50.0	50.0
グルテンミール	2.0	2.0
メチオニン	1.5	1.5
イソロイシン	0.5	0.5
その他（ビタミン・ミネラルなど）	102.2	102.2
CP (%)	21.2	21.6
ME (kcal/kg)	2900	2900

33

産卵率・体重・摂食量

玄米飼料給与により産卵成績などに問題なし  
→玄米はトウモロコシの代替として利用可能

34

卵黄中の脂質類

(Means ± SE, n = 9-10)

卵黄中および母鳥血中のトリグリセリド・コレステロールに差なし  
↓  
マクロな脂質量に違いはない

35

卵黄中のビタミンE類

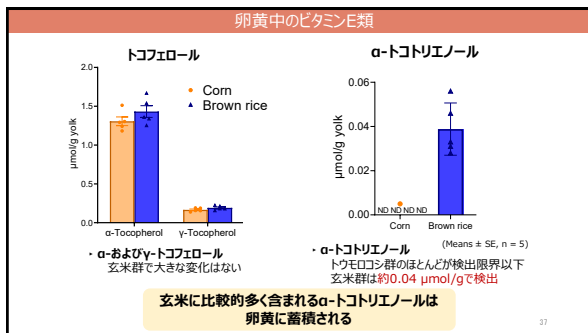
けん化抽出法

ビタミンE類	プレカーシオンのm/z
α-トコフェロール	430.4
β-トコフェロール	416.3
γ-トコフェロール	416.3
δ-トコフェロール	402.3
α-トコリエノール	424.3
β-トコリエノール	410.3
γ-トコリエノール	410.3
δ-トコリエノール	396.2

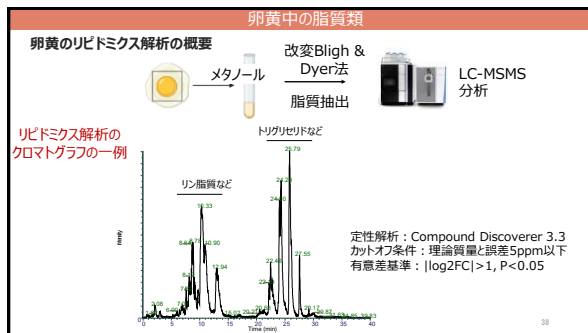
GC-MS分析

ビタミンE類の標準物質は三菱ケミカル株式会社より提供

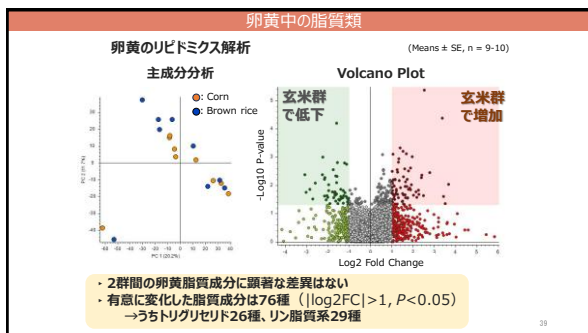
36



37



38



39

### 卵黄中の脂質類

一部を抜粋  
TG:トリグリセリド

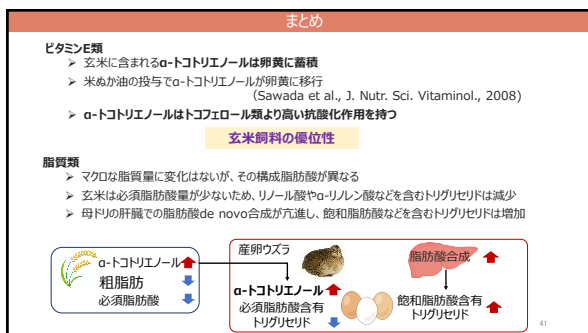
トリグリセリド有意差のあった26種→21種が玄米群で低下

Name	Formula	Log2 Fold Change (Brown rice) / (Corn)	P-value (Brown rice) / (Corn)
TG 14:1_16:0_17:1	C50 H92 O6	2.020	0.022
TG (12:0/13:0/22:5(7Z,10Z,13Z,16Z,19Z)) [so6]	C50 H86 O6	1.400	0.000
TG 18:1_18:2_22:6	C61 H100 O6	-1.280	0.043
TG 18:1_18:2_24:4	C63 H108 O6	-1.300	0.028
TG 18:1_18:2_26:5	C65 H110 O6	-1.670	0.023
TG 18:2_18:2_20:4	C59 H98 O6	-2.260	0.004
TG 18:2_18:2_22:4	C61 H102 O6	-1.660	0.022
TG 18:2_18:3_19:1	C58 H100 O6	-2.130	0.005

玄米摂取により  
飽和・一価不飽和脂肪酸が付加したトリグリセリドは増加  
⇔必須脂肪酸 (C18:2, C18:3) が付加したトリグリセリドは低下

**トリグリセリド量に変化はないものの、その構成脂肪酸に一定の変化が生じている**

40



41

## 4. アミノ酸の視点から：第3のルート

42



卵黄成分の“なりたち” 既知および未知の機構				
由来	物性	前駆体	卵黄成分	取り込みや輸送に関わる因子
飼料由来 肝臓供給経路	脂溶性分子	血中リポタンパク質	トリグリセリド (脂肪酸)、コレステロール、リン脂質、カロチノイド、トコトリエノール(E)?、ヒドロゲン、ApoB	VLDL/VTG受容体 in 卵母細胞膜 X受容体 in 卵母細胞膜
		血中結合タンパク質	レチノール (A)	トランスサイレチン受容体
		血中結合タンパク質	トコフェロール (E)	?
	水溶性因子	血中結合タンパク質	リボフラビン (B <sub>2</sub> )	VLDL/VTG受容体 in 卵母細胞膜
		遊離	アミノ酸	トランスポーター?
		遊離	IgY	FcRY受容体 in 血管内皮細胞
卵巣供給経路	遊離	短鎖ペプチド	PepT1 in 卵母細胞膜?	
	脂溶性因子	?	リン脂質	?
	水溶性因子	血中Gln	Glu	顆粒膜細胞 (GC) での交換とトランスポーター

49

おわり

50