

幼雛の腸管内揮発性脂肪酸の形成に関する研究

長野慶一郎・稲富義信*

(家畜生理学研究室)

昭和56年8月10日 受理

Studies on the Formation of Volatile Fatty Acids in the Intestinal Contents in Chickens

Keiichiro NAGANO and Yoshinobu INATOMI

(Laboratory of Veterinary Physiology)

緒 言

鶏の消化器官は、構造的にも機能的にも、他の家畜と異なり特異的である。なかでも盲腸は、全腸管の11~12%¹⁵⁾を占め、しかも対をなして位置している。このような形態学的特徴を持つ盲腸の、飼料の消化や生理機能に果たす役割については、現在まで種々検討されてきた。その研究対象としては、水分吸収能^{22, 24, 31, 39, 40, 42)}、粗線維の消化作用^{8, 9, 12, 16, 17, 19, 20, 23, 26, 38, 42)}、V-B群合成能^{4, 5, 32, 36)}、その他栄養素の吸収排泄機序^{12~14, 28)}などについて行われている。

ところで、粗線維の消化に、盲腸内微生物が関与することについて Shapiro and Sarles³³⁾は、幼雛の腸管内細菌叢を経時的に検索し、その細菌叢は餌付け後16時間で完成し、その構成菌種は餌付け前のものと同一である、と報告した。Lev and Briggs¹⁸⁾も、2日齢雛の細菌叢は、1カ月齢のそれと類似していることを認めた。また白坂³⁴⁾は、盲腸内の総菌数は、他の部位より多く検出されたと報告した。これら盲腸内微生物の活動は、本質的に発酵であり²¹⁾、その発酵産物として、揮発性脂肪酸 (VFA) 産出が Shrimpton³⁵⁾により証明された。鶏腸管内での VFA 産生と吸収に関して、渡部、千葉^{43, 44)}は CONWAY の微量拡散分析法による定量と、Paperchromatography による同定により追究した。これに対し、Gaschromatography による腸管内 VFA の検討は Annison ら⁷⁾が行い、腸管各部位に VFA が存在し、なかでも盲腸が最も高濃度であり、

腸管内微生物の関与が大きいことを示唆した。また渡部⁴⁵⁾は、人工的に投与した VFA の動態を分析し、嗉嚢と盲腸の吸収能を検索した。一方、帆足ら¹¹⁾は、腸管各部位の VFA を分析し、1)腸管内で VFA が生成され、とくに盲腸において著しい、2)生成された VFA は盲腸から吸収される、ことを示唆した。さらに長野ら²⁷⁾は、給与飼料中粗線維量と腸管内 VFA との関連性において、盲腸内容は他の部位に比して VFA 量およびその分画数が最も多く、さらに飼料中粗線維量に関係なく腸内容粗線維量が均一化する、などの結果をえて、盲腸が VFA の生成と吸収の主役を果たすことを認めた。

以上のように、鶏腸管内 VFA の生成や吸収に関しては、盲腸機能の重要性を示唆しながら、徐々に解明されつつある。

ところで、これらの研究はすべて大雛以上の成鶏についてなされたもので、現在までのところ幼雛についての報告はない。そこで、われわれは、孵化後から引き続き幼雛を対象にして、その腸管内 VFA の出現時期、更に VFA の構成分画など、その形成の推移を知る目的で Gaschromatography によって分析し、検討した。

材料と方法

1. 供試雛

出水養鶏農協で生産された白色 Leghorn 種 (Arbor Acres-26) の雄で、孵化当日 (1日齢) から10日目 (10日齢) までの幼雛を使用した。供試雛は、1日齢を除いてすべて孵化当日、鹿児島大学に搬入し (所要時間: 約4時間)、実験終了まで保温室内に設置した自作ケ

*北九州市動物管理センター, 北九州市小倉北区西港24-1
Kitakyusyu Municipal Animal Retention Center, 24-1 Nishiminato, Kokurakita-ku, Kitakyusyu 803

ージに収容飼育した。1 ケージには2 羽あて収容し、飼料は幼雛育成用配合飼料（日本配合飼料 KK）を用い、飼料および飲水ともに自由に摂取させた。なお、保温室内には、100W ヒヨコ電球5 個を設置した。なお、室内の温度、湿度は、出水養鶏農協の幼すう育成体系表に準じた。

供試雛は、1 日齢から5 日齢まではおのおの10羽、6 日齢から10日齢まではおのおの5 羽を1 群とし、1 実験（同一日孵化雛）に75羽を使用した。5 回の繰り返し実験を行ったので、総供試羽数は375 羽を使用した。

2. 腸管内容採取

上述の各群について、各日齢ごと一定時刻に一斉に腸管内容物を採取し、分析材料とした。なお、1 日齢については、出水養鶏農協孵卵場で致死せしめ、0°C に保った ice box に保管して持ち帰った後、採取した。内容採取に当っては、部位間の移動を極力避けるために、麻酔で致死せしめた。すなわち、局方注射用 Hexobarbital sodium (Ouropan-soda・塩野義製薬 KK) 10%液 0.3ml を、心臓内注入した。致死後直ちに開腹し、全腸管を摘出した。腸管は次の4 部位に区分し、それぞれの内容物を採取した。すなわち、小腸上部（十二指腸起始部から卵黄柄附着部まで、SI₁）、小腸下部（卵黄柄附着部から回盲結腸接合部まで、SI₂）、盲腸 (Ce)、結腸（直腸および排泄腔、Co）の各部位に切断、分離した。幼雛の腸管内容は極めて微量であるため、次の方法によって内容物の採取をした、すなわち、腸管断端から蒸留水を注入し、盲腸だけは一端を、他の部位はその両端をペアン鉗子で閉鎖し、腸管外部から軽く按摩することにより、内容物と水を混和させた後、蒸発皿に収容した。この操作を数回反復した。蒸発皿に採取した腸管内容物は、充分攪拌混和した後、まず pH の測定を行った。続いて、この内容物を重量既知の beaker 中に定量的に注入し、その重量を測定して全重量を求めた。内容物は直ちに、VFA および固形物の定量分析に供したが、残余試料は、保存容器 (Securitaner・内山工業 KK) に移し、ice stocker 内で保存した。

3. pH の測定

日立一堀場 M-5 形 pH meter (堀場 KK) で測定した。

4. 固形物

Homogenize した腸管内容物は、その一部について、給与飼料は粉碎器で直径約 0.1mm に粉碎したものについて、常圧加熱乾燥法で定量した。

5. VFA 分析方法

1) 定量分析

VFA 抽出ならびに methyl 化は、前報¹¹⁾によった。

2) Gaschromatography の諸条件

Gaschromatograph は、島津 GC-3BF 形を使用した。column は、内径 3mm、長さ 3m の円形 coil 状の glass column、充てん剤は、polyethylenglycol 6000 (担体 60~80mesh の shimalite) を使用した。carrier gas は N₂ で、流量は 20ml/min、また H₂ および空気流量は、それぞれ 25ml/min、0.8l/min であった。column 恒温槽温度および検出器温度は 100°C、注入口温度は 105°C に設定した。1 回の試料注入量は 1 μl とした。なお、chart speed は 10mm/min、range は 0.32V、sensitivity は 10²MΩ であった。

3) Gaschromatogram の定量と定性

前報^{11,27)}に準じて行った。ただし、1 羽当り VFA 量は、全 VFA 量を供試羽数で除して求め、g 当り VFA 量は、全 VFA 量を固形物量で除して求めた。

6. 統計的分析

腸管内容物中 VFA 量については、腸管部位要因と日齢要因を組合わせた 2 元配置型要因分析、回帰分析、相関係数の有意性の検定および平均値による差の検定、を主たる統計的分析として応用した。なお、計算はシャープ・コンペット・CS-364P (シャープ KK) を使用した。

結 果

1. 腸管内固形物量 (Table 1)

固形物量は、腸管各部位とも日齢の増加に従って漸増する傾向を示し、要因分析によって、部位間、日齢経過それぞれに有意差を認めた (Table 2)。さらに、日齢に対する各部位固形物量の回帰分析を行ったところ、各部位それぞれに有意な正の回帰が認められ、腸管内固形物量は日齢とともに有意に漸増した。また、各部位の固形物量は、小腸上部と下部の間、盲腸と結腸の間には差はないが、小腸領域（小腸上部、小腸下部）と大腸領域（盲腸、結腸）との比較では、小腸に有意に多く存在した。

2. 腸管内容物 pH (Table 3)

小腸上部では、日齢の経過とともに漸減し、4 日齢以後はほぼ定常に経過した。小腸下部は 5 日齢まで漸減、その後、小腸上部より高い値をとって漸増した。盲腸は 1 日齢で 6.38 であったが、その後 5.23~5.82 の値で推移し、他のどの部位よりも酸性度が強い傾向を示した。これに対し結腸は、1 日齢で 5.41 であった

Table 1. Dry matter quantity in the intestinal canal contents of chickens (mg/chicken)

Day*	SI ₁ **	SI ₂	Ce	Co
1	4.7±0.5* ³	1.9±0.1	2.9±0.2	0.7±0.1
2	11.5±1.0	6.2±0.4	1.9±0.3	1.2±0.1
3	19.1±1.3	11.8±0.4	4.1±0.5	2.3±0.3
4	26.9±1.3	17.8±1.6	5.8±0.5	3.8±0.6
5	33.9±2.4	23.0±1.4	7.7±0.9	4.4±0.5
6	37.7±2.0	25.4±1.5	11.8±1.4	5.7±1.3
7	41.5±1.5	28.5±0.8	13.2±1.8	8.2±0.9
8	43.4±2.9	26.9±2.1	11.9±1.5	7.3±1.2
9	44.2±2.8	25.4±1.4	14.6±1.7	9.8±1.6
10	48.2±1.9	28.9±0.5	17.1±1.2	8.8±0.9

* Day, The time elapsed after the hatching.

** SI₁, Upper portion of small intestine. SI₂, Lower portion of small intestine. Ce, Cecum. Co, Colon.

*³ Mean±Standard error.

Table 2. Analysis of variance on the dry matter value in the intestinal canal contents of chickens

Factor	Sum of squares of deviation	Degree of freedom	Mean square	Variance ratio
A(Day)	2420.0073	9	268.8897	9.00 ^a
B(Portion)	4046.9188	3	1348.9729	45.42 ^a
A×B	801.7338	27	29.6938	
Total	7268.6599	39		

Factors having the superscript letter are significantly different at 5% level.

Table 3. pH values of the intestinal canal contents of chickens

Day*	SI ₁ **	SI ₂	Ce	Co
1	6.43±0.19* ³	6.56±0.18	6.38±0.15	5.41±0.20
2	6.29±0.11	6.75±0.18	5.40±0.32	6.04±0.25
3	5.99±0.07	6.00±0.20	5.40±0.06	6.31±0.18
4	5.79±0.07	5.54±0.21	5.23±0.09	6.49±0.22
5	5.84±0.05	5.65±0.17	5.40±0.16	6.45±0.22
6	5.91±0.18	6.40±0.37	5.66±0.23	6.66±0.28
7	5.80±0.05	6.19±0.19	5.32±0.13	7.13±0.37
8	6.08±0.05	6.54±0.39	5.82±0.25	7.25±0.42
9	6.14±0.04	6.82±0.09	5.44±0.10	7.50±0.13
10	6.09±0.03	6.75±0.21	5.43±0.06	7.60±0.19

*, **³ The same as Table 1.

Table 4. Concentration of volatile fatty acids in the intestinal canal contents of chickens per one chicken (mg/chicken)

Day*	SI ₁ **	SI ₂	Ce	Co
1	0.09±0.04* ³	0.07±0.03	0.17±0.05	0.07±0.04
2	0.18±0.06	0.39±0.14	0.23±0.07	0.14±0.03
3	0.20±0.04	0.30±0.07	0.50±0.09	0.16±0.03
4	0.22±0.05	0.29±0.05	1.30±0.38	0.18±0.04
5	0.28±0.04	0.24±0.06	2.24±0.69	0.17±0.03
6	0.28±0.06	0.39±0.04	3.05±0.81	0.61±0.40
7	0.25±0.04	0.27±0.08	2.95±0.42	0.23±0.05
8	0.25±0.07	0.40±0.06	2.22±0.66	0.30±0.12
9	0.32±0.09	0.36±0.15	3.06±0.15	0.30±0.07
10	0.36±0.07	0.39±0.10	3.46±0.72	0.35±0.12

*, **³ The same as Table 1.

が、漸次増加して10日齢で7.60となり、日齢とともにアルカリ性に転ずる傾向を示した。しかし、これらの日齢に伴う変化は、結腸を除いて統計的には有意でなかった。ただし、部位間の差の検定では、小腸上部と下部、小腸下部と結腸の間には有意差はなかったが、盲腸は他の3部位との間に有意差があり、内容物が盲腸内に進入し存在すると、pHが低下することを示した。

3. 腸管内容物 VFA

前述したように、幼雛の腸管内容物は極めて微量なため、分析に当って、5日齢まで10羽、6日齢以後は5羽からえられた内容物を一括混合して1試料とした。そのため、えられたVFA量をそのまま検討対象とすることは妥当でない。従って、1羽当りVFA量(mg/羽)と、単位重量当り固形物中VFA量(mg/g)との両面から分析した。

(1) 1羽当り VFA 量 (mg/羽) (Table 4)

(a) VFA 量

腸管内 VFA は、Fig. 1 に示す Gaschromatogram として記録された。各部位別の1羽当り VFA 量は、2日齢を除き常に盲腸に多く存在し、とくに4日齢以降は顕著であった。ただ盲腸内 VFA 量が7,8日齢で減少しているが、統計的には有意でなかった (Table 5)。なお、日齢に伴う VFA 量は、それぞれ増加の傾向があったが、統計的には盲腸と小腸上部が有意であった。

VFA 量は盲腸に多く存在し他の3部位との間に有意差を示したが、3部位相互間には差はなかった。

前述のように腸管内固形物量は、どの部位も日齢と

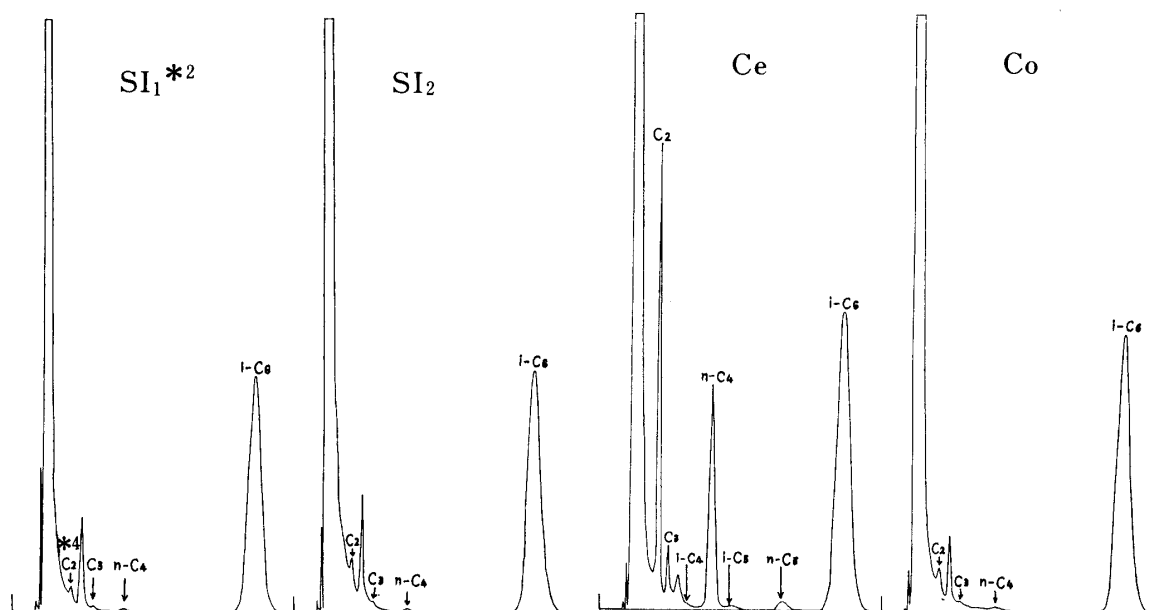


Fig. 1. Chromatogram of volatile fatty acids in the intestinal contents of the chicken.

*2 The same as Table 1.

*4 C₂, Acetic acid. C₃, Propionic acid. i-C₄, iso Butyric acid. n-C₄, normal Butyric acid. i-C₅, iso Valeric acid. n-C₅, normal Valeric acid. i-C₆, iso Caproic acid.

Table 5. Analysis of variance on the volatile fatty acids in the intestinal canal contents of chicken (mg/chicken)

Factor	Sum of squares of deviation	Degree of freedom	Mean square	Variance ratio
A(Day)	5.1111	9	0.5679	1.57
B(Portion)	20.4455	3	6.8152	18.84 ^a
A×B	9.7652	27	0.3617	
Total	35.3218	39		

Factors having the superscript letter are significantly different at 5% level.

ともに比例的に増加した。そこで1羽当り VFA 量と固形物量との間の相関をみると、小腸上部($r=0.916$), 盲腸($r=0.961$)では明らかに正の相関を認めた。

(b) 腸管部位別分画別 VAF 量 (mg/羽)(Fig. 2)

以下の記述において、VFA を構成する分画を次のよう略記する。すなわち、酢酸は C₂, プロピオン酸は C₃, イソ酪酸は i-C₄, 正酪酸は n-C₄, イソ吉草酸は i-C₅, 正吉草酸は n-C₅ とした。

すべての部位に共通するのは、1) C₂, C₃ および n-C₄ の常在、2) C₂ が VFA 量の約65%以上を占める、ことであった。

盲腸を除く他の部位では、C₂, C₃ および n-C₄ 分画

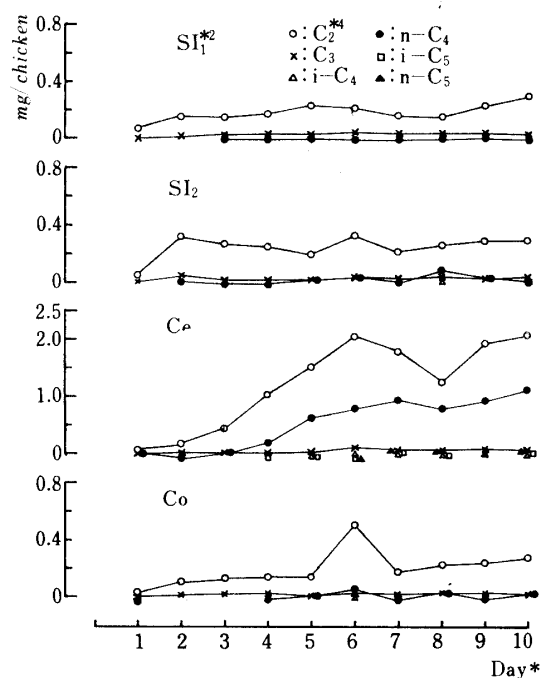


Fig. 2. Concentration of volatile fatty acids in contents from different portion of intestinal canal of chickens per one chicken (mg/chicken).

*, *2 The same as Table 1.

*4 The same as Fig. 1.

が多く存在した。これらの3分画のうち C_2 が最も多く、各部位の平均値は小腸上部 0.19mg, 小腸下部 0.25mg, 結腸 0.21mg であり、その全分画に対する比率はそれぞれ、77.4%, 81.9%, 82.8%と高率を占めた。i- C_5 , n- C_5 は検出されなかった。

これに対し盲腸では、他の部位と異なった分画構成であった。すなわち、 C_2 , C_3 , n- C_4 の3分画の他に、日齢の進行とともに、i- C_4 , i- C_5 , n- C_5 の3分画が約1%の低い割合ではあるが検出され、しかも6日齢以降は6分画の常在が認められた。

各部位における日齢と分画を要因とする分散分析は、Table 6 に示したように、いずれの部位も分画別 VFA 量間に有意差があり、盲腸を除く3部位では、 $C_2 > C_3$

Table 6. Analysis of variance on the concentration of volatile fatty acids in contents from different portion of intestinal canal of chickens (mg/chicken)

Upper small intestine				
Factor	Sum of squares of deviation	Degree of freedom	Mean square	Variance ratio
A(Day)	0.0174	9	0.0019	1.92
B(Fraction)	0.1735	2	0.0868	86.16 ^a
A × B	0.0181	18	0.0010	
Total	0.2090	29		
Lower small intestine				
A(Day)	0.0309	9	0.0034	1.90
B(Fraction)	0.3377	2	0.1688	93.64 ^a
A × B	0.0325	18	0.0018	
Total	0.4010	29		
Cecum				
A(Day)	2.4259	9	0.2696	2.61 ^a
B(Fraction)	12.6608	5	2.5322	24.55 ^a
A × B	4.6311	45	0.1031	
Total	19.7278	59		
Colon				
A(Day)	0.0673	9	0.0075	1.58
B(Fraction)	0.2295	2	0.1148	24.55 ^a
A × B	0.0849	18	0.0047	
Total	0.3817	29		

Factors having the superscript letter are significantly different at 5% level.

$> n-C_4$ の順で検出された。これに対し盲腸では、分画別 VFA 量は日齢要因にも有意性がみられ、i- C_4 , i- C_5 を除くすべての分画、すなわち、 C_2 , C_3 , n- C_4 および n- C_5 で、日齢に伴って有意に増加した。また、存在量は、 $C_2 > n-C_4 > C_3 > i-C_4$, i- C_5 , n- C_5 の順位となり、他の3部位とは異なって C_3 と n- C_4 の順位が逆転した。なお、分画数が増加したため、相対的に占める比率は減少したものの(約60%) C_2 が多い点は変らなかつた。

(c) 分画別腸管部位別 VAF量 (mg/羽) (Fig. 3)

構成分画から、腸管各部位の特徴的な点を検討すると、まず C_2 は盲腸において、8日齢で減少する傾向があるが有意でなく、常に他の部位より高い値をとりながら漸増した。回帰式は、 $Y = 0.223X + 0.025$ なる式がえられ有意であった。これに対し、他の部位では僅かながら増加して推移する傾向があるが有意でなく、明らかに盲腸より低い存在量であった。

つぎに、 C_3 はすべての部位、すべての日齢に検出された。盲腸が5日齢から他の部位と比較して、やや

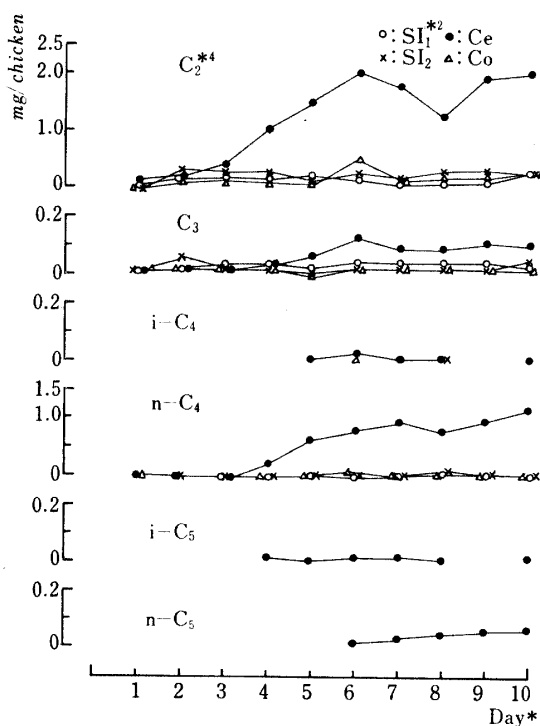


Fig. 3. Individual volatile fatty acid in the portion of chickens per one chicken (mg/chicken).

*, *2 The same as Table 1.

*4 The same as Fig. 1.

高い値を示し、その他、各部位とも僅かながら漸増した。

n-C₄ では、盲腸で4日齢から漸増し10日齢で1.14 mg となった。この増加は $Y=0.139X-0.214$ で表わされた。他の部位ではそれ程激しい変動はなく、0.01~0.08mg の範囲で認められ、C₂ と似た状況が伺われた。

i-C₄, i-C₅ および n-C₅ の3分画は、ほとんど盲腸部位にのみ、しかも極めて微量が検出されるに過ぎなかった。すなわち、i-C₄ は盲腸に5日齢から現われたが、6日齢の0.03mg を最高値とするにとどまった。又、i-C₅, n-C₅ とも類似の傾向であった。

以上のように、C₂, C₃, n-C₄ の各部位における常在分画は、4日齢以降10日齢まで一定して盲腸に多かった。しかし、1日齢から3日齢までは存在部位に統一性を認めなかった。すなわち、幼雛の腸管内 VFA の特異性が示唆された。そこで、C₂, C₃, n-C₄ のそれぞれの量について、腸管部位間における差の有意性を検討したところ、C₂, C₃, n-C₄ とも、盲腸にのみ有意に多く存在することが示された。

(2) 固形物g当り VFA 量 (mg/g)

前述のように、各部位で腸管内容物は異なっている。従って、単位重量当りの各部位 VFA 量を求めるため、それぞれ固形物g当り VFA 量として比較した。

(a) VAF 量 (Table 7)

前述の1羽当り VFA 量とは、日齢に伴う変動の様相が幾分異なっていた。盲腸は、3日齢以降他のどの部位よりも顕著に多く検出された。その量は、5日齢までは急激に増加して最高値 27.0mg/g を示し、その後やや減少、次いでほぼ同一 level を推移した。次に

多いのは結腸で、日齢とともに漸減、続いて平行化する傾向であった。小腸下部の経過も結腸にかなり類似した。小腸上部の VFA 量は、4部位中最も少なく、漸減した。このような巨視的に観察された VFA 量の変動経過を、日齢に対する回帰分析によって検討したが、盲腸では有意でなく、結腸と小腸上部および小腸下部に有意な負の回帰が示された。

これら各部位の VFA 量は、すべての部位間に有意差を認めた。その量的関係は、盲腸>結腸>小腸下部>小腸上部であった。

(b) 腸管部位別分画別 VAF 量 (mg/g) (Fig. 4)

固形物g当り分画別 VFA 量は、前述の1羽当り VFA 量とは、若干差異が認められた。これは、幼雛では、腸管内容物が極めて微量であるため、1羽当り分画別 VFA 量を求めた時、mg 単位で、小数点第2位までに有効数字が現われない場合があった。

さて、各部位の常在分画は、1羽当り VFA 量と同様に C₂, C₃, n-C₄ の3分画であった。このうち、C₂ が圧倒的に多く、小腸上部、小腸下部、結腸では、おおむね80%を占めた。これに次ぐのが C₃, n-C₄ で、前項の傾向と変らなかつた。その他、i-C₄ は小腸領域では僅かに認められるように検出された。また、結腸でも同様の傾向であったが、量的にやや多かった。

これに対して、盲腸の分画数はほぼ前項と同様で、日齢の進行も共に増加し、1日齢のみが C₂, C₃, n-C₄ の3分画で、5日齢からは i-C₄, i-C₅, n-C₅ も検出された。すなわち、小腸領域と結腸では4分画、盲腸では6分画が存在した。

つぎに、分画数および存在量ともに、全腸管中最も多い盲腸は、前項と概ね類似していたが、要因分析に

Table 7. Concentration of volatile fatty acids in the intestinal canal contents of chickens per dry matter g(mg/g)

Day*	SI ₁ * ²	SI ₂	Ce	Co
1	1.84±0.59* ³	3.59±1.13	6.27±2.15	9.59±2.07
2	1.58±0.50	5.81±2.12	10.82±2.27	12.05±3.16
3	1.00±0.13	2.47±0.48	12.02±1.85	7.26±1.15
4	0.83±0.20	1.59±0.21	20.73±5.45	4.89±1.29
5	0.81±0.12	1.01±0.22	27.00±5.93	4.02±1.26
6	0.77±0.15	1.56±0.15	24.00±4.96	9.40±4.21
7	0.61±0.07	0.95±0.24	22.36±1.92	2.80±0.51
8	0.58±0.14	1.49±0.14	17.97±4.59	4.43±1.49
9	0.73±0.21	1.37±0.62	20.72±3.40	3.32±0.81
10	0.74±0.15	1.37±0.34	19.94±0.34	4.55±1.85

*, *², *³ The same as Table 1.

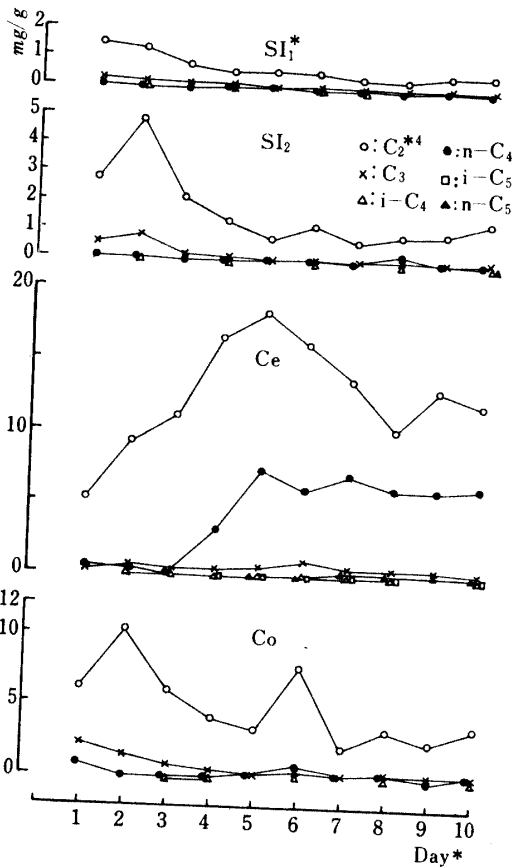


Fig. 4. Individual volatile fatty acid in the portion of chickens per dry matter g(mg/g).
*, ** The same as Table 1.
** The same as Fig. 1.

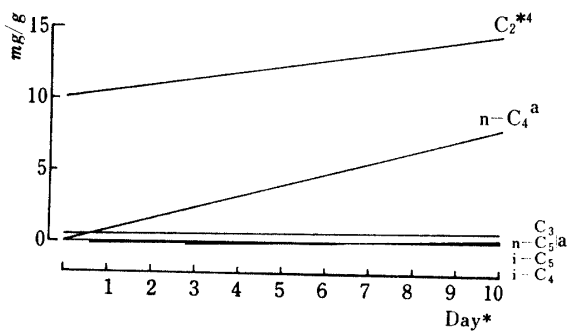


Fig. 5. Regression of individual volatile fatty acid in the ceca of chickens per dry matter g(mg/g).
* The same as Table 1.
** The same as Fig. 1.
Volatile fatty acids having the superscript letter are significantly different at 5% level.

において日齢要因が有意でない点異なった。回帰分析によって、日齢に伴う有意な増加を認めたのは、 $n-C_4$ と $n-C_5$ のみであった (Fig. 5)。量的関係は、 C_2 が最も多く、 $C_2 > n-C_4 > C_3 > i-C_4, i-C_5, n-C_5$ であった。

(c) 分画別腸管部位別 VFA 量(mg/g) (Fig. 6)

C_2 分画は、盲腸が他の3部位より著明に多く検出された。すなわち、5日齢 (18.47mg) までは急増し、次いで8日齢 (10.28mg) まで減少し、その後ほぼ安定した。前述のように、とくに一定した経過はみられなかった。小腸上部は1日齢の 1.52mg を最高値として、その後、徐々に減少または平行的な経過をたどった。小腸下部は、2日齢で 4.85mg を示し以後漸減した。結腸は、小腸下部と類似の pattern を示した。す

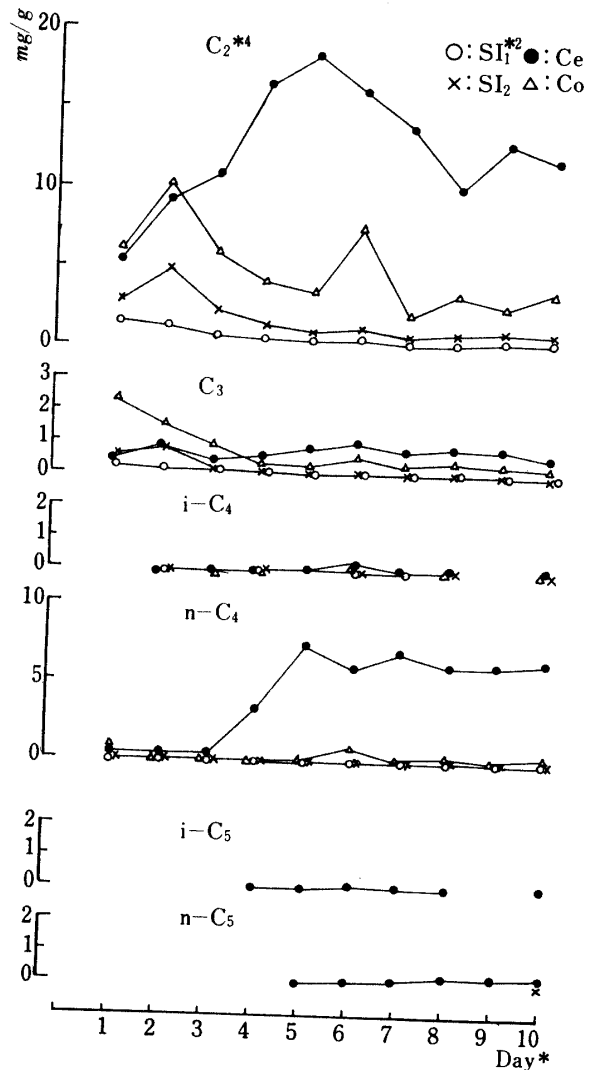


Fig. 6. Concentration of volatile fatty acids in contents from different portion of intestinal canal of chickens per dry matter g(mg/g).
*, ** The same as Table 1.
** The same as Fig. 1.

なわち、2日齢で 10.28mg と 4 部位中最も多く、6日齢で再び僅かに増加し、その後 3mg の値で推移した。結局、盲腸を除く 3 部位は漸減傾向を示し、日齢で有意な負の回帰を示した。

C₃ 分画は、小腸上部と小腸下部では顕著な変動はなく経過した。これに対し、結腸は 1 日齢の 2.35mg を最大値としてその後漸減した。これに対し、盲腸は対照的で、4 日齢以降は 4 部位中最も高い値であった。

n-C₄ の経過は以上の分画と異なり、4~5 日齢に多く検出され、それ以後はほぼ同一 level で経過した。とくに、盲腸には比率として n-C₄ 分画の約 90% が存在した。

以上の 3 分画が常時検出されたのに比べ、C₅ は i-, n- とともに、ただ盲腸にのみそれぞれ 4 日齢、5 日齢から検出された。これに対して、中間的な出現態度を示したのが、i-C₄ であった。その検出頻度は、小腸領域（小腸上部+小腸下部）よりも大腸領域（盲腸+結腸）で安定していた。

これらのことから、各分画の日齢に伴う存在部位の推移をみると、C₂、C₃、n-C₄ 分画は成長とともに盲腸に高い比率で認められるようになるといえる。そして、4 日齢以後は小腸領域と結腸では、類似の割合で存在するように観察された。不規則な検出をみた C₅ 分画出現は濃度としては少ないが、おおむね盲腸の占める割合が高かった。

4. 飼料中の VFA 量 (Table 8)

2 日齢から給与した幼雛育成用配合飼料中には、固形物 g 当り 0.52mg の VFA を含み、えられた分画は、C₂、C₃、n-C₄ の 3 分画で、他の分画は認められなかった。VFA のうち、C₂ が高率 (86.5%) を占めていた。

Table 8. Concentration and percentage of volatile fatty acids in the starter (mg/g)

C ₂ * ⁴	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅
0.45±0.08* ³	0.04±0.00	0.00	0.03±0.00	0.00	0.00
86.5	7.7	0	5.8	0	0

*³ The same as Table 1.

*⁴ The same as Fig. 1.

考 察

1963年、鶏の盲腸内容物中の VFA について Shrimpton³⁵⁾ が初めて報告した。その後、鶏の消化管内 VFA について系統的に行われた研究は意外に少ない^{1,11,27,43-45)}。しかも、その大半が成鶏を対象として行わ

れたもので、また実験方法もまちまちである。従って、われわれのえた幼雛の成績を、これらと直接比較検討するにはかなりの難点がある。

未採食の 1 日齢の雛腸管内においても VFA が検出された。すなわち、1 羽当り VFA 量は、小腸上部が 0.09±0.04mg、小腸下部が 0.07±0.03mg、盲腸が 0.17±0.05mg、結腸が 0.07±0.04mg で、これは 10 日齢の 25%、18%、5%、20% に相当した。その比率は、小腸領域に 40%、盲腸に 42.5%、結腸に 17.5% であり、小腸領域と盲腸にほぼ同一量存在した。ところが 10 日齢になると、この比率は変りそれぞれ、16.4%、75.9%、7.7% と、盲腸の占める割合が顕著に増加した。一方、単位重量当りの量でも、1 日齢ではそれぞれ、25.5%、29.5%、45.0% であり、これも小腸領域と盲腸との割合は、1 羽当り VFA 量と似た傾向であった。しかし 10 日齢では、7.9%、75.0%、17.1% と、圧倒的に盲腸に多くなった。ここに示した 1 日齢における各腸管内 VFA の比率関係は、孵化直後の未採食雛にみられる特徴と考えてよい。ちなみに成鶏では、配合飼料を給餌した Annison ら¹⁾ は、実量で 32.0%、61.3%、6.7%、単位重量当り VFA 量で 12.9%、75.7%、11.4% と、いずれも盲腸に多く存在することを報告した。また、単味飼料を給与した帆足ら¹¹⁾、長野ら²⁷⁾ の成鶏も全く同一の傾向を示している。

このように、幼雛の腸管内には孵化後 1 日齢で VFA が存在した。Shapiro and Sarles³³⁾ は、孵化直前の雛の盲腸内にも僅かながら細菌が存在することを証明した。また、Annison ら¹⁾ は、無菌鶏 (2 週齢) にも無処置鶏の 3~6% を認めている。われわれが使用した 1 日齢は、たとえ孵化直後から殺処分までの間に、孵卵器や雛収容箱の中で敷料等の異物をついばんだ可能性があったとしても、給餌を行っていないので、VFA の存在と飼料あるいは、その消化との関連は考えられない。さらに、1 日齢の g 当り VFA 量が比較的高い値を示したのは、腸管内細菌叢の発酵作用に加えて、孵化前の消化管機能の特異性などの要因も関与しているであろう。

上述のように、1 日齢は 10 日齢と大いに相異していた。ところで、2 日齢からえられた試料は、採食条件が付加されて以来初めてのもので、1 日齢の試料とは異なっていると考えねばならない。2 日齢の VFA の存在量を、g 当り VFA 量で 1 日齢と比較してみると、4 部位中、小腸上部が僅かに下降した以外は、他の 3 部位では共通して上昇した (Table 7)。すなわち、小腸下部が 1.61 倍、盲腸が 1.73 倍、結腸では 1.26 倍の増

量であった。部位別の存在量は、小腸領域24.4%、盲腸35.8%、結腸39.8%で、前述の1日齢の比率から10日齢のそれに移行する傾向にある、構成分画は、 C_2 が少し増加している以外は大差を認めなかった。Shapiro and Sarles³³⁾によれば、孵化後の盲腸内細菌叢の増加は緩徐であるのに、給餌開始後は急速に増加し、16時間後には成鶏と同一になるという。さて、2日齢の試料は給餌から19時間以上を経過していた。盲腸での増加は、給餌開始とそれに伴う細菌叢の発達に基づくVFA産生の結果と理解される。

1羽当りVFA量は盲腸に最も多く存在し、日齢とともに増加する傾向にあった。すなわち、10日齢で盲腸は3.46mgで、他の3部位の合計値1.10mgの約3倍を示した。また、日齢と固形物量の増加の間に、盲腸と小腸上部に有意な正の相関が認められた。すなわち、盲腸は固形物量が0.1g増加すると、VFA量は約2倍に増加する。小腸上部は低い増加率であった。このように盲腸での増加率は著明に高かった。帆足ら¹¹⁾は、VFAは主に盲腸で産生され、吸収されることを示唆した。幼雛の盲腸の高濃度での存在は、旺盛なVFA生成作用を推測させた。

盲腸内容物のpHは、1日齢を除き全般的に他の部位より有意に低く経過した。また、相隣る腸管の間には差がなく、内容物の移動とともにpH値が高まることが示された。安川・長野⁴⁷⁾、帆足ら¹¹⁾は、盲腸が小腸、結腸より高いことを報告し、さらに盲腸内pH値は給与飼料の種類で異なり、殻類が高く、ぬか類で低いことは前報²⁷⁾で述べた。また、Farner²⁹⁾は、盲腸内容物のpHは5.71で、他の部位より低い値を示し、また、Olson and Mann³⁰⁾も同傾向を認めている。中広ら²⁵⁾によると、盲腸内pHは飼料により差異が認められ、自由採食時のpHは回腸下部7.8、盲腸6.8、直腸7.7と述べた。以上の成績は、本研究と類似のpH分布であった。このように、盲腸内容物は、pHが低いとともに多量のVFAが存在した。Bolton³⁾は、消化管内pHは消化液の分泌、微生物の活動によって調整されるといっている。従って、pHとVFAと微生物の活動の間には、何らかの有意な関連性があるものと考えられる。

腸管内VFA分画については、先に少し述べたように1羽当り量の各分画の部位と日齢による経過は異なっていた。とくに、盲腸内には6分画のVFAが検出された。前報¹¹⁾と本報の盲腸内VFAを比較してみると、成鶏では C_2 :51.6%、 C_3 :19.7%、 $i-C_4$:2.0%、 $n-C_4$:19.8%、 $i-C_5$:3.7%、 $n-C_5$:3.2%であるのに、

10日齢では C_2 :61.0%、 C_3 :3.2%、 $i-C_4$:0.3%、 $n-C_4$:32.9%、 $i-C_5$:0.6%、 $n-C_5$:2.0%で、 C_2 が最多分画である点は同一であるが、 C_3 と $n-C_4$ が逆転した比率であり幼雛の特異性と思われる。

前述したように、1羽当りVFA量は、いろいろな要因でかなりの変動があるため単位重量当りの濃度で検討した。しかし、各腸管内食糜量を固形物で代表させることが果して適当か、疑問も生じる。しかし、実験動物が幼雛であり、内容採取は前報⁴⁷⁾に準じて行ったため、えられた試料を同一基準で比較するのに妥当と考えた。

給与飼料中には、固形物g当り0.52mgのVFAが定量された。前述のように、1日齢にかなり高濃度のVFAが検出された。さらに2日齢では増加の傾向があり、給与飼料を上廻る高いVFA値であった。とくに、摂取飼料の影響を直接受けられる小腸上部でも、飼料の約3倍量が検出された。ところで、2日齢での飼料の消化管内通過時間に関する報告は、寡聞にして見ない。ただ斉藤、木部³²⁾は、2週齢で平均144分で、週齢の増加とともに長びくと述べた。一方、盲腸内への移行については、成鶏による藤田⁷⁾の成績では、採食4時間後で盲腸内進入は完全であった。以上のことから、2日齢の腸管内容物は、充分に飼料の関与を受けていると考えられる。

腸管各部位におけるVFA量の日齢による変化は、盲腸と他の3部位とは対照的な経過であった。回帰分析で、小腸領域と結腸では有意な負の回帰で、日齢の経過とともに、濃度としては低くなる傾向を示した。しかし、いずれの日齢でも飼料中濃度よりも多く、成育とともに飼料中には検出されない分画が出現し、小腸領域でのVFAの生成能が表わされた。しかし、飼料中VFA量と小腸内VFA量との間に、成鶏^{11, 27)}に見られるような大きな差異はなかった。これは、幼雛小腸におけるVFA産生能が成鶏ほど旺盛でないことを示す。一方、幼雛の採食量は、自由採食をさせたため、とくに測定はしなかったが、本品種の給餌基準では、日齢をXとした時の採食量Yは、 $Y=1.011X+3.366g$ の回帰式で表わされる。事実、腸管内固形物量の増加は小腸領域で強い増加を示すのに対し、1羽当りVFA量は弱い増加であった。VFA検出量は、産生と吸収の総和であるので一概にはいえないにしても、小腸内容物の著しい増加が、VFA生成能を上廻ったために、顕著な濃度差がみられなかったものとも解釈される。

結腸のVFA量は、漸減傾向を示した。その固形物

量は少なく (Table 1), 長さは短かいにもかかわらず VFA 量は小腸より高かった。しかし, 安定性には乏しい。これは, 固形物量が少ないのに加え, 小腸や盲腸から流入する内容物による受動的変動に由来するのであろう。

以上の3部位と異なり, 盲腸は3日齢以降急激な増量を示した。10日齢までの存在量に関する検定では, 明らかに全腸管中最多量であった。日齢の経過に伴う小腸領域と盲腸の VFA 量の存在率は, 1日齢で 25.5%, 29.4% とほぼ同じであるのに, 2日齢では 24.4% と 35.3% となり, その後, 小腸領域は減少, 盲腸は増加し, 10日齢で 7.9% と 75.0% の存在率であった。この割合は, 成鶏^{1, 11, 27)} と類似していた。しかし, 小腸領域 < 盲腸の傾向も, 5日齢は特異的であった。すなわち, 小腸領域 5.5%, 盲腸 82.1%, 結腸 12.4% と, 大きな開きがみられた。この一過性の爆発的増量は, 盲腸内発酵作用の進展と盲腸が盲嚢であるという形態的特徴に基づく内容物の停滞によるものと解釈したい。ところで, 10日齢の存在率が成鶏の pattern に類似するに至るまで, 5日齢を peak として減少経過がみられた。この現象を解明することはむずかしいが, 少しく考察を加えてみる。その原因として, 1) 構成成分の変動による影響, 2) 盲腸糞の排出と小腸内容物の盲腸内移行, 3) 盲腸内微生物の间歇的除去, 4) 盲腸の吸収作用, などが考えられる。1) この経過の主役を果している分画は C₂ であった (Fig. 4)。Shrimpton and Stevens³⁶⁾ は, 盲腸内 *Bacteroides* spp. が C₂, C₃ の産生を行うことを認めた。しかも, 消化管の中で盲腸内に多く存在する^{1, 2, 34)}。従って, 急速に菌数を増した細菌群の中で, *Bacteroides* がこの時点からその activity が低下したためと, 小腸領域と同様に, 腸管内容物の増加による相対的な VFA 産生能の低減, によることも考えられる。2) 盲腸糞が, 盲嚢端から発する強力な蠕動⁴⁶⁾ で排出されて, 結腸に検出されることは, 幼雛においても観察した。また, 盲腸は 24~28 時間ごとに空乏化されるという²¹⁾。本研究では 11 日齢以降の観察をしていないが, 幼雛の盲腸糞排泄リズムが 5~6 日齢から始まることも推測される。しかし, 固形物量は漸増することから, 盲腸糞排泄とともに小腸内容物の盲腸内移行もあることが考えられる。また, 盲腸内容は完全に除去されない²⁰⁾ ので, 低い VFA 濃度をもつ小腸内容物との混和による減少, が可能性としてあげられる。3) Annison ら¹⁾ が, 盲腸内に高濃度で認められることについて次の示唆を与えている。すなわち, 盲腸内容物の充満と空乏の現象は, 微生物発酵速度に関係した継

続的経過で, 盲腸糞は蓄積した微生物体の間歇的除去を意味する。その実験的根拠として, 盲腸糞存在例の VFA は結腸に多く盲腸に少なかった。この内容物存在量と微生物発酵の周期的関係が幼雛盲腸内 VFA の消長にもあるものと推測される。4) VFA 産生を凌駕する吸収作用の結果としての減少も可能性として考えられる。一側の盲腸の血管結紮による VFA 吸収の停止と, 内容物の移動を遮断した実験¹¹⁾ で, intact 側に比し約 4 倍の VFA を検出した。幼雛の成長発育に対する VFA の役割は, その旺盛な体重増から, その関与が大きいことが指摘できる。

以上のように, 盲腸は孵化後の早期から他の腸管よりも, VFA が高濃度で存在し, 大雛¹⁾, 成鶏^{1, 11, 27, 43, 44)} と同じ傾向であった。従って, 幼雛も VFA の生成と吸収作用で, 盲腸が主体的な役割を果すことが示唆された。

検出された VFA 分画は部位により幾分かの相異はあるが, C₂, C₃, i-C₄, n-C₄, i-C₅, n-C₅ の 6 分画で, Gaschromatography による従来の報告と一致し, また, 給与飼料に関係なく出現分画数は 6 分画を限度すると推定した報告²⁷⁾ の裏付けもした。各部位で, 各日齢に共通する出現分画は, C₂, C₃, n-C₄ の 3 分画であった。小腸領域は類似の経過で, 主分画は C₂ であった。数量的には, 下部が上部を常に上廻った。前述の飼料摂取の影響が, 腸管の配置による相異点となって現われたものと思われる。i-C₄ が僅かに検出されることがあったが, 明らかに小腸領域での産生として示された。

結腸は, 小腸領域と類似の傾向であったが, 量的には下部を上廻り, 盲腸との関連性のあることが伺われた。

盲腸内 VFA の特性は, 常在分画数, 量ともに, 日齢経過と比例的に増加することであった。すなわち, 2日齢から i-C₄ が, 4日齢から i-C₅ が, 5日齢からは n-C₅ が検出され継続した。量的に多い C₂ の変動が VFA 量の pattern を左右したといえる。さて, 盲腸内で同定される細菌叢については, Annison ら¹⁾, Barnes and Goldberger²⁾, 越智・光岡²⁹⁾, 白坂³⁴⁾ が検索している。盲腸内で C₂ が高い濃度で存在することは, *Bacteroides* spp. (*Bacteroidaceae*)^{1, 2, 34, 36)} や *Bifidobacterium* 様菌³⁴⁾ および *Bacillus* "D"²⁹⁾ の活発な発酵作用によるものと思われる。次に多い分画は n-C₄ で, 成鶏の場合と C₃ との順位が逆転していた。幼雛の盲腸内容物に酪酸産生菌 (*Eubacterium*)¹⁰⁾ が含まれ, その activity が高いものと推測される。C₃ 分画は, これに次いだ。量的にも比率的にも少なく, プロピオン

産生菌 (*Propionibacterium*)¹⁰⁾の活動が少ないことが考えられる。以上の点は幼雛盲腸の分画の特異性として指摘される。上記の3分画は、日齢の進行とともに盲腸に多く存在する傾向があり、部位別比は C_2 , $n-C_4$ では4日齢で安定化していた。 C_3 は日齢とともに増加するにしても、前2分画に比し少量であった。さらに量的に少ない $i-C_4$, $i-C_5$, $n-C_5$ は、盲腸にのみ検出される分画といってよい。 C_5 群が結腸にみられなかったのは、盲腸で産生され、そして吸収されたのであろう。類似の結果が、帆足ら¹¹⁾によって述べられている。すなわち、盲腸結紮実験で、結紮側のVFA分画は、 $C_3 > C_2 > C_4$ となり、対照側と異った比率を示した。この傾向に対して、Ruminantにおける小第一胃法での実験結果から、炭素数の多いVFAほど吸収速度が早い、という現象によるものと解釈している。本研究の結果について、この吸収機序が応用できるならば、盲腸の特性が理解できる。ただし、 C_4 群の存在量の多さについては同じ考え方を適用すると、その産生能は幼雛で極めて高いという推論が成立する。配合飼料給与という点で共通な(配合設計は同一といえないが)Annisonら¹²⁾の比率は、 $C_2 > C_3 > C_4$ であった。われわれのえた結果では、 C_3 分画が極めて少なかったが、別の見方をすると、 C_3 に対する吸収作用が強かったためということもできよう。結論的に約言すれば、本研究によってえられた結果は、10日齢までの幼雛に限っては、成鶏と異なった盲腸機能が行われていること示唆している。

要 約

鶏幼雛の腸管内に含まれる揮発性脂肪酸(VFA)の出現時期と数量、およびその構成分画の日齢経過に伴う変動を明らかにする目的で、実験を行った。用いたのは白色 Leghorn 種 (Arbor Acres-26) の雄で、孵化後1日目(1日齢)から10日目(10日齢)まで、総計375羽を使用した。2日齢以後は、市販の幼雛育成用配合飼料で飼育した。腸管内容物は、小腸上部、小腸下部、盲腸および結腸の4部位から採取し Gaschromatography により分析した。

えられた結果は、次のように要約される。

1. 1日齢の幼雛の腸管の全部位に、VFAが検出された。構成分画は、酢酸(C_2)、プロピオン酸(C_3)および正酪酸($n-C_4$)で、各部位の濃度(固形物g当り量)は、給与飼料よりも高かった。腸管部位別量では、小腸と盲腸にほぼ等しい割合で認められた。各部位とも C_2 が最も多く、 C_3 , $n-C_4$ がこれに次いだ。盲

腸だけが、 C_2 , $n-C_4$, C_3 の順であった。

2. 2日齢の特徴は、小腸上部を除く他の部位におけるVFA量の急増であった。この増加は、 C_2 分画に起因した。イソ酪酸($i-C_4$)が、結腸を除いた部位に検出された。腸管各部位における各分画の割合はほぼ同じで、その量的関係は、 $C_2 > C_3 > n-C_4$ であった。

3. 3日齢から以降は、小腸、結腸が減少、盲腸が増加する傾向で推移した。10日齢までの存在量は盲腸に圧倒的に多く、次いで、結腸、小腸下部、小腸上部の順であった。

4. 小腸上部、小腸下部および結腸における分画は、 C_2 , C_3 , $n-C_4$ の常在分画の他、日齢の経過に伴い、 $i-C_4$ が検出されるようになり、4分画で構成された。各分画濃度は、各部位とも、 C_2 , C_3 , $n-C_4$, $i-C_4$ の順であった。各分画の腸管部位別の比率は、日齢の経過に伴い漸減する傾向を示した。

5. 盲腸内VFAは、日齢の経過とともに分画数を増し、5日齢において、 C_2 , C_3 , $i-C_4$, $n-C_4$, イソ吉草酸($i-C_5$)、正吉草酸($n-C_5$)の6分画形成がみられた。 C_2 は5日齢まで急増し、以後減少し安定化に移行した。他の分画はおおむね増加を示し、とくに $n-C_4$ が高濃度を持続した。各分画のうち、 C_2 が最も多く、 $n-C_4$, C_3 がこれに次いだ。その他の分画の量的順位は一定していなかった。各分画が腸管内で占める割合は、日齢経過とともに増加した。なかでも、 C_2 , C_3 および $n-C_4$ は、5日齢以後安定した経過をとった。

6. 腸管内固形物量は、日齢とともに増加した。

7. 腸管内容物pHは、盲腸が最も低かった。

8. 給与した幼雛育成用配合飼料中には、 C_2 , C_3 および $n-C_4$ が認められた。

以上の成績は、1)腸管内容物中VFAの分画形成は、孵化後早期に確立する、2)VFAの産生、吸収の主な部位は盲腸にある、3)盲腸内VFA量および分画は、日齢とともに増加する、4)盲腸内VFA分画の比率は成鶏と相異なる、ことを示し、幼雛の発育に対する盲腸内VFAの重要性が示唆された。

稿を終えるに臨み、本研究に対して終始ご懇篤なご指導とご鞭撻を賜った故鹿児島大学安川正敏名誉教授、鹿児島大学稲田七郎教授、同宮尾陟教授に、深く感謝の意を表します。また、種々御高配を賜った出水養鶏農業協同組合花木常夫組合長、同川添慧研究室長に厚く御礼を申します。さらに、研究の遂行に協力を惜しまれなかった佐々木真敬、有馬悦子、宮園裕子、平山綾子の諸氏に謝意を表します。

文 献

- 1) Annonson, E.F., Hill, K.J., and Kenworthy, R.: Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl. *Br. J. Nutr.*, **22**, 207-216 (1968)
- 2) Barnes, E.M., and Goldberger, H.S.: The isolation of anaerobic Gram-negative bacteria from poultry reared without antibiotic supplements. *J. appl. Bact.*, **25**, 94-106 (1962)
- 3) Bolton, W.: *International Encyclopaedia of Food and Nutrition*, Vol. 17, Part 1, p. 183-192, Pergamon Press, London (1969)
- 4) Coates, M.E., Ford, J.E., and Harrison, G.H.: Intestinal synthesis of vitamins of the B complex in chicks. *Br. J. Nutr.*, **22**, 493-500 (1968)
- 5) Couch, J.R., German, H.L., Knight, D.R., Patricia Sparks, and Pearson, P.B.: Importance of the cecum in intestinal synthesis in the mature domestic fowl. *Poult. Sci.*, **29**, 52-58 (1950)
- 6) Farner, D.S.: The hydrogen ion concentration in avian digestive tracts. *Poult. Sci.*, **21**, 445-450 (1942)
- 7) 藤田省吾: ニワトリの盲腸における食糜の移行と滞留について. 鹿児島大学大学院農学研究科修士論文 (1974)
- 8) 半杭邦雄・紺野耕・小野寺強・勝木辰男: 鶏の盲腸機能に関する研究 I. 盲腸除去の消化率におよぼす影響. 日獣大紀要, **17**, 61-66 (1968)
- 9) Henning H.J.: Die Verdaulichkeit der Rohfaser beim Huhn. *Landw. Versuchsstat.*, **108**, 253-286 (1929)
- 10) 東 量三・橋本和典: 細菌検査法. 牛の臨床検査法, 中村良一・米村寿男・須藤恒二編, 第17章, p. 1-19, 農山漁村文化協会, 東京 (1973)
- 11) 帆足喜久雄・長野慶一郎・宇野宝蔵・安川正敏: ニワトリの盲腸内消化に関する研究. II. 腸管内容の揮発性脂肪酸 (VFA) について. 鹿大農学術報告, No. 21, 217-225 (1971)
- 12) 一色 泰・横田浩臣・中広義雄・田先威和夫: 鶏の盲腸における消化吸収について. 日畜会報, **45**, 488-493 (1974)
- 13) 一色 泰: 鶏の血管内への薬物の注入と盲腸内への排出について. 日畜会報, **51**, 89-92 (1980)
- 14) 一色 泰: 鶏の盲腸に分布する血管の切断と盲腸内への窒素成分の排出について. 日畜会報, **51**, 449-454 (1980)
- 15) 加藤嘉太郎: 家畜比較解剖図説, 上巻, p. 272, 養賢堂, 東京 (1979)
- 16) 海塩義男: 消化及び吸収・家畜飼養, p. 30-51, 共立出版 KK, 東京 (1949)
- 17) 勝木辰男・半杭邦雄・紺野 耕: 鶏の盲腸機能に関する研究. II. 盲腸剔除時期が消化率におよぼす影響. 日畜会報, **39** (学会号), 105 (1968)
- 18) Lev, M., and Briggs, C.A.E.: The gut flora of the chick. II. The establishment of the flora. *J. appl. Bact.*, **19**, 224 (1956)
- 19) Mangold, E.: Die Verdaulichkeit der Rohfaser und die Function der Blinddärme beim Haushuhn. *Arch. Geflügel.*, **2**, 321 (1928)
- 20) Mangold, E.: Digestion and utilization of crude fibre. *Nutr. Abstr. Rev.*, **3**, 647-656 (1934)
- 21) McNab, J.M.: The avian caecum: A review. *Wild. Poult. Sci. J.*, **29**, 251-263 (1973)
- 22) 中広義雄・一色 泰・田先威和夫: 鶏における盲腸機能に関する研究. I. 盲腸の結紮および切断による影響. 日畜会報, **37** (学会号), 44 (1966)
- 23) 中広義雄・一色 泰・田先威和夫: 鶏における盲腸機能に関する研究. II. 盲腸の結紮および切断による影響. 日畜会報, **38** (学会号), 5 (1967)
- 24) 中広義雄・一色 泰・田先威和夫: 鶏盲腸における水分吸収について. 日畜会報, **44**, 605-610 (1973)
- 25) 中広義雄・一色 泰・田先威和夫: 鶏盲腸の pH について. 日畜会報, **45**, 339-346 (1974)
- 26) 中広義雄・一色 泰・田先威和夫: 鶏盲腸における粗線維消化について. 日畜会報, **45**, 427-432 (1974)
- 27) 長野慶一郎・広瀬正夫・宇野宝蔵・安川正敏: ニワトリの盲腸内消化に関する研究. III. 腸管内容の揮発性脂肪酸と飼料中粗線維との関連性について. 鹿大農学術報告, No. 23, 267-276 (1973)
- 28) Nitsan, Z., and Alumot, E.: Role of the cecum in the utilization of raw soybean in chick. *J. Nutr.*, **80**, 299-304 (1963)
- 29) 越智勇一・光岡知足: 鶏の腸内細菌叢に関する研究. II. 健康鶏の腸内細菌叢について. 日獣誌, **20**, 45-51 (1958)
- 30) Olson, C., and Mann, F.C.: The physiology of the cecum of domestic fowl. *J. Amer. vet. med. Ass.*, **87**, 151-159 (1935)
- 31) Röseler, M.: Die Bedeutung der Blinddärme des Haushuhnes für die Resorption der Nahrung und die Verdauung der Rohfaser. *Z. Tierzücht. Zuchtüingbiol.*, **13**, 281-310 (1929)
- 32) 斎藤道雄・木部久衛: 鶏の飼料通過に関する研究. II. 鶏の品種差, 産卵の有無, 成長の時期, 食物差並びに病的状態に於ける飼料通過速度について. 日畜会報, **27**, 109-114 (1956)
- 33) Shapiro, S.K., and Sarles, W.B.: Microorganisms in the intestinal tract of normal chickens. *J. Bact.*, **58**, 531-544 (1949)
- 34) 白坂昭治: アヒルおよびニワトリの消化管内細菌叢の比較. 第2報自由採食時および絶食時の各部位別細菌叢. 日細菌誌, **25**, 355-361, (1970)
- 35) Shrimpton, D.H.: Some volatile products of microbial metabolism in the caeca of the fowl. *J. appl. Bact.*, **26**, i-ii (1963)
- 36) Shrimpton, D.H., and Stevens, B.J.H.: The metabolism of glucose by 'Bacteroides' strains. *J. gen. Microbiol.*, **41**, v (1965)
- 37) Sunde, M.L., Cravens, W.W., Elvehjem, C.A., and Halpin, J.G.: The effect of diet and cecectomy on the intestinal synthesis of biotin in mature fowl. *Poult. Sci.*, **29**, 10-14 (1950)
- 38) 高橋直身・井上 猛: 盲腸摘除鶏の生理. II. 盲腸摘除鶏の消化器官内飼料通過時間ならびに盲腸糞, 腸糞の成分の相違. 日畜会報, **37** (学会号), 44 (1966)
- 39) 高橋直身・井上 猛・友田 仁: 鶏の盲腸消化に関する研究. I. 盲腸摘除ビナの成長と消化器の形態について. 日畜会報, **37**, 290-295 (1966)
- 40) 高橋直身・井上 猛・後藤正幸: 鶏の盲腸消化に関する研究. II. 盲腸摘除鶏における食下飼料の消化器内通過時間ならびに総排泄物の成分について. 日畜会報, **38**, 495-498 (1967)

- 41) 高橋直身・宮田義昭・井上 猛：鶏の盲腸消化に関する研究. III. 盲腸内容物ならびに糞排泄物中の B_2 , B_6 , PAA 含量について. 日畜会報, **40** (学会号) 96-97 (1969)
- 42) Thornburn, C.C., and Willcox, J.S.: The caeca of the domestic fowl and digestion of the crude fibre complex. I. Digestibility trials with normal and caecotomized birds. *Brit. Poult. Sci.*, **6**, 23-31 (1965)
- 43) 渡部英一・千葉 亮：鶏の低級脂肪酸代謝に関する研究. 消化管内低級脂肪酸産生部位と動静脈血中の低級脂肪酸濃度. 日畜会報, **39**, 439-445 (1968)
- 44) Watanabe, E., and Chiba, A.: Studies on the metabolism of volatile fatty acids in hen. II. An effect of feedstuff on the production of V.F.As in the alimentary tract of egg laying hens. *Jap. J. zootech. Sci.*, **40**, 180-186 (1969)
- 45) 渡部英一：ニワトリの低級脂肪酸代謝, 嗉のうおよび盲腸部位におけるプロピオン酸・n-酪酸の吸収. 医学と生物学, **83**, 233-238 (1971)
- 46) 安川正敏：大腸運動に関する研究. VII. 鶏の大腸運動, 日獣誌, **21**, 1-9 (1959)
- 47) 安川正敏・長野慶一郎：ニワトリの盲腸内消化に関する研究. I. 腸管内容の化学的組成について. 鹿大農学術報告, **No. 15**, 67-73, (1964)

Summary

Concerning VFAs in the intestinal canal contents of chickens, the present experiment was carried out for the purpose of clarifying some alternations occurring due to such factors as lapse of time after the formation of fractions, their appearance time, and quantity and others; the analysis of them were made by gaschromatography.

From one-day-old chicks to the tenth-day ones, 375 chickens belonging to White Leghorn (Arbor Acres-26) were used in total in this experiment. The chicken used were fed on the starter after the second day. Intestinal canal contents were collected from the four portions, *i.e.*, upper small intestine, lower small intestine, cecum and colon.

The results obtained are summarized as follows.

1. VFAs were detected in all the intestinal canal contents of day-old-chicks. VFA fractions found were acetic acid (C_2), propionic acid (C_3) and normal butyric acid ($n-C_4$); the VFA-concentration in each portion (the quantity per dry matter 1g) was higher than in the starter. The VFAs in each portion of the intestinal canal were detected in about the same rate as those in the small intestine and the cecum. In all the portions, C_2 was comprised by a large proportion of VFAs, which was followed by C_3 and $n-C_4$, while a regular pattern of the quantitative ranking in the cecum was fixed in the order of C_2 , $n-C_4$ and C_3 .

2. A feature of the second day was to be noted in the rapid increase of the total quantity of VFAs in the three portions, excepting the upper small intestine. This increase was caused by C_2 fraction. The iso-butyric acid ($i-C_4$) appeared in the three portion excepting a colon. The quantity-rate of each VFA fraction was about the same one, its quantitative relation being in the order of C_2, C_3 and $n-C_4$.

3. The total quantity of VFAs was decreased in the small intestine and colon, and increased in the cecum. The portion where the recognized quantity in chickens until the tenth day was overwhelmingly much was the cecum, which was followed by the colon, lower small intestine and upper small intestine.

4. The regular fractions of VFAs in the upper small intestine, lower small one and colon were the C_2 , C_3 and $n-C_4$; while with the lapse of time, $i-C_4$ fraction was detected, therefore the fore-VFA-fractions were recognized there. The concentration of each fraction was in the order of C_2 , C_3 , $n-C_4$ and $i-C_4$, in either portion. The rate of each fraction of VFAs in contents from different portions of intestinal canal was inclined to be decreasing with the lapse of time.

5. The number of VFA fractions in the cecum was increased with the lapse of time, and on the fifth day, all the six VFA fractions were recognized, *i.e.*, C_2 , C_3 , $i-C_4$, $n-C_4$, iso valeric acid ($i-C_5$) and the normal valeric acid ($n-C_5$). The concentration of C_2 fraction was increased rapidly until the fifth day, thereafter decreased and was almost uniform. The other VFA fractions increased generally, especially $n-C_4$ fraction kept the high concentrations. C_2 fraction was comprised by a

large proportion of VFAs, which was followed by those of n-C₄ and C₃, while a regular pattern of the quantitative ranking of the other acids was not observed. The quantity of each VFA fraction in the intestinal canal contents was increased with the lapse of time, especially, C₂, C₃ and n-C₄ were left stabilized after the fifth day.

6. The quantity of the dry matter in the intestinal canal contents of chickens was increased with the lapse of time.

7. The pH value of intestinal canal contents in chickens were extremely low.

8. The C₂, C₃ and n-C₄ fractions were detected in the starter.

The above-mentioned experimental results suggest the following: 1) The organizational fraction of VFAs in the intestinal canal contents was established at a quite early stage after the hatching. 2) VFAs are produced and absorbed in the intestinal canal, especially, in cecum. 3) The total quantity and number of VFA fractions were increased with the lapse of time. 4) A ratio of VFA fractions in the cecum in chickens was different from that in hens, and it was suggested that the VFA in the cecum played an important role in the development of chickens.