

## 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

安川正敏・長野慶一郎

### Studies on the Cecal Digestion in Fowls

#### 1. On the Chemical Compositions of the Intestinal Contents

Masatoshi YASUKAWA and Keiichirō NAGANO

(Laboratory of Veterinary Physiology)

### I. 緒 言

ニワトリの盲腸は、どのような生理的役割を、果しているのか？ まず、RADEFF<sup>(1)</sup>は盲腸剔出後に、とうもろこしの粗繊維消化率が低下することを、報告している。ついでHENNING<sup>(2)</sup>も同様な実験結果を述べ、盲腸を cellulose, lignin および pentosan の消化、吸収器官と、みなしている。また、COUCH ら<sup>(3)</sup>、および SUNDE ら<sup>(4)</sup>は、盲腸内容中に、消化管の他の部位よりも、多量の B-vitamins が見出されることから、盲腸内における B 群合成を推定した。しかし、盲腸を剔出しても、飼料中のビタミン給与量を増す必要がないこと、および糞中に排泄されるビタミン量には、格別の変化がないこと、などから、盲腸内合成には疑問もあるという。

更に、盲腸内容の含水量が、結腸、あるいは糞のそれより少いこと、および盲腸を剔出すれば、糞中含水量が増すこと、などから、RÖSLER<sup>(5)</sup>は盲腸の主要な機能として、水分吸収を指摘した。

ところで、以上の諸見解があるにもかかわらず、これら諸機能の総括的重要さについて、極めて低い評価を与えたのが DUKES<sup>(6)</sup>である。これは、両側盲腸を完全に剔出した後においても、ニワトリが格別の病的状態を示さない、という事実に基いている。

さて、著者の一人安川<sup>(7)</sup>は、種々の理由から、ニワトリ盲腸と造血機構の関連性を予想し、追究した。充分な結論にまで到達していないが、赤血球形成に影響をもつような所見をえている。

一方において、家兎の盲腸内消化については、多くの研究がある。このうち、最も精細で、かつ系統的研究が、神立ら<sup>(8,9,10,11)</sup>によって行われた。特に、hard feces、および soft feces の成因との関連において、盲腸内消化につき、多くの新知見が提出された。

草食性の、家兎盲腸に関する知見は、豊富になりつつあるが、これに比べると、ニワトリのそれは、甚だ乏しい。前掲の通り、安川は造血機能の面から、盲腸機能を追究した。しかし、盲腸の生理的役割を再吟味するためには、やはり、本来の機能とみるべき消化の面から、出発すべきであろう。今回、われわれが、本問題を採りあげた意図は、ここにある。

そこでまず、小腸、盲腸、結腸の三部門の内容について、一般分析を行った。この比較から、盲腸内容の組成的特質を探ろう、としたわけである。

### II. 実 験 方 法

1. 供試鶏 白色レグホン種の♀で、月令8～9月のものをケージで飼養した。飼料は押麦単味とし、7日間以上給与した後供試した。

2. 腸管内容の採取 屠殺当日の、早朝未明時に、ニワトリの両翼と両脚を紐で緊縛して、体動

を抑制した。池田<sup>(12)</sup>によると、「体動制止が盲腸糞の排泄を制止する」という。そこで、盲腸内容をなるべく多量に採取するために、緊縛したわけである。一定時間（6～8 hrs）を経てから、緊縛のままクロロホルムを吸入させ、または溶性メチルヘキサビタールを静注して、致死せしめた。致死後直ちに開腹し、小腸、盲腸および結腸（直腸を含む）の各境界部を結紮、切断、剔出した。各部位の附着腸間膜ならびに沈着脂肪は、可及的に腸壁に近く切除した。その後、剔出腸管は充分に水洗し、つぎに濾紙を用いて水分を取り除いた。腸管内容は、一般に微量なので、つぎのような方法で内容を採取した。

まず、内容の大部分を蒸発皿に搾出し、その後、腸管断端から注射器を用いて蒸溜水を注入した。腸管は、その両端をペアン鉗子で止めて閉鎖しておき、腸管外部から軽く按摩することによって、残りの内容を水と混和させて蒸発皿に注加した。この操作を数回繰り返すと、かなり充分に腸管内容を採取することができた。このさい血液や脂肪などが混入しないように、特に注意を払った。細菌活動を抑制し、腐敗、醗酵を防止するため、酢酸とエタノールの少量を加え、よく混和した後、水浴上（70°C）で、ほぼ水分が消去するまで加温した。更に、常温で減圧、乾燥を行い、乾燥した試料をスパティラで剝離し細挫して粉末とした。再び、常温で減圧、乾燥し、これを秤量瓶に納めて、秤量した。

**3. 試料の調製** ニワトリ腸管の内容は、極めて少量である。供試鶏、30羽についてみると、小腸、盲腸、結腸の内容量平均（air dry）は、それぞれ 1.67gm, 0.56gm, 0.10gm であった。この平均値信頼限界を求めると 1.65～1.70gm, 0.94～2.10gm および -0.17～0.36gm となる。

このように、殆んど全量を採取しても、個別的供試には不適である。そこでやむをえず、2羽分以上を混合して試料を調整した。組合せにさいしては、各部位別に各個体のうちの最低量（air dry）を基準にとり、これと等量づつを秤取し、混合した。配合羽数は Table 2 で示した通り、4羽のものが最も多く、最高は8羽であった。しかし、単独で供試した場合もあった。腸管3部位のうち、特に少量である結腸については、結局分析できない場合があった。なお試料 No. 7, 8 は一部成分の分析に供試した。

**4. pH の測定** 前述のようにして蒸発皿にとった内容の一部を、予め 2ml の蒸溜水を納めた小試験管に加え、硝子棒で充分に混合、suspend した。これについて、硝子電極 pH メーター（one drop）で測定した。

**5. 分析方法** 飼料の一般分析法に準じた。すなわち、粗蛋白質は KJELDAHL 法、粗脂肪は SOXHLET 法、粗繊維は HENNEBERG-STOHMAN 法により、また可溶無窒素物は計算によって求めた。なお、一部については蛋白態窒素を定量したが、この分離は BARNSTEIN 法によった。

**6. 押麦の分析** 給餌した押麦の成分を予め分析した。3回にわたって定量した平均を、Table 1 に示しておく。

Table 1. Chemical composition of pressed barley

Moisture %	% on dry basis						
	Crude protein	True protein	$\frac{\text{Protein N}}{\text{Total N}} \times 100$	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	N free extract
13.7	7.4	6.5	87.8	1.2	1.0	2.2	88.2

## III. 成 績

まず腸管内容の  $pH$  であるが、供試した30羽の算術平均は、小腸が 6.60, 盲腸が 7.13, 結腸が 6.71であった。平均値の信頼限界 ( $\alpha=0.05$ ) をみると、前掲の順に-0.32~13.51, 0.27~13.98, および 2.23~11.18 となる。そこで、各部位間の差異を、 $t$ -検定で求めたところ、盲腸と他の2部位の間に、ともに有意差 ( $\alpha=0.01$ ) が認められた。しかし、小腸と結腸の間には差がない。すなわち、小腸から進入してきた内容は、盲腸内で停留している間に、 $pH$  が高まることを知った。

Table 2. Chemical composition of the intestinal contents

Sample		Portion*	Percentage on dry basis				
No.	No. of hens		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	N-free extract
1	4	SI	61.0	8.4	1.3	6.6	22.7
		Ce	52.9	13.7	3.0	18.5	11.9
2	1	SI	61.6	8.9	1.6	7.5	20.4
		Ce	33.0	5.1	5.7	10.1	46.1
3	4	SI	69.9	6.0	0.8	9.0	14.3
		Ce	49.9	1.2	3.6	17.0	28.3
4	4	SI	65.8	10.1	1.5	3.5	19.1
		Ce	46.3	6.9	1.8	21.1	23.9
5	4	SI	70.5	9.5	1.0	7.9	11.1
		Ce	49.0	9.1	3.4	16.6	21.9
		Co	35.6	7.7	4.2	12.3	40.1
6	8	SI	41.3	8.7	1.7	7.4	15.6
		Ce	51.7	7.3	4.1	12.4	18.1
		Co	59.1	2.4	3.6	8.9	18.5
Mean		SI	65.9	8.6	1.3	7.0	17.2
		Ce	48.2	7.2	3.6	16.0	26.0
Confidence** limit of mean		SI	61.7 ~70.1	7.7 ~9.5	1.0 ~1.7	4.5 ~9.5	12.8 ~21.6
		Ce	39.3 ~57.1	2.9 ~11.6	2.3 ~6.0	11.9 ~20.1	13.1 ~36.9
D		SI -Ce	SS	NS	NS	SS	NS

\* ..... SI, Small intestine. Ce, Cecum. Co, Colon.

\*\* ..... Confidence limit at 5% level.

D ..... Significance of difference.

SS ..... Significant at 1% level.

S ..... Significant at 5% level.

NS ..... Non significant.

腸管内容を分析した6例の成績は、Table 2 に示した通りである。粗蛋白質など5成分の平均値信頼限界について、量的な順位を挙げると、小腸では粗蛋白質が最高で、全成分の過半を占める。以下、可溶無窒素物、粗脂肪、粗灰分および粗線維と続く。盲腸では、粗脂肪と粗灰分の順位が入れ代るほかは、小腸と同様である。この両者について、 $t$ -検定で処理すると、粗蛋白質は盲腸で減少し粗灰分は逆に増加している。しかし、ほかの3成分には、有意差が認められなかった。

有意差を認めた2成分について、更に記述しよう。まず粗蛋白質であるが、結腸を含め3部位の分析を行った、4例の成績が、Table 3である。これで明らかなように、小腸を通過した内容が、盲腸に進入すると、その粗蛋白質割合は有意的に低下する。結腸の平均値は幅が広く、これと他の2部位の間には、とくに差が認められない。ところで、給与した押麦の粗蛋白質は7.4%であったから、腸管内容のそれは、最低の盲腸を含め、いずれも極めて高率化することが判る。

Table 3. Crude protein content in the intestinal contents  
(% on dry basis)

Portion*	Mean	Confidence limit** of mean	Significance of difference	Sample
SI	66.9	65.3 ~ 68.5	SI — Ce, S.	No. 5,6,7,8.
Ce	52.9	45.2 ~ 60.6	Ce — Co, NS.	
Co	57.4	34.2 ~ 80.6	SI — Co, NS.	

\*.....The same as Table 2.

\*\* .....Confidence limit at 5% level.

S,NS.....The same as Table 2.

Table 4. Nitrogen content in the intestinal contents  
(% on dry basis)

Sample No.	Portion*	Total N (A)	Protein N (B)	$\frac{B}{A} \times 100$
6	SI	10.6	6.6	62.1
	Ce	9.3	8.3	88.9
	Co	10.6	9.5	88.7
8	SI	10.4	6.8	64.5
	Ce	7.7	7.3	94.8
	Co	10.4	9.9	95.5
Mean	SI	10.5	6.7	63.3
	Ce	8.5	7.8	91.9
	Co	10.5	9.7	92.1

\*.....The same as Table 2.

さて、全窒素に対する蛋白態窒素の割合を算出したのが、Table 4である。2例の平均をとると、小腸は63.3%、盲腸は81.9%、そして結腸は92.1%で、後者の2部位は、前者に比べ蛋白態窒素の割合が高まる傾向を示した。供試2例 (No 6,8) とも、この傾向には、変りがない。

Table 5. Crude ash content in the intestinal contents

Portion*	Mean	Confidence limit** of mean	Significance of difference	Sample
SI	7.1	4.5 ~ 9.7	SI — Ce, S.	No. 2,3,4,5,6.
Ce	15.4	10.1 ~ 20.3	Ce — Co, NS.	
Co	9.1	4.2 ~ 13.9	SI — Co, NS.	

\*.....The same as Table 2.

\*\* .....Confidence limit at 5% level.

S, NS .....The same as Table 2.

つぎに、3部位にわたり、粗灰分を調べた5例の結果は、Table 5に示してある。小腸と盲腸を比較すると、後者が著しく高い。そして、粗蛋白質でみたのと同様に、盲腸—結腸、小腸—結腸の間には格別な差を認めえない。ところで、押麦のそれは、2.2%にすぎない。小腸の4.5~9.7%が既に高くなっている。これが、盲腸に移動すると、10.1~20.5%の高率となるのである。しかし結腸は4.2~13.5%で、小腸に類似した数値を示した。

既に述べたように、粗脂肪、粗線維、可溶無窒素物の3成分については、小腸、盲腸間に有意的変動が認められなかった。このうち、粗線維に関しては、小腸で1.0~1.7%であったものが、盲腸において2.3~6.0%で、やや高い数値を示した。また、結腸まで供試した2例(試料No. 5, 6)平均によると、粗線維は小腸、盲腸、結腸の区別に、それぞれ1.4%、3.8%、および3.9%であった。従って、小腸、盲腸の対比において、後者の比率が低下する成績は、全く認められなかった。

なお、摂取した押麦と比較したとき、腸管各部位を通じ、最大の減少傾向を示したのは、可溶無窒素物であった。

#### IV. 考 察

ニワトリの、盲腸内容物の組成的特長が、どこにあるか? 主として、兎の盲腸と対比しつつ考えたい。

1. 小腸、盲腸および結腸の3部位、特に前2者の比較において、有意差を認めたのは、粗蛋白質と粗灰分である。まず、蛋白質についてみると、6例の平均(dry basis)で、小腸が65.9%、盲腸が42.8%であった。また、結腸を分析した2例の平均は65.6%であった。いずれも、摂取した押麦よりも、遙かに高率である。ところで、兎(3羽)の盲腸内容物についての、神立ら<sup>(9)</sup>の成績は24.8~27.9%である。

大坪ら<sup>(13)</sup>が、兎(5羽)で行った結果によると、回腸が53.4%、盲腸底が32.8%、盲腸尖が32.3%、近側結腸が24.7%、遠側結腸が16.8%となっている。更に、亀高<sup>(14)</sup>の分析値では、小腸盲腸、結腸の順に、57.3%、34.0%、および36.0%である。

これらの成績に比べると、われわれのえた値は高い。このような高い値は、試料採取の方法に原因しているのではないか? われわれは、腸管を切開して内容を取り出したのではない。前述のように搾出したのである。なるべく多量の試料を採取するためであったが、このため腸粘膜面を機械的に損傷し、窒素量を増加したのかもしれない。そこで、3羽の兎を、屠殺、開腹し、ニワトリの場合と同一の方法で、内容を採取して、分析を試みた。

3羽の平均は、小腸30.8%、盲腸37.8%、近側結腸25.8%、遠側結腸15.1%であった。小腸の低さは不明であるが、他の3部位は、大坪らの結果と大差がない。搾出する方法が最も影響すると思われるのは小腸であるが、窒素量増加の所見はえられなかった。

以上から、われわれの成績で、粗蛋白質の多いのは、採取方法によるのではないと考える。兎と比べて特長的なのは、盲腸が他の部位、特に結腸より低い点であろう。

2. 全窒素に対する、蛋白態窒素の比例は、神立ら<sup>(9)</sup>によると、兎盲腸で64.8~67.4%である。また亀高<sup>(14)</sup>のそれは、小腸が58.3%、盲腸が55.2%、結腸が86.6%となっている。われわれの成績では、小腸63.3%、盲腸91.9%、結腸92.1%であった。

兎に比べ、盲腸における値が著しく大きいことが注目されよう。つまり、小腸から進入した内容は、盲腸停滞により、全窒素量は有意的に減少するが、しかし、蛋白態窒素の割合は高まる、ことになる。腸管内容の成分比例は、消化(増量)と吸収(減量)の、総決算として現われる。従って

比例変動の理由を解明することは、非常に難しい。ニワトリ盲腸内で、蛋白態窒素の割合が多くなることに對し、今のところ、なんら意味づけられない。しかし、単に論理的に考察すれば(1)アンモニア態窒素など揮発性の非蛋白態窒素が捕えられなかった(2)細菌体蛋白の混入(3)非蛋白態窒素の消化、吸収(4)蛋白態窒素の分泌(5)細菌による非蛋白態窒素の蛋白態への転換などが、一応考慮されよう。

なお、結腸の蛋白態窒素が、高率であるのは、盲腸内容の流入も考えられる。

3. 小腸—盲腸の對比で、有意差を認めた、もう一つの成分は粗灰分である。3部位中盲腸が遙かに高く、小腸の2倍以上あった。また、結腸のそれよりも、明らかに高い。灰分の組成は、今後に追究する予定であるが、兎と異なり、ニワトリでは筋胃内に grit がある。恐らく、灰分中には grit 由来の硫酸塩も相当含有されていよう。盲腸内容の灰分が、他の部位よりも、著しく多いことは、灰分以外の有機成分が、よく吸収された結果、のように思われる。この意味で、硫酸塩などの灰分が、ある程度 index の役割をはたしている、といえよう。

4. 兎の盲腸の、生理的機能の一つとして、粗線維の消化、吸収が、多くの研究者から重視されている。この見解は、盲腸内の粗線維含量が、著しく低い、ことにもとづく。同様な機能が、ニワトリの盲腸の場合にも、指摘されている<sup>(1,2)</sup>。

しかし、われわれの実験では、盲腸内の粗線維含量は、小腸よりもむしろ多い数値を示した。といっても、両者間には有意差は認められない。他の成分変動とからみ合うから、このことから直ちに盲腸における、粗線維の消化、吸収を否定することは、もちろんできない。しかし、ニワトリ盲腸の主要な機能を、粗線維消化に求める見解には若干の疑問をもつ。

5. つぎに、腸管内容の pH であるが、FARNER<sup>(15)</sup>によると、回腸で 6.2~6.4、盲腸で 5.7、結腸で 6.2 となっており、盲腸が最も低い。

われわれの測定値は、小腸が 6.6、盲腸が 7.1、結腸が 6.7 であるから、小腸と結腸は FARNER のそれと大差がない。ところが FARNER と逆に、盲腸が 3 部位中最も高い値を示し、小腸および結腸との間に有意差を認めた。

pH 値は、試料採取の方法も関係しよう。しかし、3 部位とも同一の方法で採取した試料であるから、絶対値はともあれ相対的に盲腸が高かった、という事実は認めねばなるまい。だとすれば、この点は盲腸内の消化過程を探るにさいし、見落せない条件と思われる。

## V. 摘 要

ニワトリの小腸、盲腸および結腸の内容物を、1羽単独に、あるいは数羽分を組合わせて試料を調製し、これについて飼料分析に準じ組成を調べた。結果はつぎの通りである。

1. 3 部位のうちで、粗蛋白質含量は盲腸内容が最も低い。すなわち、小腸から盲腸へ流入した内容は、全窒素量を減少する。しかし、全窒素に対する、蛋白態窒素の割合は、高まる。
2. 盲腸内容の粗灰分量は、著しく高い。
3. 小腸と盲腸の内容物比較において、粗脂肪、粗線維、および可溶無窒素物の含量には、格別の差を認めない。
4. 内容物の pH は、盲腸が最も高い。

本研究に對し、種々御高配を賜わった、東京大学大久保義夫教授に厚く御礼申しあげる。また、研究に協力された今石延子、窪園順一郎両君に感謝する。なお、本研究の一部は文部省科学研究費によった。ここに謝意を表す。

## 文 献

- 1) RADEFF, T. : *Arch. f. Geflügelkunde*, **2**, 312 (1928)
- 2) HENNING, H. J. : *Landw. Versuchs stat.*, **108**, 253 (1932)
- 3) COUCH, J. R. *et al.* : *Poultry Sci.*, **29**, 52 (1950)
- 4) SUNDE, M. L. *et al.* : *Poultry Sci.*, **29**, 10 (1950)
- 5) RÜSLER, M. : *Z. f. Tierzücht und Zuchtbiol.* **13**, 281 (1929)
- 6) DUKES, H. H. : *The Physiology of Domestic Animals* (1955)
- 7) 安川正敏, 増田武男 : 鹿大農学報, **6**, 169 (1957)
- 8) 神立誠, 吉原一郎, 吉田勉 : 日畜会報, **25**, 189 (1954)
- 9) 神立誠, 吉原一郎, 吉田勉 : 日畜会報, **29**, 365 (1959)
- 10) 吉田勉, 神立誠 : 日畜会報, **30**, 151 (1959)
- 11) 神立誠, 吉原一郎 : 農化, **33**, A17 (1960)
- 12) 池田三義 : 日獣誌, **19**, 105 (1957)
- 13) 大坪孝雄, 土黒定信 : 鹿大農学報, **2**, 155 (1953)
- 14) 亀高正夫 : 日畜会報, **28**, 219 (1957)
- 15) FARNER, D. S. : *Poultry Sci.*, **21**, 445 (1942)

## R é s u m é

In order to clarify the cecal digestion in fowls, the contents of the three portions of the alimentary tract, namely, small intestine, cecum, and colon, were analyzed chemically. The results obtained are summarized as follows.

1. In the content of cecum, the percentage of crude protein, determined on dry basis, was lower than that in the other two portions, while the ratio of proteinic nitrogen to total nitrogen in cecum was higher than that in small intestine. No significant difference in the percentage of crude protein was perceived between small intestine and colon.

2. The cecum shows a higher percentage of crude ash than small intestine and colon, which suggests that prosperous digestion and absorption of organic substances are being carried on in cecum.

3. The cecal content was compared with that of small intestine, but no significant differences could be seen in the percentages of crude fat, crude fiber, and nitrogen free extract.

4. In the intestine, the pH value increases in the following order : small intestine, colon, and cecum.