

香 川 大 学 農 学 部 紀 要

第 36 号

1980年3月

MEMOIRS OF FACULTY OF AGRICULTURE
KAGAWA UNIVERSITY

No. 36, March 1980

鶏盲腸の栄養生理学的研究

一 色 泰

香 川 大 学 農 学 部

香川県木田郡三木町

FACULTY OF AGRICULTURE, KAGAWA UNIVERSITY

Miki-tyo, Kagawa-ken, Japan

香川大学農学部紀要

第 36 号

1980年3月 発行

各研究室の業績を発表するため、本学部は“香川大学農学部学術報告”と“紀要”を発行している。この“紀要”は研究の完成した比較的長い論文を発表するために発行されている。既刊の標題は最後の i-iv 頁に記載されている。“学術報告”および“紀要”の交換または寄贈については、香川県木田郡三木町 香川大学農学部 (〒761-07) あて照会されたい。

Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University

No. 36, March 1980

The Faculty of Agriculture, Kagawa University publishes “Technical Bulletin” (Gakuzyutu Hokoku) and “Memoirs” (Kiyô), and latter contains extended treatises. The titles of each number of “Memoirs” are printed on the pages i to iv inside back cover. Correspondence concerning the exchange of publications should be directed to Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-tyô, Kagawa-ken, Japan, 761-07.

鶏盲腸の栄養生理学的研究

一 色 泰

NUTRITIONAL AND PHYSIOLOGICAL STUDIES ON
THE FUNCTION OF CECA OF CHICKENS

Yutaka ISSHIKI

目 次

第1章 緒 論	1
第2章 盲腸が成長および産卵に果たす役割	3
第1節 盲腸の結紮が雛の成長に及ぼす影響	3
第2節 盲腸の結紮が産卵に及ぼす影響	7
第3節 総 括	8
第3章 盲腸糞の排泄パターン	9
第1節 成育に伴う腸管の発達と盲腸糞の排泄	10
第2節 光条件および絶食が盲腸糞の排泄に及ぼす影響	16
第3節 盲腸に分布する血管および神経の切断が盲腸糞の排泄に及ぼす影響	19
第4節 総 括	20
第4章 盲腸糞の成分	21
第1節 給与飼料の差違が盲腸糞の排泄と成分に及ぼす影響	22
第2節 絶食時における盲腸内容物中の窒素成分の経時的変化	32
第3節 盲腸内容物の粗繊維含量	36
第4節 総 括	38
第5章 盲腸 pH とそれに影響を及ぼす要因	39
第1節 飼料の給与と盲腸内容物および盲腸粘膜の pH	39
第2節 盲腸内容物 pH と血液 pH の関係	46
第3節 盲腸内分泌とその緩衝能	48
第4節 総 括	52
第6章 盲腸が飼料の消化吸収に果たす役割	53
第1節 盲腸の結紮が飼料成分の消化に及ぼす影響	54
第2節 盲腸の消化酵素活性	57
第3節 盲腸における栄養素の吸収	59
第4節 繊維多給時における繊維の消化に及ぼす盲腸切除の影響	62
第5節 総 括	66
第7章 盲腸の水分吸収	67
第1節 盲腸の結紮および切断程度と水分吸収	67
第2節 盲腸切除鶏に対する飲水量の制限が水分出納に及ぼす影響	71
第3節 盲腸に分布する血管および神経の切断が水分吸収に及ぼす影響	73
第4節 括 総	74
第8章 盲腸の排泄機能	75
第1節 盲腸内の窒素成分の分泌	76
第2節 血管内への窒素成分の注入と盲腸内への窒素成分の分泌	83
第3節 薬物の排出	87

第4節 盲腸に分布する血管の切断と盲腸よりの窒素成分の排出との関係	90
第5節 内因性盲腸糞の排泄	93
第6節 総括	96
第9章 総括	98
謝辞	101
引用文献	101
英文要約	107

第1章 緒 論

鶏の盲腸は回腸遠位端と結直腸の境界部直後に左右対照に1対付着し、先端は小腸の方向に向い、回腸に沿って腸間膜で連結され、盲端部は遊離している。長さは両方とも成鶏で15~18 cm位で、盲腸分岐部から入口にかけての扁桃腺部は輪筋層が厚く、発達した盲腸括約筋となり、入口は狭くなっている。扁桃腺部より5~8 cm位は細い腸管(狭部)であるが、その先端は大きく、薄い腸壁の盲嚢部(盲体)からなっている。

鶏の糞には2種類がある。その一つは、食下した飼料により異なるが、未消化の粗繊維を多く含んだ黒灰褐色を呈する比較的硬めの糞であり、これは盲腸を全く経由せず、小腸から直接直腸を通して排泄されるもので腸糞といわれている。もう一つは粗繊維の含量が極めて少なく、粘稠な糊状で、均質なチョコレート色を呈する臭気の強いもので、盲腸から排泄されるために盲腸糞といわれる。

盲腸糞は前述のように粗繊維含量が非常に少なく、また盲腸内には微生物が多数生息していることから、鶏の盲腸は従来反すう動物の第1胃と対比され、飼料中の粗繊維を消化分解する重要な場とされてきた。従って、鶏の盲腸機能に関する過去の研究も消化吸収に関するものが多い。すなわち粗繊維の消化は大部分が盲腸内で行われ¹⁾、盲腸を切除すると粗繊維の消化率が著しく低下することを認めた報告が多い²⁻⁴⁾。盲腸糞中には粗繊維含量が少ないために、飼料中に混入した指標物質で消化率を算出すると消化率が著しく高くなること⁵⁾が知られている。ただし、粗繊維中のセルロースの構造的な差異、または粗繊維中のセルロース、ヘミセルロース、リグニン、ペントサンなどの割合⁶⁾、給与飼料の種類⁷⁾、単味飼料と混合飼料を与えたとき⁸⁾などによっても粗繊維の消化率が異なると報じたものもある。これらの結果とは反対に、盲腸の粗繊維の消化機能についてそれほど評価できないとする報告もみられる⁹⁻¹¹⁾。

粗繊維以外の消化に関する報告も多い。すなわち、盲腸内の発酵で蛋白質が脱アミノされ吸収されるので、盲腸切除鶏では飼料の粗蛋白質の消化率が低下する²⁾。また、NITSAN and ALUMOT¹³⁾や OLSON and MANN¹⁴⁾は、盲腸切除鶏で飼料効率が低下することから、小腸内で未消化のものが盲腸内で一部消化吸収されると推論した。THORNBURN and WILLCOX¹⁵⁾は *in vitro* で盲腸内の微生物による炭水化物の消化を認め、前述の推論を裏付けている。一方、雛の盲腸に高い蛋白質分解酵素活性が見いだされている¹³⁾。

以上の諸報告とは反対に、PAYNEら¹⁶⁾は盲腸を切除しても消化率に差がなく、また給与飼料をかえても盲腸内の微生物数に変化を認めなかった。また、盲腸切除鶏では粗繊維の消化率がわずかに低下するが、他の栄養素の消化率には関係がないとする報告もある^{10,11)}。消化酵素についても、鳥類の盲腸粘膜組織からは蛋白質分解酵素が見いだされなかったとする報告がある¹⁷⁾。なお、盲腸の吸収能についてはわずかな量ではあるがそれを認めたとする報告もある^{18,19)}。

成長、産卵に関する研究としては、雛の盲腸を切除すると増体量が少なく、飼料効率が低下したとする報告^{13,14)}と、雛の盲腸を切除しても成長、産卵、飼料効率には全く影響がなかったとする相反した報告がある²⁰⁻²²⁾。

鶏の消化管内の水素イオン濃度については多くの研究がなされ^{14,23-24)}、飼料条件をかえても盲腸内のpHはわずかし変動しないとする報告^{14,26-28)}と、給与飼料によりかなりの範囲で変動することを認めたもの^{24,25)}とがあるが、盲腸内には微生物が多く生息^{31,35)}し、VFAが生成される²⁶⁻²⁹⁾ため盲腸内のpHが変動することも考えられる。

盲腸の水分吸収に関しては、盲腸を切除すると飲水量が増大し²⁰⁾、糞中水分含量が高くなるため、排泄物中の固形物含量が低下することが認められている^{4,14,40)}。なお、小腸内容物のうち水溶性部分のみが盲腸内に流入し、

そこで水分吸収が行われる¹⁴⁾。

盲腸糞の排泄に関しては、盲腸糞の排泄量が給与飼料により異なること⁴⁰⁾ や、腸糞に対する盲腸糞の排泄比の少ないこと^{5,41)} が知られている。盲腸糞の排泄には一定の日内リズムがあり⁴¹⁻⁴³⁾、また盲腸運動にも一定のリズムがある⁴⁴⁻⁴⁶⁾ ことから、盲腸糞排泄が神経支配を受けていることを示唆する報告もある^{41,44,47)}。

以上あげた従来の盲腸機能に関する研究報告を通覧すると、飼料の消化、吸収および飼料効率など、鶏の栄養に関与する事項について研究者間に相反する意見がある。従って、これらの研究報告からは、盲腸が栄養面で能動的な働きをしていると断定することは困難である。

以上の観点から、盲腸の機能を各種の面から探究し、特に栄養面に関する寄与がどの位あるかを解明しようとして本研究が計画された。なお盲腸機能の解明に際しては、盲腸除去により各種機能の変化を調査することが有力な方法と考え、主としてこの方法をとることにした。

まず盲腸を結紮あるいは盲腸に分布する血管を切断し、成長および産卵状況を調査してそれに対する影響がないことを確かめた。次いで成育に伴う盲腸発達の状態、成育期別における盲腸糞排泄の様相、さらに飼料および管理条件をかえたときの盲腸内容物の性状、特にその窒素成分と血液中の窒素成分との関係および盲腸内 pH の変化を各種飼料条件下で測定し、それらの関係について検討した。

盲腸の栄養学的機能を解明するために、各種飼料の消化率が盲腸の有無により相違するかどうかを調べた結果、盲腸を除去してもほとんど変化しないことが明らかになったので、これをさらに詳細に検討するために、*in situ* での吸収試験を実施した。

以上各種の実験を通じ、水分吸収も含めて栄養的な面では盲腸の能動的な活動を認めることはできなかった。しかし、盲腸糞中に排泄される窒素成分は、飼料中の窒素成分よりも血液中の窒素成分と密接な関係があり、TASAKI and OKUMURA⁴⁸⁾ と OKUMURA and TASAKI⁴⁹⁾ が報告した血液中の窒素成分と尿中の窒素成分との関係と比較的一致した傾向を示した。また盲腸内の pH は盲腸内への分泌物により左右され、かつ血液中の pH とも比例的な関係の深いことがわかり、さらに盲腸に分布する血管および神経を切断すると、盲腸糞排泄の様相が変化することも明らかにされた。これらのことから、盲腸は飼料成分の消化、吸収に対する機能を有するのではなく、むしろ不要な体内物質の排泄に関する機能を有するものと考えらるに至った。

この推論を裏付けるために、腸管環流法⁵⁰⁾ を用いて成育期別、飼料および飼養条件別に盲腸内への窒素成分の排出を調査し、さらに血液中に L-グルタミン酸あるいは尿酸を注入して盲腸内に排出する窒素成分を測定し、これと血液中の窒素成分との関係を明らかにした。さらに血管内に各種薬物を注入してその盲腸内排出をも調査し、また盲腸に分布している血管を切断してどれが主要な役割を果たしているかを検討した。さらに内因的に排泄される盲腸糞の量を知るため盲腸の遊離手術を行い、小腸内容物に由来しない盲腸糞の排泄量および排泄窒素成分量を測定した。

以上の結果より、鶏の盲腸は消化吸収器官として栄養的に重要な役割を果たしているものではなく、むしろ排泄器官として腎臓の機能をある程度補完する機能を有するものであるとの結論を得るに至った。本論文は、以上の研究過程についてまとめたものである。

第2章 盲腸が成長および産卵に果たす役割

緒 言

Niisan and Alumo¹³⁾ は、8週齢雛の盲腸を摘出し生大豆を給与したところ、盲腸を摘出しないう雛よりも増体量は少なく、また、飼料効率も低下した。彼らはその原因として、小腸で消化されなかった蛋白質が盲腸で部分的に消化、吸収されたからであると推論した。これに関連して Olson and Mann¹⁴⁾ は、小腸内容物が流動状になって速やかに腸管を通過する際、小腸内で消化吸収されなかったものが盲腸内で一部消化されると報告している。一方、高橋ら²⁰⁾ は、雛の盲腸を切除すると手術後4、5日で回復し、9週めで正常なものとの体重差がなくなり、かつ、飼料摂取量にも差がなくなることを報告している。また、Mayhew²¹⁾ も、雛の盲腸を除去してもその成長、産卵に持続的な影響のないことを認め、窪田と森本²²⁾ も盲腸除去が産卵に影響のないことを報告している。もし、盲腸が栄養生理学的に重要な役割を果たしているとすれば、盲腸を除去すると直接的にせよあるいは間接的にせよ鶏の成長または産卵になんらかの影響を及ぼすであろうと考えられる。著者は鶏の盲腸機能を栄養生理学的見地から究明しようとしているが、その第一として、まず盲腸除去が鶏の成長や産卵に果たす役割を解明しようとして本実験を実施した。

第1節 盲腸の結紮が雛の成長に及ぼす影響

本実験は盲腸基部を結紮し、盲腸内への小腸内容物の出入りを阻止したものと、盲腸に分布する血管・神経および神経のみを切断した雛の成長に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

慣用の方法により、同一条件下で育成した6週齢（体重約476g）の健康状態の良い単冠白色レグホーン種雄雛を24羽選び、実験Iでは盲腸の片側結紮、両側結紮および擬似手術をする対照区に各区8羽ずつ割り当て、直ちに手術を行った。手術が終了した鶏は個体別にケージ内に収容し、表2-1に示す配合飼料を給与して7週齢より20週齢までの成長試験を行った。なお本飼料の一般成分は表2-2に示した通りである。給与飼料は前期（9週齢まで）および後期（試験終了時まで）に分けて配合し、常に少量の残飼がある程度に1日3回給与して自由に採食させた。また、水は新鮮なものが自由に飲水できるようにした。1週間ごとに残飼量を秤量して1週間の飼料摂取量を算出し、体重は1週間ごとに13時の個体別測定を行った。

実験IIも実験I同様に6週齢（体重約457g）の単冠白色レグホーン種雄雛24羽を選び体重がそろうように8羽ずつの3区に分け、盲腸に分布する血管および神経の切断、神経のみの切断ならびに擬似手術を施した対照区とした。

以上の供試鶏は単飼ケージに収容し、表2-1、表2-2に示した実験Iと同様の配合飼料を給与して7週齢より17週齢までの成長試験を行った。

盲腸手術の術式：手術に際しては手術前24時間絶食させ、出血防止の目的でビタミンK剤を1回0.2gずつ12時間おきに2~3回経口投与した^{51,52)}。これらの雛は右季肋骨より恥骨にかけて腹部の羽毛を抜き取り、手術台の上に保定した。季肋骨より恥骨にかけて血管を避けて皮膚を3~4cm切開し、筋肉部は皮膚よりも0.5~0.8cm程度腹部の方にずらせて切開し、鉗子で止血後、上下に引張り腹腔内がよく見えるように広げて盲腸結紮、その他の手術を行った。なお、盲腸各部位の名称は図2-1に示した。

Table 2-1. Composition of diet# (%)

Ingredient	Diet I	Diet II
Yellow corn	61.2	45.0
Milo	—	13.0
Wheat bran	8.0	10.0
Defatted rice bran	10.0	15.0
Soybean meal	10.0	5.0
Fish meal	5.0	3.0
Alfalfa meal	3.0	5.0
Ca carbonate	1.2	1.3
Tricalcium phosphate	0.5	0.7
Na chloride	0.4	0.5
Mineral mixture ¹⁾	0.25	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25	0.25
Antibiotica ³⁾	0.1	—
Cocciostat ⁴⁾	0.032	—

- 1) It contains 8.0% Mn, 5.0% Zn, 0.6% Fe, 0.1% I and 0.06% Cu.
 - 2) Vitamin A (200,000 IU/g) 10 g, vitamin D₃ (30,000 ICU/g) 7 g, thiamine HCl 1.6 g, riboflavin 8 g, pyridoxine 1.6 g, choline HCl 96 g, nicotinic acid 1.6 g, Ca panthothenate 3.2 g and folic acid 0.8 g per kg.
 - 3) Chlortetracycline 1.1 g per 100 g.
 - 4) Amprolium 200 g per kg.
- #: For growth experiment.

Table 2-2. Chemical composition of diet (%)

Diets	Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
I	10.7	18.4	4.1	54.7	3.8	8.2
II	11.0	15.8	3.8	56.7	5.2	7.4

*: Nitrogen free extracts.

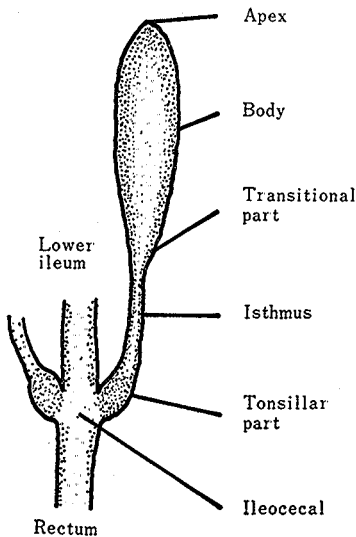


Fig. 2-1. Name of the parts of cecum.

盲腸の結紮手術は盲腸分岐部の直腸を鉗子ではさみ、可能な限り手前に引き出し、血管および神経を注意深く避けて盲腸基部を3号縫合糸で1針かけた後、固く結紮した。次いで、盲腸尖部を約0.5cm切開し、40°C リンゲル液を入れた洗浄びんに装置した径0.3cm、長さ30cmのポリエチレン製チューブを切開部より挿入して盲腸内容物を洗い出した。さらに、結紮部位の付近より1/3注射針をつけた注射器により40°C リンゲル液を盲腸内に注入し、盲腸内容物を完全に洗い出した。盲腸内に残ったリンゲル液を排除し、油製プロカイネンペニシリン6000IUを注入した後、盲腸尖部の切開口を2号縫合糸でタバコサック縫合した。

盲腸に分布する血管および神経の切断に際しては盲腸および十二指腸を切開部周辺に敷いた消毒ガーゼ上に引き出し、西田ら⁵³⁾および白ら⁵⁴⁾の図より改寫した図2-2に従って盲腸に分布する後回盲腸動・静脈、中間回盲腸動・静脈および前回盲腸動・静脈を可能な

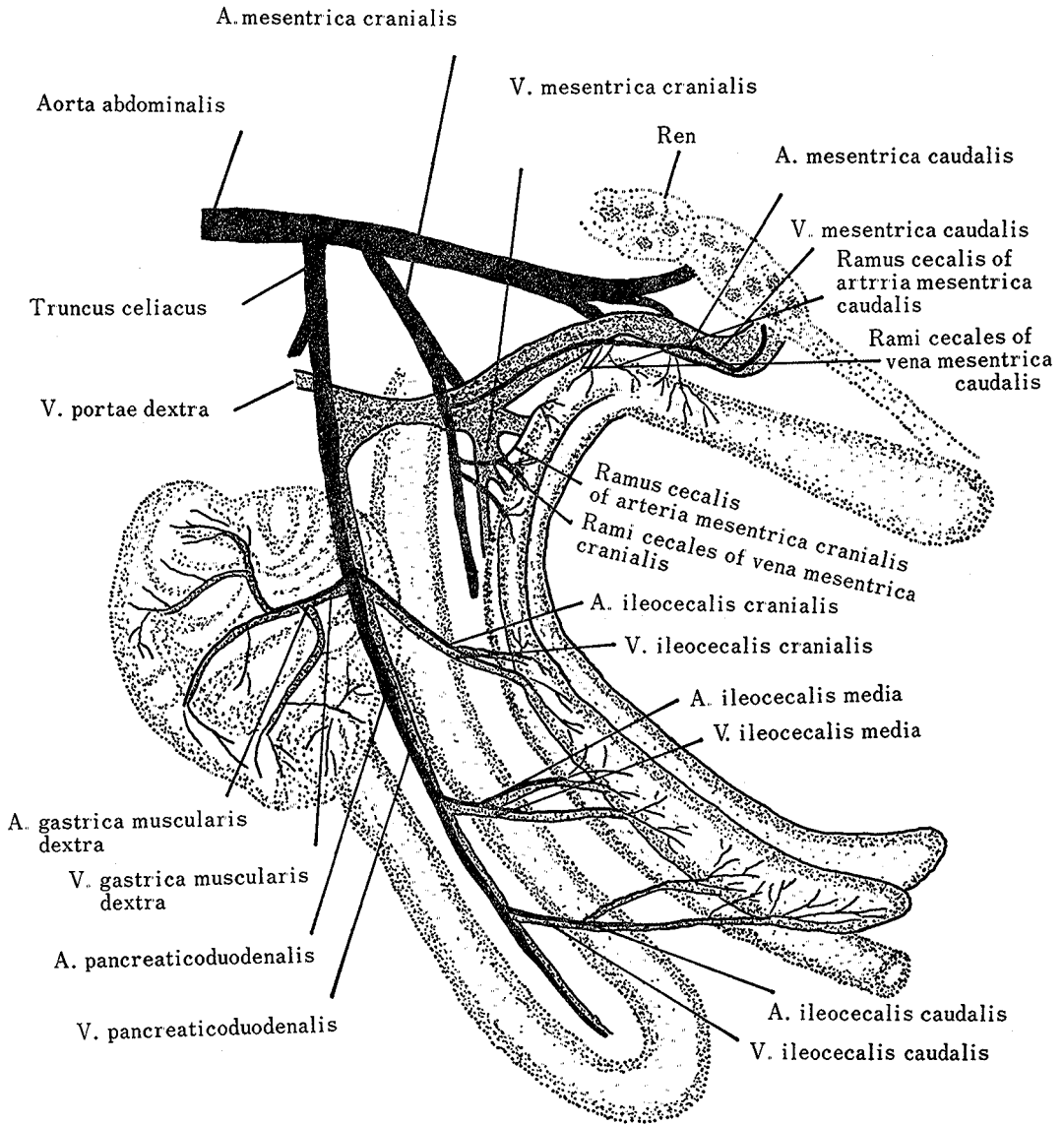


Fig. 2-2. The blood vessels distributed in cecum.^{53, 54)}

限り盲腸および膀胱に近い部分の2か所で固く結紮し、その中央部を膀胱から盲腸に接続する結合組織とともに切断した。これに伴って前記動・静脈に沿って走行する神経も同時に切断されている。本実験によって盲腸に分布する血管は後腸間膜動・静脈と前腸間膜動・静脈の盲腸枝のみとなった。

神経のみの切断は、拡大鏡を用いて血管を傷つけないように盲腸に分布する血管のみを残して周囲の結合組織を含めてすべてを切断した。対照区の擬似手術は、腹部を切開後、前述の盲腸手術に要した時間（盲腸結紮は約10分、血管・神経の切断は約20分）だけ腸を露出させた後、腹腔内にもどした。

いずれの手術鶏も0.1gのホモスルファミン腹腔内に投入後、切開部を縫合した。

結果および考察

盲腸の結紮あるいは盲腸に分布する血管・神経を切断した場合の発育状況は、実験Iについては図2-3、実験

II については図 2-4 に示した。両図からも分かるように、20週齢あるいは17週齢の試験終了時までの発育は、いずれの手術によっても対照区との間に全く差はみられなかった。これらの結果は、高橋ら²⁰⁾ および MAYHEW²¹⁾

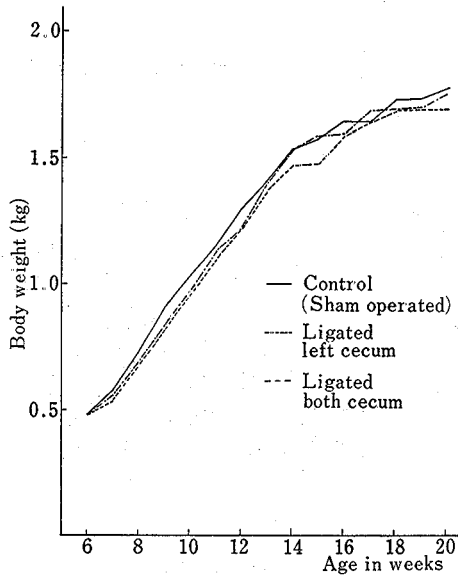


Fig. 2-3. Effect of cecal ligation of growth of chickens (Experiment I) (Mean of 8 birds).

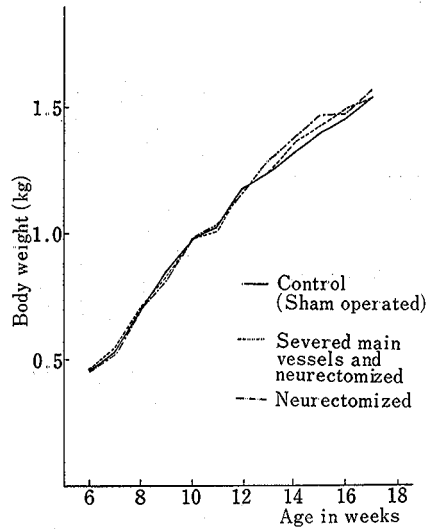


Fig. 2-4. Effect of severance of cecal main vessels or neurectomization of cecum on the growth of chickens (Experiment II) (Mean of 8 birds).

Table 2-3. Effect of cecal ligation, severance of cecal main vessels or neurectomization of cecum on feed intake of chickens (g/bird/week)

Age in weeks	Treatment of cecum (Experiment I)			Treatment of cecum (Experiment II)		
	Control	Ligated right side cecum	Ligated both side cecum	Control	Severed main vessels and neurectomized	Neurectomized
1(8)*	501	486	462	479	463	487
2(9)	562	512	501	546	581	506
3(10)	535	532	570	521	532	536
4(11)	585	592	581	536	600	569
5(12)	562	647	611	585	600	620
6(13)	591	718	742	564	630	600
7(14)	688	742	728	579	563	628
8(15)	662	598	672	664	575	615
9(16)	542	612	484	550	544	563
10(17)	491	613	572	586	525	578
11(18)	537	533	496			
12(19)	474	425	467			
13(20)	561	417	568			
Total	7329	7426	7454	5610	5613	5762
Weekly Average	564±17.4	571±27.7	573±26.1	561±15.5	561±15.1	576±17.6

* Age in weeks after hatch is shown in parentheses.

の盲腸摘出雛の発育試験結果と同様に、盲腸の結紮が雛の発育に対して影響を及ぼすことは考えられなかった。

次に、試験期間中の飼料の摂取量は表2-3に示した通りである。すなわち、試験開始後2週間は発育のやや良い傾向を示した対照区で多く摂取されたが、10週齢以降はむしろ発育の旺盛な試験区の摂取量が多くなった。その結果、全期間における飼料総摂取量はいずれの区にも全く差がみられず、1日あたりに換算すると1羽あたり80~82gの範囲にあった。これは盲腸の除去が飼料の摂取量に影響を及ぼさないという高橋ら²⁰⁾の結果と一致するものである。この結果を反映して、全期間を通じての飼料効率も各区間に差はみられなかった。

要 約

- 1) 6週齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、盲腸の片側および両側を結紮し、20週齢までの成長試験を行った結果、成長、飼料摂取量および飼料効率は対照区と差がなかった。
- 2) 盲腸に分布する血管と神経および神経のみを切断しても成長、飼料摂取量および飼料効率に差はみられなかった。

第2節 盲腸の結紮が産卵に及ぼす影響

盲腸結紮あるいは盲腸に分布する血管および神経を切断しても鶏の成長には影響がみられなかったので、つづいて盲腸の結紮が産卵に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

名古屋大学において慣用の方法で育成した初産開始直前で5か月齢の単冠白色レグホーン種雌24羽を選び、これを同数の2区に分け、本章第1節で述べたと同様の方法で両側盲腸の結紮および擬似手術を行った。これらの鶏は環境条件を同一にする目的でウィンドウレス鶏舎内において風向が同一になるように同じ高さに設置した単飼ケージ内に収容した。飼料は朝夕の2回に分けて給与し、水は自由に飲ませた。本試験期は6月19日から翌年の2月24日までの252日間で、産卵個数、卵重は個体別に毎日測定し、飼料摂取量および体重は毎週測定した。試験終了時には屠殺し、盲腸部位および各臓器の解剖学的検索を行った。なお、供試飼料には市販の産卵鶏用飼料を用いたが、試験が長期間になるために6週間を1期として成分分析を行った結果、表2-4に示すように若干の変異はみられたが、いずれも産卵用に適当なものと考えられた。

Table 2-4. Composition of diet#

(%)

Ingredient	Diet					
	1*	2	3	4	5	6
Moisture	12.9	13.4	9.6	11.1	11.3	11.6
Crude protein	16.4	15.8	16.2	15.5	15.9	15.2
Crude fat	4.7	4.4	4.2	3.8	4.1	4.0
NFE**	50.3	50.1	52.7	52.7	52.1	53.1
Crude fiber	6.3	5.8	4.8	5.2	5.3	5.0
Crude ash	9.4	10.5	12.5	11.7	11.3	11.1

* Each diet was used for 6 weeks.

** Nitrogen free extracts.

For egg production test.

100 g of the diet contained the followings; pyrimethamine, as anti-Leucocytozoon-disease, 0.1 mg, sulfadimetoxine sodium, 1 mg.

結果および考察

試験鶏の産卵状況は、図2-5に示した通りである。本実験においては初産開始直前の鶏を選び手術後5日より

試験を開始したが、初産開始の早い鶏は手術後5日めより産卵を始めた。なお、その後の1週間で産卵を開始する個体が多く、対照区ではその間の産卵率は41%に達した。しかし、両側盲腸結紮区は32%の産卵率を示し、対照区より若干低かった。本実験においては供試羽数が少ないので直ちに比較することは困難であるが、

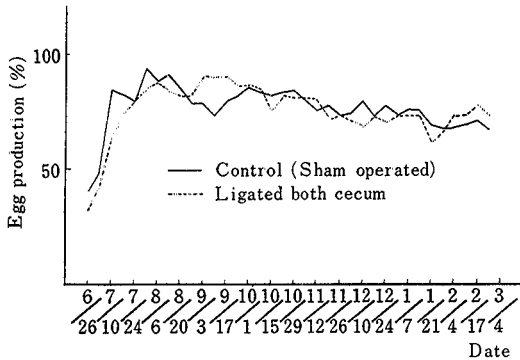


Fig. 2-5. Effect of cecal ligation on egg production.

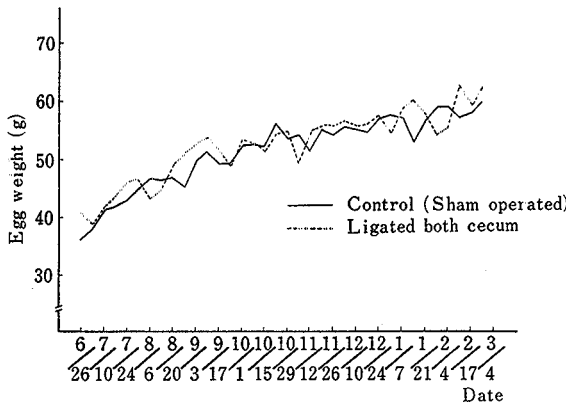


Fig. 2-6. Effect of cecal ligation on egg weight.

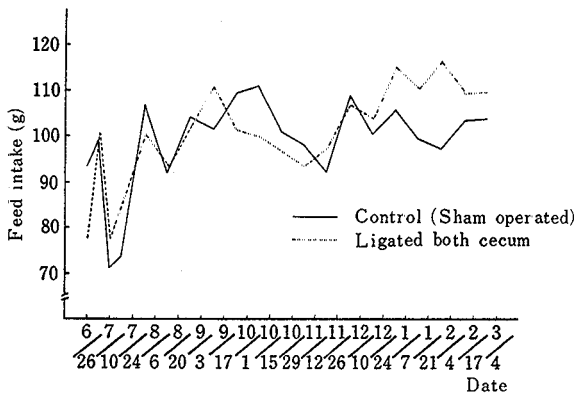


Fig. 2-7. Effect of cecal ligation on feed intake (g/bird/day).

初産期の産みそろいには一般にかなりの個体差がみられるので、本結果より盲腸結紮が悪影響を及ぼしたと即断することはできない。しかし、36週齢間の全試験期を通じた産卵率についてみると、両区間に全く差はみられなかった。いずれにしても、両区の産卵パターンは通常の場合と全く同様で、MAYHEW²¹⁾ および窪田と森本²²⁾ の結果と同様の傾向を示した。

試験期間中における卵重の推移は図2-6に示した通り、全期間の平均では対照区の51.3gに対して盲腸結紮区では53.7gとなり、両者間に全く差はみられなかった。

飼料摂取量は図2-7に示した通りである。時期によりかなりの振れはみられるものの、全体を通じてみれば、1羽あたり100~102gの摂取量となり、両区には差はみられなかった。さらに、産卵に対する飼料効率を計算すると対照区の0.40に対して盲腸結紮区は0.39となり、これにも明らかな差があるとは考えられない。

試験終了時に盲腸結紮部の解剖学的検査を行った結果、結紮部位は完全に遮断され、腹腔内に遊離した盲腸は内容物が充満し膨大したものと、内容物はあるが萎縮して固くなったものがみられた。

要 約

孵化後5か月齢の単冠白色レグホーン種雌の盲腸を両側結紮し、ウィンドウレス鶏舎内で252日間産卵率、卵重、飼料摂取量および飼料効率について調査した結果、盲腸結紮による影響は全く認められなかった。

第3節 総 括

鶏の盲腸が雛の成長ならびに産卵に果たす役割を調べる目的で単冠白色レグホーン種雛の盲腸を結紮あるいは

盲腸に分布する血管および神経を切断してその影響を調査した。

まず、雛の成長については6週齢の雄雛に対して盲腸の片側および両側を結紮し、20週齢まで飼育したものと、盲腸に分布する血管・神経および神経のみの切断を行って17週齢まで飼育したものの両者について成育状況を調査した結果、全期間を通じて体重増加、飼料摂取量および飼料効率に対して盲腸の結紮あるいは血管および神経の切断による影響は全く認められなかった。

一方、産卵に対しては孵化後5か月齢の雌を用い両側の盲腸を結紮し、ウインドウレス鶏舎内で252日間飼養し、産卵率、卵重、飼料摂取量および飼料効率について調査した結果、盲腸結紮による影響は全く認められなかった。

本実験結果は雛の成長において高橋ら²⁰⁾ および MAYHEW²¹⁾ と同様の傾向を示したが、NITSAN and ALUMOT¹³⁾ の報告とは異なる。彼らは生大豆給与時の結果であるが、一色と中広⁵⁵⁾ は生大豆および熱処理した大豆かすを盲腸切除鶏に給与しても消化率に差がなく、また雛の盲腸を切除あるいは切断しても成長に影響を及ぼさない⁵⁶⁾ ことから、NITSAN and ALUMOT¹³⁾ の報告はある特殊条件下における結果と考えられる。産卵においても MAYHEW²¹⁾ および窪田と森本²²⁾ の結果と同様の傾向を示した。NITSAN and ALUMOT¹³⁾ および OLSON and MANN¹⁴⁾ が推論したように盲腸で飼料の消化が行われるにしてもその量はわずかなもので、本実験結果からみると、盲腸が成長、産卵に対して重要な働きをしているとは考えられない。

第3章 盲腸糞の排泄パターン

緒 言

盲腸糞と腸糞は外観、性状ともに著しく異なるため容易に識別することができる。HERRICK and EDGAR⁴²⁾ は盲腸糞と腸糞の排泄状態について調べ、盲腸糞は1日数回にわたり排泄され、そのうち朝夕の2回に排泄ピークを示すが夜間には全く排泄されないことを報告している。また池田⁴¹⁾ もこれを追試して、朝の盲腸糞排泄カーブは急上昇を示すが、午後のピークは朝のピークに比べてやや小さいことを認め、さらに腸糞は昼夜を通じて排泄され、特定のピークを示さないことを明らかにしている。海塩⁵⁾ は腸糞の排泄量は盲腸糞の10~16倍であると言い、RÖSELER⁴⁰⁾ は盲腸糞の排泄割合は飼料により異なると報告している。しかし、これらはいずれも特定の成育期の鶏を対象としたものであり、成育期による盲腸糞排泄の様相を比較検討した成績は見当たらない。従って、まず成長期間中の盲腸の発達と盲腸糞排泄の様相について調査を行い、盲腸機能を検討する一つの手掛かりを得ようとした。

著者は第3章第1節で同一飼料を給与しても盲腸糞は日齢が進むに従ってその排泄量および回数がともに低下することを明らかにし、その主たる原因は、体重あたり飼料摂取量の多い時期に内因性物質の盲腸内分泌が旺盛になるからであろうと推論した。しかし、過去における他の研究者の報告によると、盲腸糞は食下飼料の一部が盲腸内に流入し、一定時間滞留した後排泄されるとしている^{5,13,14,40)}。食下飼料の一部が単純に盲腸内に流入するとすれば、絶食することにより小腸内容物は少なくなり、盲腸への流入量も当然少なくなるものと考えられる。この点を明らかにするために、絶食時における盲腸糞の排泄量および回数を調べた。さらに盲腸内容物を経時的に採取して、その量と盲腸糞の排泄量との関係を調査した。

鶏の盲腸運動は、盲腸頸管部から盲腸尖部に向かう蠕動と、その逆方向の逆蠕動とがあり、さらに盲腸頸管部から結直腸に向かう強い蠕動も観察され、これと同時に糞の排泄運動が行われる⁴⁵⁾。また FARGEAS ら⁴⁶⁾ も規則的に交互に起る大小2つの収縮波と頻度の少ない不規則で短時間に起る収縮波を盲腸で観察している。大島お

よび五島⁴¹⁾は盲腸運動に明暗周期と同調した日内リズムの存在を認めており、盲腸糞の排泄には一定の日内リズムがあり、夜間睡眠中は行われず、朝夕の2回に大きな排泄ピークがみられ^{41,42)}、特に早朝の排泄ピークは大きい。また池田⁴¹⁾は、遮光下においた鶏に光を当てると盲腸糞は急に排泄されると述べている。これらのことから、光条件と盲腸糞の排泄の関係を調査したが、特に盲腸運動は盲腸頸管部を中心とした神経支配を受けていると考えられるので、盲腸に分布する神経を切断したときの盲腸糞排泄パターンに変化が生じるかをも調べた。

先にも述べたように、盲腸糞中には内因性物質に由来するものがあると考えられたので、盲腸に分布する血管を切断したときの盲腸糞の排泄量の変化を調査した。

第1節 成育に伴う腸管の発達と盲腸糞の排泄

盲腸の発達程度を成育期別に知るために盲腸の重量、長さおよび表面積を測定して他の腸管部位と比較するとともに、盲腸糞と腸糞の排泄回数および排泄量を調査した。

材料および方法

供試鶏は単冠白色レグホーン種雄初生雛300羽を2区に分け、そのうち1区には餌付け時より実験終了時まで表3-1に示した幼雛用配合飼料のみを自由に採食させた。他の1区は幼雛用、中雛用、大雛用、成鶏用配合飼料

Table 3-1. Composition of diet (%)

Ingredient	Age in weeks			
	0-4	4-10	10-15	15-
Yellow corn	57.968	59.18	59.768	60.20
Wheat bran	5.5	8.15	10.4	10.0
Defatted rice bran	8.0	12.8	15.0	15.0
Soybean meal	15.0	10.0	5.0	5.0
Fish meal	8.0	5.0	3.0	3.0
Alfalfa meal	3.0	3.0	4.0	4.0
Ca carbonate	1.2	1.2	1.3	1.3
Tri-Ca phosphate	0.5	0.5	0.7	0.75
Na chloride	0.4	0.4	0.4	0.35
Mineral mixture ¹⁾	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25	0.3	0.25	0.25
Antibiotics ³⁾	0.1	0.1	0.1	0.1
Cocciostat ⁴⁾	0.032	0.032	0.032	—
Crude protein	20.0	17.0	15.0	16.0
TDN	68.0	66.0	63.0	65.0

1), 2), 3), 4): Referred from Table 2-1.

に順次切り替えて自由に採食させた。なおいずれも新鮮な水が飲めるように、給水どいに水を流して給与した。

上記の供試鶏は孵化後10日目ごとに各区10羽ずつ無作為に抽出し、9時に体重を測定した後、頸動脈切断により屠殺し、腸を取り出して十二指腸、小腸近位部（メッケル憩室より近位部）、小腸遠位部（メッケル憩室より盲腸分岐部まで）、盲腸および直腸に区分けし、腸の重量、長さおよび表面積を測定した。

腸の大きさの測定は、腸を切開して内容物を取り除き、生理食塩水で腸管内容物を洗浄除去した後、ガラス板上にのせて腸の一端を押えて固定し、他の端を軽く伸長させた後これを離し、静止後の長さを測定して腸長とした。その後脱脂綿で水分をぬぐい取り、腸重量を測定した。腸面積の測定は葉面積測定に用いられる描画法⁵⁷⁾

を応用した。すなわち腸をシャーレ内に入れ、生理食塩水を十分含ませた脱脂綿でその上を覆い、ふたをして2時間放置後腸の筋肉が弛緩してから腸を取り出し、乾燥した厚紙上に指で軽く押えながらしわを伸ばして広げ、その輪郭を描いた後、均質紙に写し取ってその重量を測定した。別に一定面積の同一紙について重量を測定しておき、両者の重量比より腸表面積を求めた。

次に、幼雛用配合飼料のみで飼育した供試鶏につき、孵化後30日、60日、90日、120日のそれぞれ3日前に各区15羽ずつ無作為に抽出して単飼ケージに収容し、自然条件下（5月16日～8月4日までの日の出は4時5分から5時21分、日没18時52分～19時18分まで変化した）で2昼夜にわたり腸糞、盲腸糞の時刻別排泄回数および排泄量を調査した。すなわち、ケージより下方20cmに受糞台を置き、その上にビニルシートを敷いて排泄を受け、排泄ごとに腸糞と盲腸糞を識別し、排泄時刻を記載した後、新鮮物量を測定した。次いで腸糞および盲腸糞を1日ごとに集め40°Cで24時間通風乾燥した後、100°Cで4時間再乾燥して乾燥重を求めた。なお調査にあたっては、鶏に与える音や光の影響をなるべく少なくするように注意し、夜間における排泄の確認は、濃青色のビニルフィルムで覆った懐中電燈に黒色フードを付けて行った。

結果および考察

腸管の発達：成育期別に腸管各部の重量、長さおよび表面積を測定し、十二指腸、小腸（十二指腸を除く）、盲腸（両側盲腸合計）および直腸について体重100gあたりの重量比を算出した。

体重100gあたりの腸重量については図3-1に示したように、小腸は孵化時で3.4gと最も大きく、日齢が進むとともに激減したが、50日齢以後では減少率が鈍化し、110日齢以後はさらに低下してほぼ一定値となった。十二指腸は孵化時で1.4gあったが、その後70日齢まで徐々に低下し、それ以後はほぼ一定値を示した。盲腸は孵化時から30日齢まで約0.6gで、その後90日齢ごろまで緩やかに減少し、以後一定の値を示した。直腸は孵化時で0.6gあったが、30日齢以後はほぼ0.2gに低下して一定となった。

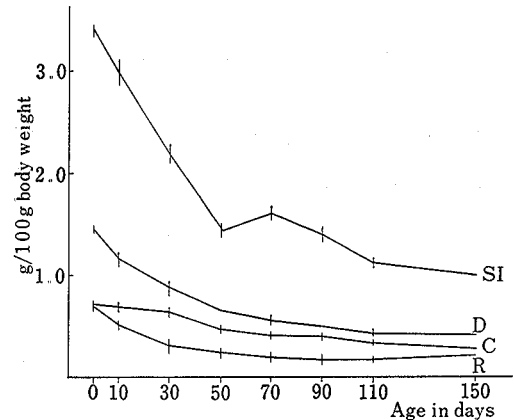


Fig. 3-1. Changes of weight of chick intestine during the growth (Mean \pm S E M for 10 birds).

D: Duodenum, SI: Small intestine (Excluding duodenum), C: Cecum (Sum of both sides), R: Rectum.

体重100gあたりの腸長は図3-2に示したようにいずれの部位も孵化時が最も大きく、10日齢以後に指数曲線的に減少し、小腸は70～90日齢以降はほぼ一定の値を示した。

体重100gあたりの腸表面積については図3-3に示した通りで、小腸、十二指腸および盲腸は10日齢が最も大きい値を示した。小腸および十二指腸ともに10日齢以後は指数曲線的に減少し、70日齢以後はほぼ一定値になった。盲腸は10日齢で約15.0cm²と大きく、30日齢で急減し、その後若干低下しながら一定値を示した。また直腸は長さと同じ経過をたどった。

一般に、鶏の体重あたりの飼料摂取量は成育の初期に比較的多く、その後60日齢ごろまで急激に減少し、それ以後は大体一定となる⁵⁸⁾。このことを体重に対する小腸重、長さおよび表面積の減少の推移と対比させると、成育初期には腸が比較的良好に発達しており、体重あたりの飼料摂取量が多いこととよく対応する。

全期間における腸管各部位の測定値をもとにして全腸に占める腸管各部位の割合を算出し、これを平均した結

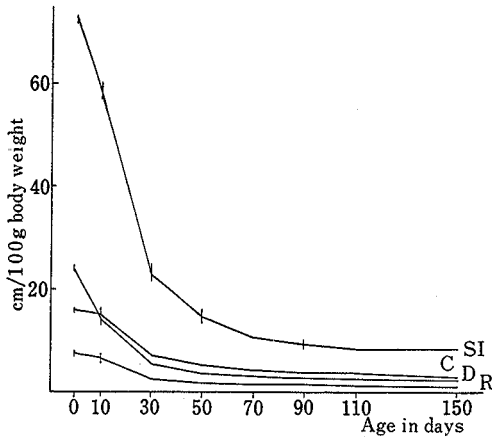


Fig. 3-2. Changes of length of chick intestine during the growth (Mean \pm S E M for 10 birds).

D: Duodenum, SI: Small intestine (Excluding duodenum), C: Cecum (Sum of both sides), R: Rectum.

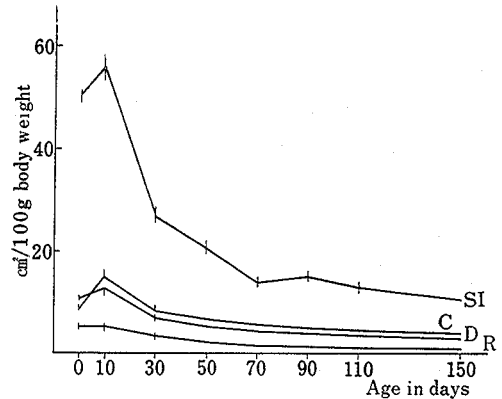


Fig. 3-3. Changes of surface area of chick intestine during the growth (Mean \pm S E M for 10 birds).

D: Duodenum, SI: Small intestine (Excluding duodenum), C: Cecum (Sum of both sides), R: Rectum.

果は表 3-2 に示した通りである。すなわち、重量では小腸近位部が最も大きく、小腸遠位部と十二指腸は同程度の大きさで小腸近位部の約2/3となり、盲腸は約1/2にしかすぎなかった。しかし、長さで比較すると小腸近位部と遠位部は全く等しく、盲腸はその2/3で十二指腸はさらに短かった。表面積においても長さと同様傾向を示した。なお直腸の割合はいずれも小さかった。本実験は各腸管壁の厚さを測定しなかったが、上記の結果から推定すると、盲腸が最も薄く、一番厚い十二指腸の約1/2程度と考えられる。

Table 3-2. Ratios of each part of intestine to whole intestine in growing chicks (Mean \pm S E M for 10 birds)

Intestine size	Ratios of each part of intestine to whole intestine (%)				
	Duodenum	Upper small intestine ¹⁾	Lower small intestine ²⁾	Cecum ³⁾	Rectum
Weight	22.5 \pm 0.6	33.3 \pm 0.4	22.7 \pm 0.2	14.1 \pm 0.3	7.4 \pm 0.3
Length	13.8 \pm 0.3	30.6 \pm 0.3	31.3 \pm 0.3	19.3 \pm 0.2	4.9 \pm 0.1
Surface area	15.6 \pm 0.2	31.6 \pm 0.3	27.6 \pm 0.3	18.6 \pm 0.3	6.6 \pm 0.2

- 1) Segment from the duode-jejunal junction to Meckel's diverticulum.
- 2) Lower part from the Meckel's diverticulum.
- 3) Sum of both ceca.

一方、本実験と並行して4週齢、10週齢および15週齢で中雛、大雛、成鶏用飼料に順次切り替えた時の腸重、腸長および腸表面積を測定し、全腸に占める小腸および盲腸の割合を算出した結果は表 3-3 に示した通りである。飼料を切り替えなかった時に比較して、腸の重量について小腸では明らかな差がみられなかったが、盲腸では飼料を切り替えると有意 ($p < 0.01$) に小さくなった。また腸長および腸表面積では、小腸、盲腸とも飼料を切り替えると有意 ($p < 0.05$ および $p < 0.01$) に小さくなった。しかし、これらの差は150日齢になるとほとんどなくなった。なお十二指腸および直腸においては給与飼料の切り替えによる有意差はみられなかった。全腸に占める小腸および盲腸の割合を算出すると、盲腸重は飼料の切り替えにより有意に小さくなったが、小腸では差がみら

Table 3-3. The intestinal size per 100 g of body weight in chickens set various diets
(Mean \pm S E M for 30 birds)

Intestine size	Diet	Intestine (except duodenum)			Cecum		
		40-70 day	70-105 day	105-150 day	40-70 day	70-105 day	105-150 day
Weight (g)	Same diet	1.74 ± 0.20	1.48 ± 0.03	1.21 ± 0.10	0.48 ± 0.02	0.41 ± 0.02	0.33 ± 0.02
	Change diet	1.82 ± 0.12	1.41 ± 0.08	1.13 ± 0.10	0.41 $\pm 0.02^*$	0.31 $\pm 0.02^{**}$	0.26 $\pm 0.00^{**}$
Length (Cm)	Same diet	13.00 ± 0.91	9.15 ± 0.33	8.27 ± 0.18	4.22 ± 0.07	3.10 ± 0.07	2.47 ± 0.14
	Change diet	12.11 ± 0.51	8.12 $\pm 0.12^{**}$	7.91 $\pm 0.07^{**}$	3.91 $\pm 0.06^{**}$	2.80 $\pm 0.04^{**}$	2.04 $\pm 0.07^*$
Surface area (Cm ²)	Same diet	19.90 ± 0.89	15.73 ± 0.31	12.61 ± 0.27	6.68 ± 0.08	5.07 ± 0.08	4.06 ± 0.07
	Change diet	18.57 ± 0.61	12.12 $\pm 0.47^{**}$	10.81 $\pm 0.13^{**}$	6.12 ± 0.07	4.09 $\pm 0.05^{**}$	3.41 $\pm 0.07^{**}$

*, **: Significantly different from same diet at 5 and 1% level, respectively.

れなかった。腸長および腸表面積では小腸，盲腸ともに差がみられなかった。

以上の結果より，盲腸重は給与飼料により影響を受けることが考えられる。LAWRENCE⁵⁹⁾ はねずみにラクトースを多く含む飼料を給与すると盲腸が膨大すると報告し，SHEARER and DUNKIN⁶⁰⁾ も豚ではラクトースの給与量が増加するに従って段階的に盲腸の重さが増加したと報告している。また，ASANO⁶¹⁾ は無菌ねずみと通常の状態と飼育したねずみを比較した結果，後者よりも前者の方が盲腸重が大きく，盲腸壁の厚さは薄かったと報告している。従って育成期の盲腸重を問題にするときは，飼育条件を明らかにする必要があると思われる。

盲腸糞の排泄量と回数：盲腸糞の育成期別，時刻別排泄量および排泄回数を2時間ごとに集計して図3-4および図3-5に示した。全体的な傾向として，盲腸糞の排泄は早朝と午後（4～6時，10～18時）にピークがみられ，

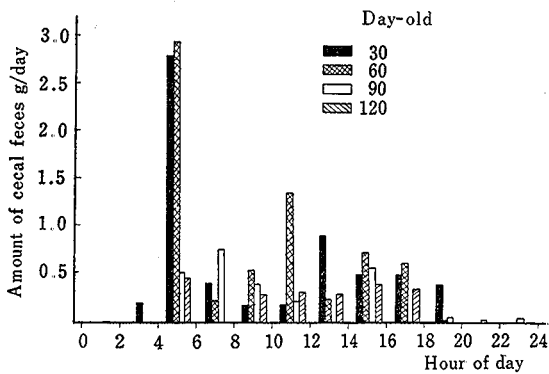


Fig. 3-4. Diurnal changes in amount of cecal feces in growing chicks (Mean of 15 birds).

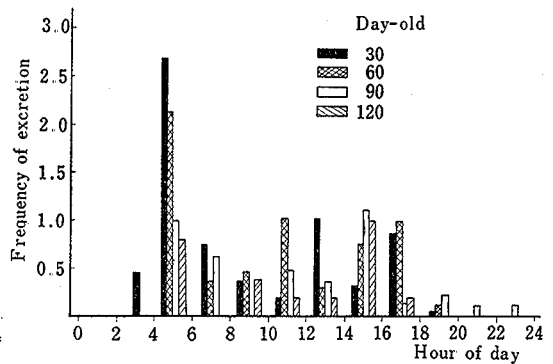


Fig. 3-5. Diurnal changes in excretory frequency of cecal feces in growing chicks (Mean of 15 birds).

朝のピークは急上昇して1日の約40%を排泄するが，午後のピークは比較的小さく，またその時間帯も広がっている。しかし，これらのパターンは育成期によってやや異なり，30日齢および60日齢では上記のような定形的な排泄パターンがみられたが，90日齢および120日齢においては早朝のピークがあまり高くならず，午後のピークと同程度となった。また一般に成育が進むに従って，早朝の排泄ピークが小さくなり排泄回数も減少する傾向

を示した。大島および五島⁴⁴⁾は鶏の盲腸運動をテレメーターを用いて24時間観察し、盲腸運動には明暗周期と同調した日内リズムの存在することを認めている。また池田⁴¹⁾は盲腸糞排泄が鶏の体動と関係のあることを示唆しているので、盲腸糞排泄は日長時間と密接な関係があると考えられる。本実験の場合、雛の成育時期によって日の出および日没の時刻に最大29~19分の差があったが、この程度の時間差が盲腸糞の排泄状況に明らかな影響を及ぼしたとは考え難い。従って、盲腸糞の時刻別排泄頻度は成育期によって変化すると考えた方が妥当であろう。

排糞回数の多い時刻には排泄量も多く、排泄量と排泄回数の間には高い正の相関関係 ($r = +0.941, p < 0.01$) が認められ、また20時以降深夜にかけて、その排泄はほとんどみられなかった。これらの結果を HERRICK and EDGAR⁴²⁾ および池田⁴¹⁾の報告と比較すると、成育初期の30日齢および60日齢時の場合にはよく一致したが、90日齢および120日齢の場合には必ずしも一致しなかった。成育初期には盲腸の大きさに比して多量の内容物が夜間盲腸内に貯留され、早朝になって盲腸運動が開始されると、それまで滞留していた内容物が急速に排泄されるために排泄量および排泄回数が多くなるが、成育が進むにつれて盲腸内に夜間滞留する内容物量は、盲腸の大きさに比べて少なくなり、その結果、排泄量および排泄回数が減少すると考えられる。これに反し、腸糞は図3-6および図3-7に示したように、午後8時から午前6時までは排泄量が少なくなり、排泄回数では0時から6時ごろまでは減少する傾向を示したが、昼夜の別なく排泄されしかも盲腸糞のような特別な排泄パターンを示さなかった。

1日あたりの腸糞および盲腸糞の排泄総量ならびに排泄回数を成育期別に調査した結果を表3-4に示した。30

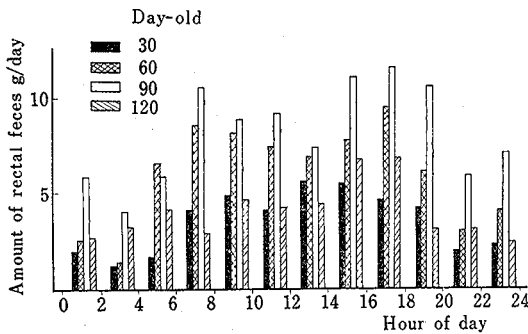


Fig. 3-6. Diurnal changes in amount of rectal feces in growing chicks (Mean of 15 birds).

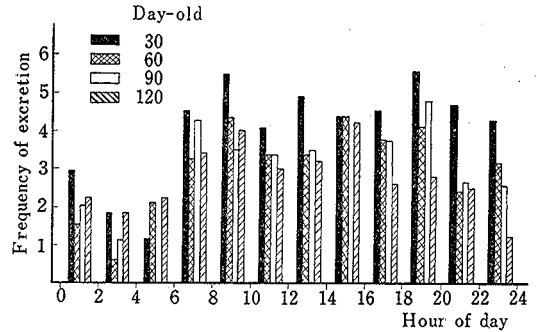


Fig. 3-7. Diurnal changes in excretory frequency of rectal feces in growing chicks (Mean of 15 birds).

Table 3-4. Changes in frequency of excretion and amount of feces at various growing stage (Mean ± S E M for 15 birds)

Day-old	Amount of feces (g/day)						Frequency of excretion per day		
	Fresh feces			Dry feces			Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	B/A
	Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	B/A	Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	B/A			
	g	g	%	g	g	%	%		
30	43.5 ± 0.5 ^a	6.1 ± 1.5 ^a	13.9 ± 0.5 ^a	9.7 ± 0.4 ^a	0.9 ± 0.1 ^a	8.9 ± 0.7 ^a	51.3 ± 2.1 ^a	7.5 ± 0.4 ^a	14.7 ± 0.8 ^a
60	71.9 ± 6.3 ^b	6.1 ± 0.5 ^a	9.6 ± 1.0 ^b	16.4 ± 1.4 ^b	1.4 ± 0.1 ^b	8.7 ± 0.6 ^a	35.5 ± 3.2 ^b	6.1 ± 0.4 ^b	18.7 ± 3.0 ^a
90	97.3 ± 5.6 ^c	3.1 ± 0.2 ^b	3.2 ± 0.3 ^c	22.7 ± 0.7 ^c	0.7 ± 0.1 ^c	3.4 ± 0.4 ^b	35.7 ± 2.4 ^b	4.8 ± 0.2 ^c	13.3 ± 2.6 ^b
120	78.1 ± 4.8 ^b	2.2 ± 0.4 ^c	2.8 ± 0.4 ^c	16.2 ± 0.9 ^b	0.5 ± 0.1 ^c	3.1 ± 0.5 ^b	33.7 ± 6.1 ^b	2.8 ± 0.4 ^c	7.9 ± 2.0 ^b

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

日齢の腸糞排泄量は他の日齢に比し少なかったが、盲腸糞の排泄量は腸糞と異なり、90日齢および120日齢では30日齢および60日齢に比して有意に低く、また腸糞に対する盲腸糞の排泄比率は90日齢まで日齢の増加とともに減少し、負の相関関係 ($r = -0.579, p < 0.01$) が認められた。本調査は5月から8月にわたり行ったため、特に飲水量が増加した。従って、糞中水分含量にも影響があらわれることを懸念し、乾燥糞の排泄量について検討した。盲腸糞は成育初期ほど糞中水分含量が高く、30日齢では85%にも達したが、日齢が進むに従って低下し、乾燥腸糞に対する乾燥盲腸糞の割合は90日齢、120日齢では新鮮物よりも高い値を示したが、新鮮糞と同様に日齢との間に負の相関関係 ($r = -0.574, p < 0.01$) がみられた。

腸糞の排泄回数は30日齢時で特に多かったが、それ以後は日齢による差はみられなかった。これに反し、盲腸糞の排泄回数は日齢が進むにつれて漸減し、日齢との間に負の相関関係 ($r = -0.706, p < 0.01$) が認められた。腸糞に対する盲腸糞の排泄比率は90日齢まで比較的大きな値を示したが、120日齢では70日齢までの1/2程度にまで減少した。池田⁴¹⁾ は2週齢の雛を用いて、昼間に盲腸糞を排泄する回数は腸糞の排泄回数の約15%であると報告しているが、これは本実験の30日齢から90日齢の鶏の場合と比較的よく一致している。しかし、RÖSELER⁴⁰⁾ によると盲腸糞の排泄は給与飼料によって異なり、また本実験でも給与飼料により盲腸の大きさに変化の生じたことなどから考えると、池田⁴¹⁾ の実験と本実験の結果の相異は、給与飼料の差が反映したものであろう。中広⁶²⁾ は鶏の成育に伴う飼料の消化率を測定した結果、蛋白質の消化率では30日齢が最も高く、それ以後次第に下降するが、120日齢以後はほぼ一定の消化率を示したと述べている。著者⁶³⁾ の実験でも、成育に伴う窒素の蓄積率は孵化後70日齢ごろまで高いが、それ以後は鈍化する。従って体重に対する飼料摂取量が多く、また飼料の消化率や窒素の蓄積率の高い時期には盲腸糞の排泄量や排泄回数が多くなるものと思われる。食下物が腸管内を通過する際、その一部が盲腸内に流入して一定時間滞留した後盲腸糞として排泄されるので、腸管内の不消化物が盲腸糞の主体をなすものとみなされている⁴⁰⁾。しかし、小腸内容物が盲腸内に流入する際、単純にその一部が移動するのではなく、回盲腸部のバルブ様機構によってろ過作用を受け、微粒子あるいは可溶性物質のみが盲腸内に流入することが明らかにされている⁴⁷⁾。しかし、このような機構が日齢によって容易に変化するとは考え難い。HUNTER^ら¹¹⁾ の結果および後述する盲腸の有無は飼料の消化吸収に影響がなく、さらに盲腸には栄養素の消化吸収作用がほとんどないことが明らかにされた。

LOESCHE⁶⁴⁾ は無菌ラットに蛋白質源としてカゼインを含む半精製飼料を8~10日間給与した後、盲腸内容物を採取してその窒素含量を調べたが、飼料中の蛋白質含量が変化しても盲腸内容物の窒素成分量が変わらないことから、盲腸内容物の窒素成分は内因性のものではないかと推論した。従って、日齢により盲腸糞の排泄量に変化がみられることは、恐らく内因性物質の分泌量が日齢あるいは飼料条件等によって異なる可能性を示唆した。

要 約

単冠白色レグホーン種雄雛を初生時より同一条件で飼育し、腸管各部位の発達ならびに腸糞および盲腸糞の排泄量と排泄回数について成育期別に調べた結果を得た。

1) 体重100gあたりの十二指腸、小腸(十二指腸を除く)、盲腸および直腸の重量、長さは初生時が最も大きく、腸表面積では孵化後10日で最大値を示したが、その後急激な低下がみられ、70日齢以降はほぼ恒常的な値を示した。飼料(幼雛用、中雛用、大雛用および成鶏用)を切り替えた鶏は盲腸が軽くなった。小腸に対する盲腸の割合は30日齢から90日齢までが大きかった。

2) 30日齢では1日あたり腸糞を44g排泄し、その排泄回数は51回であった。しかし60日齢以降120日齢までは排泄量は30日齢の2倍、排泄回数は2/3で一定となった。盲腸糞の排泄量は30日齢および60日齢で1日6gであったが、90日齢および120日齢では2~3gと減少した。また排泄回数は30日齢から120日齢まで順次減少した。

以上の結果から、盲腸は成育の初期に旺盛な働きをしている可能性が示唆された。

第2節 光条件および絶食が盲腸糞の排泄に及ぼす影響

盲腸糞は夜間には全く排泄されず、早朝の4~6時に最も多く排泄されることが本章第1節で判明した。盲腸糞の排泄が光などの要因により誘発されることを示唆した報告もある^{41,42,44)} ことなどから、本節では光条件を変えたときの盲腸糞の排泄と、盲腸内容物は小腸内容物の一部が流入し排泄されるといわれている^{5,13,14,40)} ことから、絶食時の盲腸糞の排泄と盲腸内容物を経時的に調査した。

材料および方法

4月14日に孵化し、同一条件で育雛した単冠白色レグホーン種雄32羽を50日齢に8羽ずつ4区に分け、それぞれ単飼ケージに収容し、本章第1節と同様の方法で、腸糞と盲腸糞の時刻別排泄回数および排泄量を調査した。なお、試験区は自然条件下で飼育した対照区、終日明区、終日暗区および絶食区とした。対照区は60日齢の午前10時より2昼夜にわたり、終日明区および終日暗区は供試鶏を外界と完全に遮断し、自然光線、音などが全く入らず、換気の十分にできる室内にケージをつるして飼育した。終日明区は50日齢より供試鶏の位置が30ルクスの明るさになるように点燈し、60日齢の午前10時より2昼夜にわたって調査した。終日暗区は、自然条件にあわせた時間だけ点燈し、60日齢に前夜に引き続いて点燈せず、同日の午後8時より2昼夜にわたる調査を行った。絶食区は対照区と同一条件で飼育しておき、調査前日の正午より絶食させ、60日齢の正午より2昼夜にわたり調査を行った。なお給飼、給水は本章第1節と同様に行い、試験飼料は表3-1の幼雛用を用いた。

本実験により、絶食すると盲腸糞の排泄パターンが変化することが判明したので、絶食による盲腸内容物量の変化を調べるために、前記と同様の鶏を60日齢に対照区および絶食区にそれぞれ144羽ずつ割り当て、表3-1に示した幼雛用飼料を10日間自由採食させた。絶食区は、屠殺時が24時間絶食後になるように1時間ごとに給飼箱を取り除いた。なお両区とも飲水は自由に与えた。盲腸内容物の採取は右腹部の羽毛を抜き取り、季肋骨より恥骨にかけて切開し、次いで腸管内容物の移動と尿の逆流防止のため、盲腸扁桃腺部を鉗子ではさみ、頸動脈切断法により屠殺後、直ちに盲腸を鉗子ではさんだまま取り出し、内容物を採取した。

結果および考察

光条件および絶食が盲腸糞の時刻別排泄に及ぼす影響は図3-8および図3-9に示した。

盲腸糞の時刻別排泄量は、対照区では早朝(4時~6時)に最も多く、1日分の約1/2が排泄された。次いで10

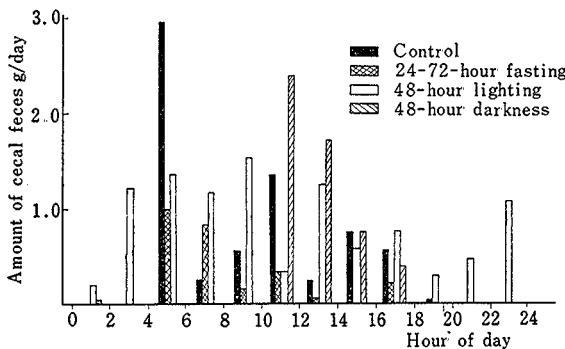


Fig. 3-8. Diurnal changes in amount of cecal feces under the 48-hour lighting or darkness and fasting (Mean of 8 birds).

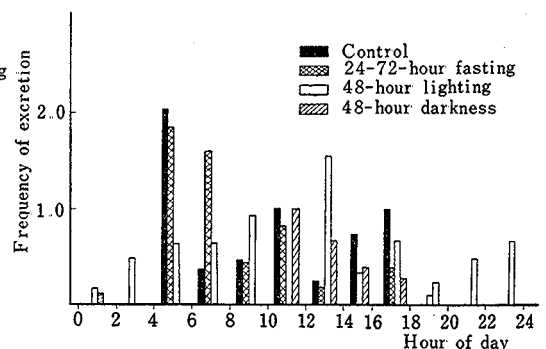


Fig. 3-9. Diurnal changes in excretory frequency of cecal feces under the 48-hour lighting or darkness and fasting (Mean of 8 birds).

時～12時, 14時～18時に小さい排泄ピークがみられたが, 夜間(18時～4時)の排泄は全くなく, 本章第1節の同日齢と同様の結果が得られた。絶食区は対照区よりも排泄量は減少したが, その排泄パターンは対照区と同様の傾向を示した。終日明または暗にすると, 盲腸糞の排泄パターンは対照区に比して大きな変化を生じた。すなわち終日明にすると, 2時～10時にかけて多く排泄したが, 対照区のように急激な上昇ピークはみられず, 夜間にもかなりの量が排泄された。対照区では午前中に1日分の80%が排泄されたが, 終日明ではこれが60%程度に低下した。終日暗区では盲腸糞排泄開始時刻はかなり遅くなり, 10時～14時に1日量の80%が排泄され, 18時以降の排泄はみられなかった。

対照区における盲腸糞の時刻別排泄回数は排泄量と同様の傾向を示し, 早期に大きなピークがあり, 10時～18時にかけて小さなピークがみられた。図3-8の排泄量と併せ考えると, 1回あたりの排泄量は午前中に多く, 午後には少なくなった。絶食区では4時～8時にかけて多く排泄されたが, 1回あたりの排泄量は対照区に比して非常に少なく, また午前中に多くなる傾向はみられなかった。終日明区および暗区も排泄量と同様の傾向を示し, 明区では1回あたりの排泄量は12時～14時のものがわずかに少なかったが, 他の時刻ではほとんど差がみられなかった。暗区では1回あたりの排泄量は他のどの区よりも多かった。

以上の結果, 自然条件下のものにおいては HERRICK and EDGAR⁴²⁾ および池田⁴¹⁾ と同様の結果が得られた。大島および五島⁴⁴⁾ は, 盲腸運動に明暗周期と同調した日内リズムが存在すると述べているが, 本実験においても終日明区は24時間にわたり排泄するので, 光刺激が盲腸糞の排泄になんらかの影響を与えるものと考えられる。しかし, 深夜に排泄される量は昼間のそれよりも少なくなること, あるいは暗区の盲腸糞排泄が10時～18時に集中していることなどから考えると, 盲腸糞の排泄には光以外の要因も関与するのであろう。たとえば, 終日明にした場合でも飼料摂取量は夜間に減少することが観察される。これが直接盲腸糞排泄に関係するかどうかは不明であり, さらに飼料摂取量が夜間に少なくなる理由についても明らかでない。

暗区における排泄ピークが対照区よりも遅れて出現し, かつ最初に排泄される1回あたりの排泄量が非常に多くなるのは, 盲腸内に内容物がある程度充満することにより盲腸壁が刺激され, それが盲腸内容物の排泄を促すものと考えられる。従って, 対照区と同様に飼育していたものが暗室内に收容されることにより飼料摂取量が減少し, 特に早朝の飼料の摂取が抑制された結果, 排泄時間が遅延したものであろう。RÖSELER⁴⁰⁾ は, 腸糞に対する盲腸糞排泄量の割合は給与飼料によって異なり, 大麦で13.4%, とうもろこしで8.7%であると述べている。従って, 本実験に使用した飼料よりも盲腸糞の排泄量を増加させるような飼料を給与すれば, 排泄ピークが早くなり, また盲腸糞排泄量の少ない飼料を給与すれば排泄ピークが遅くなる可能性も考えられ, さらに絶食開始時間を変えると盲腸糞の排泄パターンに変化が生じることも考えられる。なお本実験は短時間の実験であったが, 長時間暗室内で飼育することが可能であれば, 排泄パターンの様相はさらに変化する可能性もあろう。

盲腸糞の排泄パターンと関連して, 対照区と絶食区の盲腸内容物量の時刻別推移を示すと図3-10のようになる。すなわち, ほとんどの時刻において対照区は絶食区よりも盲腸内容物が多く, かつ図3-8に示した排泄量の推移とよく一致している。

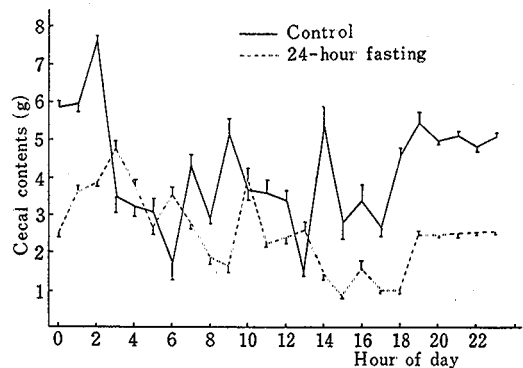


Fig. 3-10. Diurnal changes in amount of cecal contents under the fasting condition (Mean \pm S E M for 6 birds).

また絶食時の内容物量の波長も対照区より数時間遅れたので、先に述べた内容物の充満が排泄を刺激するという、この推論も一部支持するものであろう。

次に、腸糞と盲腸糞の1日あたりの排泄量を比較すると表3-5に示すようになった。腸糞の排泄量は対照区に

Table 3-5. Effect of fasting and change of lighting system on the excretion of cecal feces
(Mean \pm S E M for 8 birds)

Treatment of birds	Feces excretion per day (DM)			Frequency of excretion per day		
	Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	(B)/(A)	Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	(B)/(A)
	(g)	(g)	(%)			(%)
Control	16.4 \pm 1.4	1.4 \pm 0.1	8.7 \pm 0.6	35.5 \pm 3.2	6.1 \pm 0.4	18.7 \pm 3.0
24-hour fasting	1.4 \pm 0.5**	0.6 \pm 0.1**	42.5 \pm 6.0**	21.0 \pm 2.1**	5.5 \pm 1.5	26.5 \pm 10.4
48-hour lighting	22.8 \pm 1.9	1.5 \pm 0.2	6.6 \pm 0.7**	47.3 \pm 2.1	6.8 \pm 0.6	14.9 \pm 1.4
48-hour darkness	15.0 \pm 4.4	1.2 \pm 0.2	8.1 \pm 3.6	30.9 \pm 5.8	2.4 \pm 0.7**	8.8 \pm 2.0*

*, **: Significantly different from control at 5 and 1% level, respectively.

対して絶食区では非常に少なく1/10以下になり、終日明区では1.4倍となったが、暗区では対照区とほとんど差がなかった。これに対し、盲腸糞の排泄量は絶食区が対照区の約1/2に減少した以外は、明区および暗区では対照区との差はみられなかった。以上の結果より腸糞に対する盲腸糞の排泄割合は、絶食区が43%で最も多く、他は7~11%と少なかった。

腸糞の排泄回数は、対照区と暗区はほぼ同一であるが、終日明区では増加し、絶食区では減少した。これに対し、盲腸糞の排泄回数は、暗区で対照区の40%に減少した以外は各区間に有意差がなく、従って盲腸糞の排泄には光刺激の大きいことを物語っている。

これまでにも多くの研究者が述べているように、未消化の小腸内容物の一部が盲腸内に流入し、そこで部分的に消化された後盲腸糞として排泄される^{1,12,13,14,40)}とすれば、絶食区では小腸内に未消化の内容物が存在しないので盲腸糞の排泄もみられなくなる。これに反し、BROWNE⁴⁷⁾およびAKESIER⁶⁵⁾は流動状の微粒子のみが盲腸内に選択的に流入すると報告している。従って絶食時においても、小腸および結直腸内の液状部分は盲腸内に流入するものと考えられる。しかし表3-5に示したように、絶食時の腸糞に対する盲腸糞の排泄割合は対照区に比して約5倍にも達するので、小腸内容物が盲腸内に流入することもあるが、本章第1節で推論したように、盲腸糞中には小腸からの流入物以外の盲腸内に分泌されたものも含まれるのではないかと考えた。

要 約

孵化後60日齢の単冠白色レグホーン種雄を光条件を変えたときおよび絶食時における盲腸糞の時刻別排泄の様相を48時間調査した。

- 1) 自然条件下で24時間絶食後は対照区と同様の排泄パターンを示し、排泄量は1/2に減少したが、排泄回数は変らなかった。
- 2) 終日明区では深夜に盲腸糞の排泄がみられ、腸糞および盲腸糞ともに排泄量は増加したが、排泄回数は変らなかった。
- 3) 終日暗区では盲腸糞の排泄ピークが遅れ10時~12時となり、1回あたりの排泄量は増加したが、排泄回数は対照区の約1/2に減少した。
- 4) 絶食時の盲腸内容物量の経時的变化は各時刻とも給食時よりも少なく、時刻別排泄量の推移とよく一致した。

第3節 盲腸に分布する血管および神経の切断が盲腸糞の排泄に及ぼす影響

盲腸糞の排泄は光条件により異なるので神経支配を受けるものと考えられ、また盲腸糞には盲腸内への分泌物も含まれているのではないかと本章第1節および第2節において推論した。この2点を実験的に明らかにするため、盲腸に分布する神経および血管を切断し、それが盲腸糞の排泄に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

供試鶏は4月22日に孵化した単冠白色レグホーン種雄を同一条件下で育成し、40日齢で各区10羽ずつの体重ができるだけそろるようにそれぞれ4区に分け、45日齢までに手術を終了した。手術に際しては、第2章第1節と同様の方法で前、中間、後回盲腸動・静脈とこれに付随した神経の切断区（血管・神経切断区）、前記血管に付随する神経のみの切断区（神経切断区）、さらに前記血管および神経のほかに前、後腸間膜動・静脈の盲腸枝とそれに付随した神経も切断した区および擬似手術を施した対照区とした。手術終了後の鶏は単飼ケージに収容し、表3-1に示した幼雛用配合飼料に魚粉10%を添加した粗蛋白質24%の飼料を自由に摂取させ、また水は自由飲水とした。腸糞および盲腸糞の時刻別排泄頻度の調査は自然条件下で65日齢（日の出4時52分、日没18時4分）に本章第1節と同様の方法で2昼夜にわたり行った。採取した腸糞および盲腸糞は個体別に1日分を集めて乾燥し、乾物重を求めた。

結果および考察

盲腸に分布する血管あるいは神経の切断が盲腸糞の排泄パターンにどのような影響を及ぼすかを調査した結果は図3-11および図3-12に示した通りである。対照区は図3-4および図3-5と同様に大きなピークがみられ、20

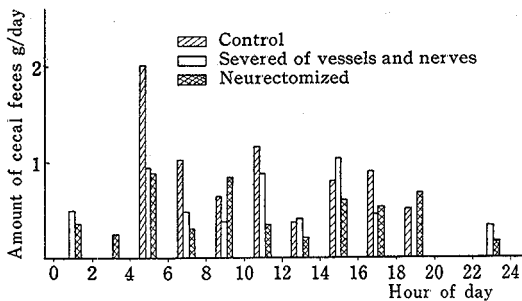


Fig. 3-11. Diurnal changes in amount of cecal feces when birds were severed the vessels and/or nerves of cecum (Mean of 10 birds, 65-day-old).

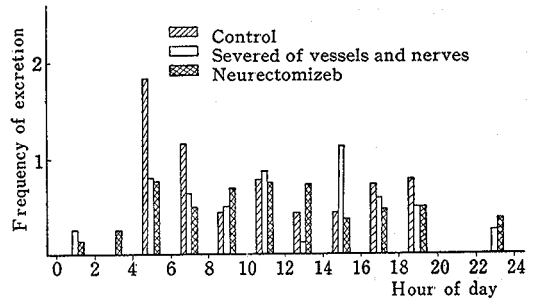


Fig. 3-12. Diurnal changes in excretory frequency of cecal feces when birds were severed the vessels and/or nerves of cecum (Mean of 10 birds, 65-day-old).

時以降翌朝4時までは排泄がみられなかった。これに反し、血管・神経切断区および神経のみの切断区では、対照区のように昼間の大きなピークはみられず、さらに深夜においても若干の排泄がみられた。

これらの結果を1日あたりに集計してまとめてみると表3-6のようである。すなわち1日あたりで比較すると、両切断区とも盲腸糞の排泄量および排泄回数は対照区より減少の傾向を示し、腸糞は逆に増加の傾向を示した。本実験においては飼料摂取量を測定していないが、一般に神経切断区は対照区より飼料摂取量が多くなることが推察された。同一飼料を給与している場合には、その消化率がほぼ一定である⁶⁶⁾ことから、排泄量の違いは飼料摂取量の差をよく反映するものである。このように切断区では飼料摂取量が多くなるにもかかわらず盲腸糞の排泄量が逆に減少することから、盲腸糞は必ずしも飼料摂取量ひいては小腸内容物の量に直接比例するとは考えら

Table 3-6. The amount and excretory frequency of cecal feces in chickens severed the cecal main vessels and/or neurectomized of cecum (Mean \pm S E M for 10 birds)

Age	Treatment of birds	Feces excretion per day (DM)			Frequency of excretion per day		
		Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	(B)/(A)	Rectal feces (A)	Cecal feces (B)	(B)/(A)
Day		(g)	(g)	(%)			(%)
	Control	15.4 \pm 0.9	1.5 \pm 0.2	9.7 \pm 0.2	40.0 \pm 3.8	6.4 \pm 0.7	16.1 \pm 0.7
65	Severed of vessels and nerves	19.7 \pm 1.7	1.1 \pm 0.1*	5.3 \pm 0.2**	44.1 \pm 2.4	5.7 \pm 0.8	12.8 \pm 0.9*
	Neurectomized	17.2 \pm 0.9	1.0 \pm 0.1*	5.8 \pm 0.1**	41.0 \pm 2.1	5.2 \pm 0.3	12.8 \pm 0.9*

*, **: Significantly different from control at 5 and 1% level, respectively.

れない。前，中間，後回盲腸動・静脈および前，後腸間膜動・静脈の盲腸枝とそれに付随する神経をも切断した区は盲腸糞の排泄があるのか否か判断とせず，腸糞と盲腸糞を識別することはできなかった。安川⁴⁵⁾は盲腸運動は盲腸頸管部を中心として起ることを観察している。本実験においては前，中間，後回盲腸動・静脈とそれに付随した神経を切断しても表3-6に示したように盲腸糞は減少するけれども排泄している。しかし，このほかに前，後腸間膜動・静脈とそれに付随した神経を切断すると盲腸糞の排泄は全くみられなくなった。この結果から盲腸糞の排泄を最も大きく支配する神経は盲腸狭部に分布する前，後腸間膜動・静脈の盲腸枝に付随する神経によるものと思われる。従って，盲腸に分布する全神経および全血管の切断は小腸内容物の盲腸内への流入ができず，さらに血液より内因性物質を盲腸内へ分泌することもなくなるので，その結果として盲腸糞の排泄が廃退したのであろう。しかし，いずれが主因であるかは両者を分離して切断する実験によらなければ確認することができない。

前，中間，後回盲腸動・静脈とそれに付随する神経を切断すると，盲嚢部の運動には異状をきたすが，盲腸頸管部は正常に運動する可能性がある。そのために小腸内容物の盲腸内への流入および盲腸糞の排泄はある程度可能であると考えられる。深夜に盲腸糞が排泄されることは，盲腸運動は光による影響の大きいことから，盲嚢部の神経切断は盲腸糞の排泄に盲腸狭部に分布する神経のみでは十分にコントロールできないことを物語っている。

要 約

孵化後45日齢の単冠白色レグホーン種雄雛の盲腸に分布する血管および神経を切断し，65日齢に自然条件下で2昼夜にわたり盲腸糞の排泄の様相を時刻別に調査した。

- 1) 前，中間，後回盲腸動・静脈およびそれに付随する神経の切断区では対照区のような昼間の大きなピークはみられず，若干深夜の排泄がみられた。
- 2) 血管・神経の切断区では盲腸糞の排泄量および排泄回数が対照区よりも減少の傾向を示した。
- 3) 盲腸に分布する全血管の切断区では盲腸糞の排泄がみられなかった。

第4節 総 括

盲腸糞の排泄パターンについて単冠白色レグホーン種雄を用い，成育期別における腸管の発達と盲腸糞排泄の様相を調べ，さらに光条件を変えたときと絶食時および盲腸に分布する血管と神経を切断した鶏についても調査した。

成育期別における腸管の発達は体重100gあたり十二指腸，小腸，盲腸および直腸は重量，長さともに初生時が最も大きく，腸の表面積では孵化後10日で最大値を示したが，その後は急激に低下し，70日齢以降はほぼ恒常的な値を示した。飼料(幼雛，中雛，大雛および成鶏用)を切り替えると幼雛用飼料のみで飼育したものよりも

盲腸が軽かった。小腸に対する盲腸の割合は30日齢から90日齢が大きかった。

腸糞は昼夜の別なく排泄され、その排泄量は成長するに従って増加したが、排泄回数はいかえって減少した。一方、盲腸糞の排泄は早朝の4時～5時にかけて大きなピークがみられ、深夜の排泄はみられなかった。30日齢および60日齢では1日約6g排泄されたが、90日齢および120日齢は2～3gに減少し、排泄回数も減少した。大島および五島⁴⁴⁾は盲腸運動に明暗周期と同調した日内リズムを認めており、上記実験でも深夜に排泄のみられなかったことから、終日明および暗について、また内因性物質の盲腸内分泌をみる目的で終食時について盲腸糞排泄の様相を調べた。その結果終日明区は深夜に排泄がみられ、腸糞および盲腸糞の排泄量は対照区よりも増加したが、排泄回数には差がなかった。終日暗区では盲腸糞の排泄ピークが遅れ10～12時となり、1回あたりの排泄量は増加したが排泄回数は減少した。また自然条件下で絶食区は対照区と同様の排泄パターンを示したが、排泄量は約1/2に減少した。腸糞に対する盲腸糞の割合は増加した。しかし、排泄回数は変らなかった。絶食時における盲腸内容物の経時的変化は各時間ともに給食時よりも少なく、時刻別排泄量の推移とよく一致した。これらの結果は大島と五島⁴⁴⁾の報告を裏付けるものであり、盲腸糞の排泄は神経支配によることが示唆され、さらに絶食時でも盲腸糞が相当量排泄されることから、盲腸内には内因性物質を分泌する可能性も考えられた。そこで雛の盲腸に分布する血管および神経を切断し、盲腸糞排泄の様相を調査した結果、盲腸に分布する前、中間、後回盲腸動・静脈およびこれに付随する神経の切断は深夜に盲腸糞の排泄がみられ、排泄量および排泄回数はともに対照区より減少した。さらに前、後腸間膜動・静脈の盲腸枝とそれに付随する神経を切断すると盲腸糞の排泄はみられなくなった。

以上の結果から、盲腸糞の排泄量は成育の初期ほど多く、その排泄運動は神経支配によるところが大きいことが判明した。また、盲腸内には内因性物質の分泌されることが示唆された。

第4章 盲腸糞の成分

緒 言

盲腸糞の排泄パターンおよび排泄量は日齢あるいは管理条件により異なった。また、給与飼料によっても異なることは第3章および海塩⁵⁾によっても報告されている。RÖSELER⁴⁰⁾によると、大麦給与時にはとうもろこし給与時よりも腸糞に対する盲腸糞の排泄割合が多くなることから、盲腸糞は小腸より流入した不消化物と盲腸内に蓄積された微生物に由来するものであると報告されている。しかし、第3章に示した実験結果から、盲腸糞は盲腸内に分泌された内因性物質に由来するものが多分にあるのではないかと推論した。鶏の盲腸内容物が内因性のものであると推論した研究報告は従来みられないが、LOESCHE⁶⁴⁾は無菌ラットおよび通常に飼育したマウスにカゼイン含量を異にする半精製飼料を給与して盲腸内容物中の窒素化合物を調べた結果、飼料中の蛋白質含量が変化しても盲腸内容物中の窒素含量は変化しないことから、盲腸内容物中の窒素成分は内因性のものであろうと推論している。また KENT and DRAPER⁶⁷⁾は、羊の盲腸から粘液物質が分泌することを認めている。RÖSELER⁴⁰⁾の述べているように盲腸内容物が小腸より流入した不消化物によるものであれば、給与飼料の影響を受けるはずである。

LOESCHE⁶⁴⁾の実験では蛋白質源として消化性の高いカゼインを用いているため、小腸遠位端では蛋白質の消化、吸収がほとんど完了していると考えられる。そのため盲腸内へ小腸からの流入があっても盲腸内容物の組成に変化が認められないのは当然であろう。従って、盲腸内容物が小腸からの流入物であるか否かを調べるためには、小腸遠位端内容物の組成が異なるような飼料を給与し、それらについて盲腸内容物の組成を比較することが

必要であると考えた。そこでカゼインとフェザーミールを蛋白源とする半精製飼料を給与し、盲腸糞排泄の様相と盲腸内容物の一般成分および窒素成分について調査し、これを小腸遠位端内容物と比較検討した。さらに第3章で推論したように盲腸糞中には内因性物質に由来するものが相当量あるとすれば、盲腸糞の排泄量と血液成分との間になんらかの関係があるものと考え、カゼイン含量を異にする半精製飼料を給与し、盲腸糞の排泄量および盲腸内容物の組成と血液中の窒素成分の関係について検討した。なおこの問題については、後述する第8章においてさらに詳細に検討することにする。

また盲腸内に滞留した内容物が盲腸糞として排泄したのち直ちに小腸内容物が盲腸内に流入するとすれば、そのときの盲腸内容物中の成分は小腸内容物組成の影響を受け、盲腸糞排泄の前後では盲腸内容物の組成に変化が生ずるものと考えられる。その点を明らかにするために、給食時および絶食時における盲腸内容物を経時的に採取し、その窒素分量を測定して比較検討した。

盲腸糞は腸糞よりも粗繊維含量が非常に少なく、これは盲腸内の微生物により粗繊維が消化されるためといわれている^{4,15)}。微生物により盲腸内で粗繊維が消化されるとすれば、小腸より流入した盲腸内容物は盲腸内での滞留時間によりその消化程度が異なるはずである。しかし、第3章で明らかにしたように、睡眠中には盲腸糞の排泄は通常行われないので内容物の盲腸内滞留時間は必然的に長くなる。そこで経時的に盲腸内容物中の粗繊維含量を測定し、盲腸内での粗繊維消化の有無についても検討した。

第1節 給与飼料の差違が盲腸糞の排泄と成分に及ぼす影響

盲腸糞の排泄量が給与飼料により異なり^{5,40)}、しかも盲腸糞が小腸より流入した不消化物に由来する^{13,14)}とすれば、消化性の低い飼料と高い飼料を給与した場合には当然盲腸内容物中の成分量に差が生じるものと考えられる。また第3章で推論したように、鶏の盲腸内に内因性物質が分泌されるとすれば、蛋白質レベルの異なる飼料を給与すると蛋白質の吸収量に差が生じ、そのため体内における窒素成分の代謝にも差違が生じるので、その結果内因的に盲腸内に分泌する成分量も変化して盲腸糞の排泄量、特に窒素分量にも影響が生じるものと考えた。以上の2点を検討するために、消化性の低いフェザーミール添加飼料およびカゼイン含量の異なる飼料を鶏に給与し、盲腸糞の排泄量と盲腸内容物中の一般成分および特に窒素成分について調査した。

材料および方法

同一条件下で飼育した70日齢の単冠白色レグホーン種雄12羽を平均体重がほぼ同一になるように6羽ずつの2区に分け、それぞれ代謝試験用ケージに収容した。

試験飼料はコーンオイル3.00%、珪酸アルミニウム1.00%、ミネラル混合物⁶⁸⁾ 5.36%、ビタミン混合物⁶⁸⁾ 1.22%を一定量とし、残り89.42%についてはフェザーミール添加（フェザーミール15%、コーンスターチ74.42%）およびカゼイン添加（ミルクカゼイン13%、セルロース1.5%、コーンスターチ74.92%）の半精製飼料を作製し、これをペレットにして1日1羽あたり80gを朝夕の2回（8時および16時）に等量ずつ分給した。なお水は自由飲水とした。試験飼料の一般成分は表4-1に示した。

Table 4-1. Chemical composition of diet (%)

Diet	Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
Semi-purified diet+15% F**	9.5	13.0	3.2	68.8	0.5	5.0
Semi-purified diet+13% C**	11.0	12.5	3.1	66.9	1.6	4.9

* Nitrogen free extract.

** F: Feather meal, C: Cascin.

ここに用いたフェザーミールは、あらかじめ鶏羽毛が十分浸漬できる程度の微温湯に中性洗剤を溶解し、湯はぎ直後の鶏羽毛を入れて汚れがおちるまで数回洗浄を繰り返した後、乾燥して 1M/M のふるいを付けた粉砕器で粉砕したものをを用いた。

試験飼料を給与した後、第 3 章第 1 節と同様の方法で 2 昼夜にわたり腸糞および盲腸糞の排泄量および排泄回数を調査した。また、盲腸および小腸遠位端内容物の成分含量を比較するために、盲腸内容物の多い排糞直前の午前 2 時に盲腸および小腸内容物を採取し、 -20°C に貯蔵して分析に供した。

次に、飼料中の蛋白質レベルが盲腸糞の排泄および成分に及ぼす影響を調査する目的で次の実験を実施した。同一条件下で育成した 70 日齢の単冠白色レグホーン種雄 40 羽を同一体重になるように各区 10 羽ずつの 4 区に分け、代謝試験用ケージに収容した。

試験飼料は前述のカゼイン添加飼料と同様の半精製飼料であるが、カゼイン含量のみを 0%、10%、20% および 30% になるようにコーンスターチに置き換えて配合した。これらの飼料はペレットとし、1 日 1 羽あたり 80 g ずつ朝夕の 2 回（8 時および 16 時）に等量ずつ分給した。なお水は自由に摂取させた。9 日間の予備飼育後、3 昼夜にわたり腸糞および盲腸糞の排泄量と排泄回数を測定した。排糞頻度調査後の鶏は 0.2 ml のヘパリン酸ナトリウム液（1 ml 中 1000 ヘパリン単位を含有）で湿した注射器で尺側皮静脈より 20 ml 採血した後、盲腸および小腸遠位端内容物をすでに述べた方法で午前 2 時に採取した。

盲腸および小腸遠位端内容物は、解凍後 A.O.A.C. 法⁶⁹⁾ により一般成分の分析を行うとともに、トリクロール酢酸を用いて除蛋白した後、ろ液についてマイクロケルダール法⁷⁰⁾ により非蛋白態窒素を定量した。尿酸態窒素およびアンモニア態窒素の定量には、腸管内容物 1~1.2 g を 50 ml 容メスフラスコに入れ、 0°C の純水 20 ml を加えて 0°C で 6 時間振盪した後、50 ml に定容して分析用原液とした。

尿酸の定量は、リタングステン酸比色法⁷¹⁾ を改良したジアグノテスター U（第一化学株式会社）を用いた。すなわち、分析用原液 4 ml に除蛋白液 1 ml を加えて混和し、15 分間放置後 2,000 rpm で 10 分間遠沈し、その上澄み液 2.5 ml を取り、15% 炭酸ナトリウム溶液 0.5 ml および呈色試薬 0.5 ml を加えて混和し、正確に 30 分間室温で放置した後、回折格子型光電比色計（島津スペクトロニック 20 A）を用い、波長 710 nm で測定した。

アンモニアの定量に際しては、分析用原液 1 ml に除蛋白液（1 N 硫酸 0.5 ml と 10% タングステン酸ナトリウム 0.5 ml の混液）を加えてよく混和した後、3,000 rpm で 5 分間遠沈を行い、その上澄み液 0.5 ml をとり、これにフェノール 5 g、ニトロプルシドソーダ 2.5 g を純水で 500 ml に定容したものおよび水酸化ナトリウム 2.5 g、リン酸二水素ナトリウム 26.8 g、アンチホルミン溶液 5 ml を純水で 500 ml に定容した各液 2.5 ml ずつを加えて攪拌混和し、 37°C で振盪した後、回折格子型光電比色計を用い、波長 625 nm でアンモニア態窒素を測定⁷²⁾ した。

血液については、全窒素は 0°C の純水で 5 倍稀釈した溶液 1 ml を、非蛋白態窒素は 5 倍稀釈血液を 20% トリクロール酢酸で除蛋白したろ液 3 ml を、尿酸態窒素は血液 0.5 ml に 0°C の純水 3.5 ml および除蛋白液 1.0 ml を加え混和したものを、またアンモニア態窒素は 0°C の純水で 10 倍に稀釈した血液をとり、それぞれ腸管内容物の場合と同様の方法で定量した。

なお自然排糞の状態では、尿が糞に付着して排泄される。この場合でも盲腸糞の大略の量は測定できるが、このようにして採取した盲腸糞には尿の一部が混入する恐れがあるので、これを分析してもその成分量、特に窒素成分についてはかなりの誤差が介入すると考えられる。そこでこの点を検討するために、上記の鶏と同一に育成して人工肛門を設着した 3 か月齢の単冠白色レグホーン種雄 20 羽を同数の 2 群に分け、代謝試験用ケージに収容し、表 3-1 に示した幼雛用配合飼料と前記カゼイン 13% 添加半精製飼料で 9 日間飼育した。最後の 3 日間に腸糞および盲腸糞を分けて採取した後、全供試鶏からすでに第 3 章第 2 節で述べたと同様の方法で盲腸および小腸遠

位端内容物を午前2時に採取した。採取した糞および腸管内容物は一般成分と窒素成分の分析を行い、糞と腸管内容物の成分含量を比較した。

結 果

フェザーミール15%添加飼料とカゼイン13%添加飼料を給与したときの腸糞および盲腸糞の排泄量ならびに排泄回数に及ぼす影響を調査した結果は表4-2に、また飼料の蛋白質レベルを変化させたときの成績を表4-3に示した。

Table 4-2. Effect of diet on amount and frequency of rectal and cecal feces
(Mean ± S E M for 6 birds)

Diet	Feces excretion per day						Frequency of excretion per day		
	Fresh feces			Dry feces			Rectal feces (A) (g)	Cecal feces (B) (g)	B/A (%)
	Rectal feces (A) (g)	Cecal feces (B) (g)	B/A (%)	Rectal feces (A) (g)	Cecal feces (B) (g)	B/A (%)			
Semi-purified diet+15% F*	53.6±13.6	0.9±0.1 ^a	1.8±0.7 ^a	15.3±1.7 ^a	0.2±0.0 ^a	1.3±0.8 ^a	24.8±4.3	1.3±0.3	6.5±1.9
Semi-purified diet+13% C*	33.6±2.6	1.8±0.4 ^b	5.7±0.6 ^b	8.4±0.4 ^b	0.4±0.1 ^b	4.8±1.6 ^b	25.1±1.4	1.9±0.3	7.6±1.3

* F: Feather meal, C: Casein.

Means a in significantly different from b at 1% level, respectively.

Table 4-3. Effect of dietary protein level on amounts of rectal and cecal feces and frequency of their excretion
(Mean ± S E M for 10 birds)

Semi-purified diet	Feces excreted per day (DM)			Frequency of excretion per day		
	Rectal feces (A) (g)	Cecal feces (B) (g)	B/A (%)	Rectal feces (A) (g)	Cecal feces (B) (g)	B/A (%)
Casein 0%	5.6±0.4	0.3±0.1 ^a	6.1±1.2	23.0±3.4	1.8±0.3 ^a	8.1±1.8 ^a
Casein 10%	6.9±0.6	0.3±0.1 ^a	4.4±1.6	25.2±1.4	1.3±0.3 ^a	5.6±1.2 ^a
Casein 20%	7.6±0.8	0.5±0.1 ^{ab}	8.2±2.1	26.3±2.3	3.1±0.4 ^b	13.2±2.3 ^b
Casein 30%	6.7±0.1	0.7±0.1 ^b	10.1±1.2	24.3±2.0	3.3±0.4 ^b	14.9±2.7 ^b

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

フェザーミールあるいはカゼイン添加飼料を同量給与すると、腸糞の排泄量はフェザーミール添加飼料ではカゼイン添加飼料に比して有意 ($P < 0.05$) に多くなった。これは後述するように、フェザーミールの消化率が悪くほとんど糞中に排泄されるためである。これに反し盲腸糞については、フェザーミール添加飼料はカゼイン添加飼料に比して有意 ($P < 0.05$) に少なく、その量は約1/2に低下した。なお排泄回数では、両区間に腸糞、盲腸糞とも差はみられなかった。

飼料の蛋白質レベルが腸糞および盲腸糞の排泄に及ぼす影響についてみると (表4-3)、腸糞は飼料中のカゼイン含量により排泄量および排泄回数ともに差はみられなかったが、盲腸糞ではカゼイン含量が10%より30%に増加するにつれて有意 (排泄量では $r = 0.61$, $P < 0.01$, 排泄回数では $r = 0.54$, $P < 0.01$ で正の相関関係) に高くなることが分かった。

次にフェザーミールおよびカゼイン添加飼料ならびに飼料中の蛋白質レベルをかえたときの腸管内容物の一般成分および窒素成分の分析値を表4-4、表4-5、表4-6 および 表4-7に示した。すなわち、乾物中における粗蛋

Table 4-4. Effect of dietary composition on the chemical components of lower ileal and cecal contents in chickens
(Mean ± S E M for 6 birds)

Intestine	Diet	Moisture	Dry matter basis (%)					
			Crude protein	True protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
Lower ileum	Semi-purified diet+15% F*	77.1±0.6	60.2±2.0 ^a	53.4±1.6	5.2±0.4	14.4±3.4 ^a	3.4±0.7 ^a	16.8±0.2 ^a
	Semi-purified diet+13% C*	76.2±1.1	17.3±0.3 ^b	2.9±0.2	5.2±0.6	37.6±1.0 ^b	15.1±0.4 ^b	24.9±0.9 ^b
Cecum	Semi-purified diet+15% F*	88.1±0.2	46.9±1.4	0.1±0.2	4.5±0.4	25.1±5.3	0.8±0.3	22.7±0.3
	Semi-purified diet+13% C*	80.2±2.1	49.6±4.5	1.1±0.4	4.5±0.8	21.5±3.0	0.5±0.1	24.1±2.7

*: F: Feather meal, C: Casein.

Mean a in significantly different from b at 1% level, respectively.

Table 4-5. Effect of dietary protein level on chemical components of lower ileal and cecal content in chickens
(Mean ± S E M for 10 birds)

Intestinal contents	Semi-purified diet	Moisture (%)	Dry matter basis (%)				
			Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
Lower ileal	Casein 0%	65.1±7.8 ^a	10.2±1.3 ^a	4.3±1.4	48.4±7.4	13.9±1.8	23.4±4.4
	Casein 10%	76.2±1.0 ^b	14.8±0.8 ^b	3.8±1.7	41.2±2.4	16.0±0.4	24.2±1.2
	Casein 20%	76.8±1.8 ^b	25.0±3.2 ^c	4.7±1.3	33.9±3.6	16.4±1.7	24.0±1.2
	Casein 30%	78.1±2.3 ^b	26.7±2.9 ^c	2.3±0.5	29.8±3.9	19.2±1.4	22.0±1.2
Cecum	Casein 0%	83.2±4.3	51.5±1.6 ^a	5.8±0.4 ^a	19.8±4.7 ^a	0.4±0.2	22.5±0.7 ^{ab}
	Casein 10%	78.8±1.9	50.4±2.7 ^a	4.7±0.9 ^a	24.5±1.7 ^a	0.5±0.3	19.9±0.9 ^a
	Casein 20%	75.5±0.8	46.3±2.3 ^b	2.9±0.4 ^b	26.8±2.1 ^b	0.4±0.2	23.6±0.6 ^{bc}
	Casein 30%	76.3±0.5	46.0±0.8 ^b	2.1±0.4 ^b	26.2±2.2 ^b	0.3±0.4	25.4±0.6 ^c

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

Table 4-6. Effect of diets on the nitrogenous components of lower ileal and cecal content
(Mean ± S E M for 6 birds)

Intestine	Diet	Dry matter basis				
		Total N (mg/g)	Protein N (mg/g)	Non-protein N (mg/g)	Uric acid N (μg/g)	Ammonia N (mg/g)
Lower ileum	Semi-purified diet+15% F*	96.2±3.2 ^a	85.4±2.6 ^a	10.8±2.6 ^a	398±61	1.0±0.1
	Semi-purified diet+13% C*	27.6±0.5 ^b	4.7±0.3 ^b	22.9±1.0 ^b	347±13	1.0±0.0
Cecum	Semi-purified diet+15% F*	70.2±4.0	0.2±0.4	70.0±4.3	856±13	11.3±0.9
	Semi-purified diet+13% C*	79.0±6.4	1.8±0.6	77.2±2.2	889±69	9.0±1.0

*: F: Feather meal, C: Casein.

Means a in significantly different from b at 1% level, respectively.

Table 4-7. Effect of dietary protein level on nitrogenous components of lower ileal and cecal content
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Intestine	Semi-purified diet	Dry matter basis				
		Total N (mg/g)	Protein N (mg/g)	Non-protein N (mg/g)	Uric acid N (μ g/g)	Ammonia N (mg/g)
Lower ileum	Casein 0%	16.3 \pm 3.3 ^a	3.0 \pm 0.2 ^a	13.3 \pm 1.9 ^a	79 \pm 1 ^a	0.9 \pm 0.1
	Casein 10%	23.8 \pm 1.8 ^a	4.8 \pm 0.7 ^b	19.0 \pm 2.0 ^b	327 \pm 64 ^b	0.9 \pm 0.1
	Casein 20%	40.0 \pm 4.9 ^b	4.0 \pm 0.8 ^{ab}	36.0 \pm 7.9 ^b	261 \pm 29 ^b	1.5 \pm 0.3
	Casein 30%	42.7 \pm 2.0 ^b	9.3 \pm 1.3 ^c	33.4 \pm 4.0 ^b	474 \pm 125 ^b	1.7 \pm 0.2
Cecum	Casein 0%	82.4 \pm 1.8	0.4 \pm 0.8	82.0 \pm 5.3	546 \pm 107	8.5 \pm 1.2
	Casein 10%	80.6 \pm 4.8	2.4 \pm 1.2	78.2 \pm 5.9	849 \pm 136	9.5 \pm 0.4
	Casein 20%	74.6 \pm 4.3	1.1 \pm 1.0	73.2 \pm 3.4	811 \pm 85	7.2 \pm 0.5
	Casein 30%	73.6 \pm 2.0	0.5 \pm 1.0	73.1 \pm 1.7	879 \pm 120	7.3 \pm 0.5

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

白質含量は、小腸遠位端内容物ではフェザーミール添加により著しく高くなり ($P<0.01$)、フェザーミール蛋白質の消化が非常に劣ることを示している。これに反し、盲腸内容物ではフェザーミール添加により有意に変化したとは考えられなかった。粗脂肪では小腸遠位端内容物および盲腸内容物ともにフェザーミール添加による差はみられず、粗繊維および粗灰分では小腸遠位端内容物は有意 ($P<0.01$) に低下したが、盲腸内容物では差はみられなかった。以上の結果を反映して可溶無窒素物では小腸遠位端内容物はフェザーミール添加により有意 ($P<0.01$) に低下したが、盲腸内容物では有意差はみられなかった。

飼料中の蛋白質レベルが異なる飼料を給与したときの小腸遠位端および盲腸内容物の水分含量は、カゼイン含量が高くなるに従って小腸遠位端内容物では増加し、盲腸内容物では逆に低下する傾向がみられた。乾物中の粗蛋白質含量も、小腸遠位端内容物ではカゼイン含量が高くなるに従って増加 ($r=0.92, P<0.01$) し、盲腸内容物では逆に減少 ($r=-0.39, P<0.05$) した。小腸遠位端内容物の粗脂肪含量は、カゼイン含量による一定の傾向を認めることはできなかったが、盲腸内容物ではカゼイン含量の増加につれて減少 ($r=-0.66, P<0.01$) することが認められた。粗繊維含量は小腸遠位端および盲腸内容物ともにカゼイン含量による影響は認められなかった。なお粗灰分含量については、小腸遠位端内容物では全く影響はみられなかったが、盲腸内容物ではカゼイン10%より30%までは有意 ($r=0.61, P<0.01$) に増加した。可溶無窒素物はカゼイン含量の増加につれて小腸遠位端内容物ではその含量が減少 ($r=-0.45, P<0.01$) し、盲腸内容物では逆に増加 ($r=0.40, P<0.01$) した。

フェザーミール添加飼料給与時の小腸遠位端内容物は全窒素、蛋白態窒素ともにカゼイン添加飼料給与時よりも有意 ($P<0.01$) に高く、フェザーミールの消化性の低いことを示している。非蛋白態窒素では逆にフェザーミール添加飼料の方が低く、尿酸態窒素およびアンモニア態窒素では両飼料間に有意差はみられなかった。盲腸内容物では、フェザーミールまたはカゼイン添加による有意差はいずれの窒素成分にも認められなかった。なお窒素化合物は両飼料区ともにほとんどが非蛋白態窒素よりなり、小腸遠位端内容物に比して非蛋白態、尿酸態およびアンモニア態窒素はともに2~10倍にも達した。

次に飼料中の蛋白質レベルによる影響をみると、小腸遠位端内容物ではいずれの窒素成分もカゼイン含量が多くなるに従って有意 (全窒素 $r=0.73, P<0.01$, 蛋白態窒素 $r=0.59, P<0.01$, 非蛋白態窒素 $r=0.38, P<0.05$, 尿酸態窒素 $r=0.39, P<0.05$, アンモニア態窒素 $r=0.85, P<0.01$) に高くなった。これに対し盲腸内容物では、カゼイン0%で尿酸態窒素含量が低い傾向を示した以外はいずれの区間にも有意差がみられなかった。なお表4-6と同様に窒素化合物の98.5%が非蛋白態窒素であった。

のちに述べるごとく、腸糞および盲腸糞の成分は、それぞれ小腸遠位端および盲腸内容物の成分をもって代用できることが分かったので表4-2、表4-3および表4-4~7の数値より、腸糞および盲腸糞の1日あたり成分別排泄量および窒素成分量を算出して表4-8、表4-9、表4-10および表4-11に示した。腸糞として排泄された粗蛋白

Table 4-8. Effect of dietary composition on the chemical components of rectal and cecal feces in chickens
(Mean \pm S E M for 6 birds)

Feces	Diet	Crude protein (mg/day)	True protein (mg/day)	Crude fat (mg/day)	N-free extract (mg/day)	Crude fiber (mg/day)	Crude ash (mg/day)
Rectum	Semi-purified diet+15% F*	9168 \pm 540 ^a	8078 \pm 67 ^a	792 \pm 71 ^a	2147 \pm 92 ^a	518 \pm 19 ^a	2542 \pm 189 ^a
	Semi-purified diet+13% C*	1439 \pm 18 ^b	293 \pm 2 ^b	435 \pm 48 ^b	3164 \pm 40 ^b	1263 \pm 36 ^b	2083 \pm 45 ^b
Cecum	Semi-purified diet+10% F*	75 \pm 1 ^a	1 \pm 1	8 \pm 0 ^a	40 \pm 2 ^a	1 \pm 1	36 \pm 1 ^a
	Semi-purified diet+13% C*	176 \pm 6 ^b	4 \pm 1	16 \pm 3 ^b	77 \pm 3 ^b	2 \pm 1	86 \pm 6 ^b

*: F: Feather meal, C: Casein.

Means a in significantly different from b at 1% level, respectively.

Table 4-9. Effect of dietary protein level on chemical components of rectal and cecal feces in chickens
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Feces	Dietary casein level	Crude protein (mg/day)	True protein (mg/day)	Crude fat (mg/day)	N-free extract (mg/day)	Crude fiber (mg/day)	Crude ash (mg/day)
Rectum	0	825 \pm 52 ^a	15 \pm 3	348 \pm 56 ^a	3916 \pm 30 ^a	1125 \pm 72 ^a	1877 \pm 176
	10	1021 \pm 53 ^b	207 \pm 28	262 \pm 26 ^b	2843 \pm 403 ^b	1104 \pm 26 ^a	1670 \pm 176
	20	1900 \pm 473 ^{bc}	190 \pm 28	359 \pm 36 ^a	2576 \pm 720 ^b	1246 \pm 162 ^{ab}	1520 \pm 141
	30	1922 \pm 209 ^c	329 \pm 51	166 \pm 3 ^c	2146 \pm 314 ^b	1382 \pm 72 ^b	1584 \pm 71
Cecum	0	141 \pm 4 ^a	3 \pm 1	16 \pm 1 ^a	56 \pm 7 ^a	1 \pm 1	62 \pm 2 ^a
	10	131 \pm 26 ^a	4 \pm 3	12 \pm 1 ^b	65 \pm 4 ^a	1 \pm 1	52 \pm 4 ^a
	20	245 \pm 59 ^{ab}	4 \pm 5	15 \pm 1 ^a	144 \pm 20 ^b	2 \pm 1	125 \pm 8 ^b
	30	354 \pm 32 ^b	3 \pm 1	16 \pm 1 ^a	179 \pm 19 ^b	2 \pm 1	191 \pm 5 ^c

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

Table 4-10. Effect of diets on the nitrogen excretion in rectal and cecal feces
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Feces	Diet	Total N (mg/day)	Protein N (mg/day)	Non-protein N (mg/day)	Uric acid N (μ g/day)	Ammonia N (mg/day)
Rectum	Semi-purified diet+15% F*	1455.5 \pm 22.8 ^a	1292.1 \pm 10.7 ^a	163.4 \pm 11.4 ^a	6021 \pm 456 ^a	14.5 \pm 0.5 ^a
	Semi-purified diet+13% C*	230.1 \pm 1.0 ^b	46.8 \pm 0.3 ^b	183.2 \pm 0.4 ^b	283 \pm 47 ^b	8.1 \pm 0.1 ^b
Cecum	Semi-purified diet+15% F*	7.5 \pm 0.4 ^a	0.0 \pm 0.0 ^a	7.5 \pm 0.6 ^a	92 \pm 5 ^a	1.2 \pm 0.1 ^a
	Semi-purified diet+13% C*	28.1 \pm 1.0 ^b	0.6 \pm 0.1 ^b	27.4 \pm 2.0 ^b	316 \pm 78 ^b	3.2 \pm 0.2 ^b

*: F: Feather meal, C: Casein.

Means a in significantly different from b at 1% level, respectively.

Table 4-11. Effect of protein level of diet on the excretion of nitrogenous components in rectal and cecal feces in chickens
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Feces	Diet	Total N (mg/day)	Protein N (mg/day)	Non-protein N (mg/day)	Uric acid N (μ g/day)	Ammonia N (mg/day)
Rectum	Casein 0%	131.9 \pm 2.9 ^a	24.3 \pm 0.4	107.6 \pm 0.9 ^a	785 \pm 23 ^a	6.9 \pm 0.1 ^a
	Casein 10%	164.2 \pm 8.5 ^b	33.1 \pm 4.5	131.1 \pm 12.8 ^a	2256 \pm 464 ^b	6.2 \pm 0.3 ^a
	Casein 20%	304.0 \pm 75.7 ^{bc}	30.4 \pm 4.4	273.0 \pm 39.2 ^b	1894 \pm 294 ^b	11.3 \pm 0.5 ^b
	Casein 30%	307.4 \pm 33.5 ^c	52.6 \pm 8.2	240.5 \pm 36.1 ^b	3391 \pm 856 ^b	12.5 \pm 0.9 ^b
Cecum	Casein 0%	22.6 \pm 7.1 ^{ab}	0.4 \pm 0.0	22.5 \pm 1.1 ^a	150 \pm 22 ^a	2.3 \pm 0.2 ^a
	Casein 10%	21.0 \pm 4.3 ^a	0.6 \pm 0.4	20.3 \pm 4.9 ^a	285 \pm 62 ^{ab}	2.5 \pm 0.5 ^{ab}
	Casein 20%	39.3 \pm 9.6 ^{bc}	0.6 \pm 0.8	38.7 \pm 8.1 ^{ab}	430 \pm 100 ^{bc}	4.9 \pm 1.1 ^{bc}
	Casein 30%	55.2 \pm 5.1 ^c	0.4 \pm 0.1	54.8 \pm 4.3 ^b	655 \pm 88 ^c	7.0 \pm 0.4 ^c

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

質は、不消化物の多いフェザーミール添加飼料給与によりカゼイン添加飼料給与の約6.5倍にも達した。粗脂肪、粗灰分でもフェザーミール添加飼料の方が有意 ($P < 0.05$) に多く排泄されたが、可溶無窒素物、粗繊維では逆にフェザーミール添加飼料の方が有意 ($P < 0.05$) に少なかった。盲腸糞では粗繊維の排泄量が1~2mgと非常に少なく、両飼料間に有意差がみられなかった以外は、各成分ともフェザーミール添加飼料の方が有意 ($P < 0.01$) に少なく、カゼイン添加飼料の約1/2の排泄量であった。

飼料中の蛋白質レベルによる成分別排泄量は、腸糞では粗蛋白質および粗繊維はカゼイン含量が高くなるに従って有意 ($r = 0.36, P < 0.05$ および $r = 0.33, P < 0.05$) に増加したが、可溶無窒素物では逆に有意 ($r = -0.42, P < 0.01$) に減少した。他の成分では、カゼイン含量による一定の傾向を示さなかった。盲腸糞は腸糞と異なり、カゼイン0%区は粗脂肪および粗灰分の排泄量が10%区よりもわずかに増加したが、粗繊維を除く他の成分はカゼインの配合量が10%より増加するに従って排泄量も増加 (粗蛋白質 $r = 0.59, P < 0.01$, 粗脂肪 $r = 0.49, P < 0.01$, 可溶無窒素物 $r = 0.78, P < 0.01$, 粗灰分 $r = 0.89, P < 0.01$) し、特に10%から20%になると急激な増加がみられた。なお粗繊維の排泄量は各区とも1~2mgの範囲で区間による差はみられなかった。

1日間に腸糞中に排泄された窒素成分量はフェザーミール添加飼料の給与により非蛋白態窒素以外はいずれもカゼイン添加飼料給与時よりも有意 ($P < 0.01$) に多く、非蛋白態窒素では逆にカゼイン添加飼料給与時の方が有意 ($P < 0.05$) に多かった。盲腸糞中への排泄量では、いずれの窒素成分もフェザーミール添加飼料給与の方が有意 ($P < 0.01$) に少なく、カゼイン添加飼料の1/3~1/4であった。

飼料中の蛋白質レベルによる差をみると、腸糞中に排泄された各窒素成分量は、いずれの成分もカゼイン含量が高くなるに比例して増加 (全窒素 $r = 0.50, P < 0.01$, 蛋白態窒素 $r = 0.49, P < 0.01$, 非蛋白態窒素 $r = 0.55, P < 0.01$, 尿酸態窒素 $r = 0.47, P < 0.01$, アンモニア態窒素 $r = 0.51, P < 0.01$) した。

盲腸糞中への排泄量も、カゼイン含量が高くなると蛋白態窒素以外はいずれも増加 (全窒素 $r = 0.52, P < 0.01$, 非蛋白態窒素 $r = 0.62, P < 0.01$, 尿酸態窒素 $r = 0.64, P < 0.01$, アンモニア態窒素 $r = 0.67, P < 0.01$) したが、特にカゼイン含量が10%から20%になると急激な増加を示した。蛋白態窒素は各区とも0.4~0.6mgの排泄量にすぎず、各区間に有意な差はみられなかった。

飼料中のカゼイン含量と血液中の窒素成分の関係は表4-12に示した通りである。いずれの窒素成分もカゼイン0%は10%区よりもわずかに高い値を示したが20%区までは大差がみられなかった。しかし、30%区ではアンモニア態窒素を除く他の窒素成分は有意 ($P < 0.05$) に増加した。また0%区を除くとカゼイン含量と血液中の窒素

Table 4-12. Effect of dietary protein level on nitrogenous components of blood in chickens
(Mean \pm S E M for 10 birds)

	Total N (mg/ml)	Protein N (mg/ml)	Non-protein N (mg/ml)	Uric acid N (μ g/ml)	Ammonia N (μ g/ml)
Casein 0%	26.7 \pm 0.6 ^a	25.6 \pm 0.4 ^a	1.0 \pm 0.0 ^a	251.1 \pm 10.1 ^a	27.6 \pm 1.1
Casein 10%	26.4 \pm 0.5 ^a	25.4 \pm 0.3 ^a	1.0 \pm 0.0 ^a	229.0 \pm 13.4 ^{ab}	23.6 \pm 1.5
Casein 20%	26.5 \pm 0.4 ^a	25.4 \pm 0.2 ^a	1.1 \pm 0.0 ^a	260.4 \pm 12.6 ^a	28.0 \pm 0.7
Casein 30%	31.7 \pm 0.4 ^b	30.5 \pm 0.9 ^b	1.2 \pm 0.0 ^b	363.6 \pm 13.4 ^b	34.4 \pm 2.4

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

成分量との間に正の相関々係 (全窒素 $r=0.51$, $P<0.01$, 蛋白態窒素 $r=0.51$, $P<0.01$, アンモニア態窒素 $r=0.40$, $P<0.05$) が認められた。

そこで表4-11に示した1日間に排泄された盲腸糞中の各窒素成分量と表4-12に示した血液中の窒素成分量との関係を検討してみると, 全窒素 ($r=0.32$, $P<0.05$) 非蛋白態窒素 ($r=0.73$, $P<0.01$), アンモニア態窒素 ($r=0.33$, $P<0.05$) でいずれも正の相関関係がみられた。

すでに述べたように, 自然状態で採取した糞には尿の混入することが考えられたので, 糞中成分を腸管内容物の成分から推定することができるかどうかを検討してみた。すなわち, 人工肛門より排泄される糞には尿の混入がなく, また腸糞と盲腸糞が分離して排泄されることがしばしばあるので, 両糞を分別採取することは比較的容易である。従って, 人工肛門設着鶏に慣用の配合飼料ならびにカゼイン13%添加半精製飼料を給与したときの両糞を分別採取し, その一般成分を測定して表4-13に示した。さらに両糞の窒素成分については表4-14に示した。なお糞の成分と腸管内容物の成分を対比するために, 腸管内容物の分析結果をそれぞれ表4-13および表4-14に併せ示した。その結果, カゼイン13%添加半精製飼料給与時の小腸遠位端内容物と腸糞との間で粗灰分に有意差 ($P<0.05$) を認めたほかは, 飼料あるいは成分のいかにかわらず小腸遠位端内容物と腸糞, または盲腸内容物と盲腸糞の間に有意差を認めることはできなかった。すなわち, 腸糞および盲腸糞の成分を小腸遠位端および盲腸内容物の成分から推定することが可能であると考えられる。

Table 4-13. Comparison of chemical components between lower ileal content and rectal feces, and between cecal content and cecal feces
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Diet	Contents and feces	Moisture (%)	Dry matter basis (%)					
			Crude protein	True protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
Stock diet	Lower ileal contents	78.7 \pm 2.6	16.3 \pm 1.8	6.5 \pm 1.8	7.0 \pm 0.9	49.5 \pm 2.3	14.1 \pm 1.8	13.1 \pm 0.5
	Rectal feces	78.6 \pm 2.8	15.7 \pm 2.3	6.3 \pm 1.7	6.5 \pm 0.4	49.6 \pm 3.3	14.5 \pm 1.4	14.0 \pm 1.4
	Cecal contents	81.5 \pm 2.1	49.6 \pm 3.1	0.9 \pm 0.4	6.9 \pm 0.6	23.4 \pm 4.4	6.3 \pm 1.3	13.8 \pm 3.8
	Cecal feces	81.2 \pm 2.4	48.2 \pm 2.7	0.9 \pm 0.6	6.9 \pm 1.8	26.8 \pm 5.7	5.3 \pm 1.4	12.8 \pm 2.6
Semi-purified diet (Casein 13%)	Lower ileal contents	75.1 \pm 2.7	17.2 \pm 0.2	3.7 \pm 1.9	5.2 \pm 0.3	35.7 \pm 1.0	15.1 \pm 0.7	26.9 \pm 0.9 ^a
	Rectal feces	75.0 \pm 3.6	16.7 \pm 0.3	3.6 \pm 1.7	5.1 \pm 0.7	39.3 \pm 1.2	14.8 \pm 0.8	24.1 \pm 0.4 ^b
	Cecal contents	81.2 \pm 3.1	49.5 \pm 0.8	1.1 \pm 0.4	5.9 \pm 1.2	16.4 \pm 3.2	4.8 \pm 1.3	23.4 \pm 2.1
	Cecal feces	80.7 \pm 2.6	49.7 \pm 1.6	1.2 \pm 0.5	6.2 \pm 0.7	16.0 \pm 4.0	6.9 \pm 2.0	21.2 \pm 2.7

Means a in significantly different from b at 5% level, respectively.

Table 4-14. Comparison of nitrogenous components between lower ileal content and rectal feces, and between cecal content and cecal feces (Mean ± S E M for 10 birds)

Diet	Contents and feces	Dry matter basis						
		Moisture (%)	Total N (mg/g)	Non-protein N (mg/g)	Uric acid N (μg/g)	Ammonia N (μg/g)	Urea N (μg/g)	
Stock diet	Lower ileal contents	78.7±2.6	26.1±3.1	15.6±2.5	266.7±	23.0	2008.0±238.0	666.7±86.9
	Rectal feces	78.6±2.8	25.4±3.7	15.3±1.1	361.0±	53.1	1738.5±111.7	612.7±55.9
	Cecal contents	81.5±2.1	79.3±2.8	78.4±2.3	1116.5±	27.5	8323.6±768.0	769.1±18.9
	Cecal feces	81.2±2.8	78.6±3.1	78.1±2.6	1254.3±	48.1	8014.3±416.3	848.6±52.4
Semi-purified diet (Casein 13%)	Lower ileal contents	75.1±2.7	27.5±3.2	21.9±1.0	339.0±	15.2	976.4±	86.7
	Rectal feces	75.0±3.6	26.7±2.8	21.4±2.1	372.6±	52.6	875.3±	59.4
	Cecal contents	87.2±3.1	79.4±5.1	78.7±3.1	787.2±104.3	9245.0±894.1	—	—
	Cecal feces	80.7±2.6	79.8±3.1	79.8±4.3	897.3±	86.0	9304.8±538.3	—

— Not determined.

考 察

まず、糞の成分を腸管内容物の成分から推定することについて考えてみる。尿成分の混在しない糞を得るために人工肛門の設着を行った試験においては、排泄された腸糞および盲腸糞とともに総排泄腔を経由していない。そのため直腸部の滞留時間は人工肛門非設着鶏に比して短縮されているかもしれない。しかし、人工肛門非設着鶏でも直腸に内容物が常在することはないので、この部位を通過する時間は極めて短いものと考えられる。すなわち、通常鶏において盲腸糞および腸糞の成分を推定するために、それぞれ午前2時に採取した盲腸内容物および小腸遠位端内容物の成分で代用することは可能であると考えられる。なお表4-13および表4-14より明らかに、腸糞と盲腸糞では後者の粗蛋白質が著しく高く、可溶無窒素物および粗繊維は逆に低下していた。粗蛋白質が著しく高くなるにもかかわらず、純蛋白質の含量は逆に著しく低下したが、これは盲腸内容物の窒素成分として非蛋白態窒素中、特にアンモニア態および尿酸態窒素の量が極めて増加している。これらのことについては後で考察することにする。

盲腸糞の排泄は量、回数ともに給与飼料により異なり、特にフェザーミールのように消化性の悪いものを給与すると、蛋白質含量は同じ程度でもカゼイン飼料給与時より有意に少なくなり、またカゼインを蛋白源とした半精製飼料では、蛋白質レベルが高くなると排泄量および回数ともに増加した。RÖSELER⁴⁰⁾によると盲腸糞の排泄量は給与飼料により影響されると述べているが、本実験でも表4-3にみられるように、カゼイン20%および30%飼料の給与により盲腸糞の排泄量が著しく増加した。この結果は、海塩⁵⁾およびRÖSELER⁴⁰⁾の報告と一致するものである。

小腸遠位端および盲腸内容物の一般成分についてみると、フェザーミール添加飼料はカゼイン添加飼料に比して小腸遠位端内容物の粗蛋白質含量が有意に高く、可溶無窒素物、粗繊維および粗灰分では有意に低い値を示した。これに対し盲腸内容物では両区間に有意差がみられなかった。さらに飼料中の蛋白質レベルが高くなると、小腸遠位端内容物では粗蛋白質含量は高くなるが、盲腸内容物では逆に低くなった。以上のごとく、小腸遠位端内容物と盲腸内容物ではその成分の差が大きく、かつその飼料による変化が異なることから、盲腸内容物は小腸遠位端内容物によって直接的な影響を受けないものと考えられる。粗繊維については本章第3節で述べるが、BROWNE⁴⁷⁾およびAKESTERら⁶⁵⁾は盲腸内には粗繊維の少ない流動体の微粒子のみが流入すると報告している。

本実験でも、盲腸内容物は小腸遠位端内容物よりも粗繊維含量が著しく少なかったが、このことは BROWNE⁴⁷⁾ および AKESTER ら⁶⁵⁾ の推論を裏付けるものである。

盲腸内容物中の粗灰分含量は盲腸糞排泄量の多いものほど高くなった。これは飼料中の蛋白質含量が高くなれば小腸からのミネラル吸収量が増加し、その反面、盲腸内への分泌量が増加する⁷⁸⁾ことから、盲腸糞の排泄量と粗灰分含量との間には特別な関係があるものと考えられる。

小腸遠位端内容物と盲腸内容物の窒素成分に著しい差がみられることは、小腸内容物が盲腸内に流入する際、その一部が単純に移動するのではなく、回盲腸部のバルブ様機構によるろ過作用を受けて微粒子あるいは可溶性物質のみが盲腸内に流入する(本章第3節)ことを示すものである。また、小腸遠位端内容物の窒素含量は給与飼料により有意に変化するが、盲腸内容物では給与飼料による差がほとんどみられないことは、第3章で推論したように、盲腸内には内因的に窒素成分が分泌される可能性を示すものである。従って、盲腸を通過しないで直腸に達する腸管内容物と盲腸内容物とは、その組成が異なることは当然である。LOESCHE⁶⁴⁾は無菌ラットおよび通常のマウスにカゼイン0~20%を含む半精製飼料を8~10日間給与し、盲腸内容物中の窒素含量が給与飼料の蛋白質レベルによっては変化されないことを明らかにし、その結果から、盲腸内容物中の窒素化合物は内因性のものであると推論した。本実験でも、給与飼料が変わっても盲腸内容物中の窒素含量に影響がみられず、また盲腸内容物中の含窒素物はその大部分が非蛋白態窒素であり、小腸遠位端内容物とは著しくその性状を異にしていた。無蛋白質飼料給与時でも盲腸内容物の尿酸態窒素がわずかに低下したが、全窒素としてみると必ずしも低下しなかったことから、盲腸内容物の含窒素物には盲腸内に分泌される内因性物質に由来するものもあると考えられる。

腸糞および盲腸糞として排泄された各窒素成分は、フェザーミール添加飼料では腸糞中への排泄量が増加しても盲腸糞中への排泄量は増加せず、腸糞中への排泄量と盲腸糞中への排泄量との間に一定の傾向はみられなかった。飼料中の蛋白質レベルを変えた飼料を給与したときに、カゼイン含量が多くなるほど腸糞中への窒素成分の排泄量は増加した。また盲腸糞中への排泄量も、全窒素、非蛋白態窒素ではカゼイン0%区が10%区よりもわずかに高くなったほかは、カゼイン含量の高いものほど多く排泄された。飼料中のカゼイン含量が多くなると、小腸遠位端内容物中の蛋白態窒素は増加した。NISAN and ALUMOR¹⁸⁾ および OLSON and MANN¹⁴⁾ が推論したように、小腸内で消化しなかった蛋白質がそのまま盲腸内へ流入するとすれば、盲腸糞中に排泄される窒素成分は腸糞中のそれと同一な傾向を示すことになる。しかし、実際には、盲腸糞と腸糞中に排泄される窒素成分のパターンは全く異なっていた。この点については、血液中の窒素成分と併せて後に考察することにする。

アンモニアの産生について、藤田⁷⁴⁾ はペニシリンを添加(200 ppm)した飼料を雛に給与し、腸球菌によるアルギニン分解と消化管内アンモニア産生との関係を調べ、嚙嚢、小腸および盲腸内容物中のアンモニア量はペニシリン添加により有意に減少することを認め、腸管内で腸球菌群がアルギニン分解に関与することを推定した。この結果は、盲腸内容物中に含まれるアンモニアの一部が腸管内のバクテリアにより産生される可能性を示唆するものである。しかし、盲腸内容物中に特に多いアンモニアの大部分が微生物の産生によるとする実験的証明はなされておらず、大半の部分についての由来は不明であるため、これらについても検討する必要がある。

血液中の窒素成分含量と盲腸糞中に排泄された窒素成分は比例し、しかも食下飼料中の可消化蛋白質が増加すればそれにつれて各々の窒素成分が増加した。後述するように(第5章)、盲腸内容物のpHが盲腸内分泌物のpHと相似であり、血液のpHによって影響される傾向がみられたこと、また前述したように(第3章)絶食時でも相当量の盲腸糞が排泄されたことなどから、鶏では不要となった窒素成分の相当量を盲腸内へ分泌することにより、体外へ排泄されるものと推察される。TASAKI and OKUMURA⁴⁸⁾ は5か月齢の人工肛門設着鶏にカゼイ

ンレベルの異なる半精製飼料を給与すると、尿中に排泄される窒素化合物はカゼインレベルが高くなるにつれて増加するが、無蛋白質飼料給与鶏は全窒素でカゼイン3%区よりも多く、アンモニア、尿素およびクレアチニンではカゼイン12%区よりも多く排泄したことを報告し、また Okumura and Tasaki⁴⁹⁾ は同様の鶏を用いて、カゼイン含量が多くなるにつれて血漿、肝臓および腎臓中の尿酸およびアンモニア量が増加する傾向にあるが、無蛋白質飼料給与時の血漿中アンモニア量はカゼイン10%区よりも高かったと報告している。Karasawaら⁷⁵⁾ および小宮山ら⁷⁶⁾ も、飼料中の蛋白質含量が高くなれば血液中の窒素化合物が多くなることを報告している。盲腸糞中には内因性の窒素成分が多く排泄されること(第8章)および本実験で得られた盲腸糞中に排泄される全窒素およびアンモニア態窒素の排泄パターンが尿中へ排泄される窒素化合物のパターンとよく似ていることから、盲腸は腎臓の機能を補完するような排泄機能を有しているのではないかと考えられる。

要 約

I) 80日齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、同程度の粗蛋白質含量となるようにフェザーミール15%、カゼイン13%を添加した半精製飼料を給与し、盲腸糞の排泄と盲腸内容物の一般成分および窒素成分を調べ、成分別排泄量について盲腸糞と腸糞を比較した。

(1) フェザーミール添加飼料はカゼイン添加飼料に比して腸糞の排泄量は約2倍に増加したが、盲腸糞は約1/2に低下した。

(2) 小腸遠位端および盲腸内容物の一般成分および窒素成分は盲腸内容物が小腸遠位端内容物よりも粗繊維含量で著しく低い値を示し、消化性の悪いフェザーミール添加飼料の小腸遠位端内容物の粗蛋白質は著しく高かったが、盲腸内容物では両飼料間に差はみられなかった。

(3) 盲腸内容物の窒素化合物は大部分が非蛋白態窒素であり、尿酸態およびアンモニア態窒素では小腸遠位端内容物の2.3および10倍となった。

(4) 1日間の成分別排泄量はフェザーミール添加飼料の腸糞で粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分がカゼイン添加飼料よりも有意に多く、可溶無窒素物および粗繊維では有意に少なかった。盲腸糞の一般成分の排泄量はいずれの成分もフェザーミール添加区はカゼイン添加区の1/2程度の排泄量となったが、窒素成分では1/3~1/4に減少した。

II) 70日齢の単冠白色レグホーン種雄にカゼインを蛋白源とする蛋白質レベルの異なる半精製飼料を給与し、盲腸糞の排泄、盲腸内容物の一般成分、窒素成分および血液中の窒素成分に及ぼす影響を調査した。

(1) 飼料のカゼイン含量が高くなるに従って盲腸糞の排泄量および回数是有意に増加した。

(2) 小腸遠位端内容物の一般成分および窒素成分はカゼイン含量により差がみられたが、盲腸内容物では差はみられなかった。

(3) 1日間に腸糞に排泄された窒素成分量はカゼイン含量が高くなるに従って増加したが、可溶無窒素物では逆に低下した。盲腸糞への成分別排泄量はいずれの成分もカゼイン含量が高くなるに従って有意に増加し、特にカゼイン20%以上の添加では急激に増加した。

(4) 血液中の窒素成分はカゼイン含量に比例して高くなり、盲腸糞の排泄量および盲腸糞中に排泄された窒素成分量との間にそれぞれ正の相関々係がみられた。

以上の結果を総合的に考察すると、盲腸は腎臓の機能を補完するような排泄機能を有しているものと考えられる。

第2節 絶食時における盲腸内容物中の窒素成分の経時的変化

盲腸糞は絶食時でも相当量排泄されるが、自然条件下では夜間睡眠中には排泄されない。小腸内での不消化物

が盲腸内に流入し、これが消化吸収されて盲腸糞として排泄されるとすれば、盲腸内容物中の窒素成分は盲腸糞排泄の直前と直後では異なるはずである。また絶食時には、小腸遠位端内容物に不消化物がほとんどなくなるので、盲腸内容物の組成も給食時のそれとは当然異なるはずである。しかし、盲腸糞中の窒素成分のうち、盲腸内へ分泌した窒素成分が相当量あるとすれば、盲腸糞排泄前後の窒素成分の差は少なくなり、また絶食時にも窒素成分がかなり存在するものと考えられる。これらのことを検討するために、絶食鶏を用いて盲腸内容物中の窒素成分を経時的に測定し、給食時のそれと比較した。

材料および方法

本章第1節と同一の鶏群より60日齢の単冠白色レグホーン種雄雛288羽を抽出し、対照区および絶食区の2区に144羽ずつ割り当てて表3-1に示した幼雛用飼料で10日間飼育した。対照区は試験飼料を自由に摂取させ、絶食区は屠殺時が24時間絶食後となるようにした。なお、両区とも飲水は自由にさせた。

これらの鶏は一度に6羽ずつ屠殺し、盲腸内容物を第3章第2節と同様の方法で経時的に採取し、個体別に全窒素の測定を行った。

次に、上記と同様の鶏群より60日齢の雄雛96羽を対照区と絶食区の2区に48羽ずつ割り当て、上記と同様の方法で飼育したのち、1区4羽ずつを2時間ごとに屠殺して盲腸および小腸遠位端（盲腸分岐部より近位15cmの回腸）内容物を経時的に採取した。採取した各区4羽ずつの盲腸内容物および小腸遠位端内容物を各々混和し、25ml容ポリエチレン製びんに入れて分析に供するまで-20°Cで貯蔵した。

腸管内容物の窒素成分の測定法は既述の通りであるが、そのほかに尿素態窒素の測定をジアセチルモノオキシウム法⁷⁾により行った。すなわち本章第1節と同様の分析用原液8mlに30%トリクロール酢酸2mlを加え、2000rpmで10分間遠沈後、その上澄み液2mlをアルミ箔で包んだ試験管に入れ、その中に1%ジアセチルモノオキシウム5%酢酸溶液2mlおよび濃塩酸3mlを加えて混和し、沸騰した湯の中に入れて20分間暗所で煮沸した。煮沸した試験管は流水で冷却後、回折格子型光電比色計を用い波長480nmで測定した。

結果および考察

まず盲腸および小腸遠位端内容物中に含有される窒素成分の種類と量の概数を知るために、慣用配合飼料で飼育した65日齢の単冠白色レグホーン種雄雛を1グループ30羽とし、3グループにつき盲腸および小腸遠位端内容物を採取し、グループごとによく混和し、窒素成分の分析を行った。その結果は表4-15に示した通りである。盲腸内容物は小腸遠位端内容物よりも水分含量が約10%高く、全窒素では約2.5倍多かった。しかもその大部分(約92.4%)が非蛋白態である。このうちアミノ態窒素(盲腸内容物の熱湯抽出物をアミノ酸自動分析器で測定

Table 4-15. Nitrogenous components of lower ileal and cecal contents in chickens
(Mean ± S E M for 3 groups of 30 birds)

Contents	Moisture (%)	Total N (mg/g)	Non-protein N (mg/g)	Ammonia N (mg/g)	Uric acid N (mg/g)
Cecum	82.82 ± 0.92	12.57 ± 0.58	10.62 ± 0.36	1.99 ± 0.07	0.57 ± 0.03
Lower ileum	73.61 ± 0.62*	5.14 ± 0.46*	2.71 ± 0.56*	0.51 ± 0.03*	0.06 ± 0.01*

Urea N (mg/g)	Total creatinin N (μg/g)	Amino N (mg/g)	Taurin N (mg/g)
0.48 ± 0.01	47.46 ± 0.16	6.45 ± 0.04	0.08 ± 0.00
0.19 ± 0.01*	9.67 ± 0.08*	1.86 ± 0.01*	0.05 ± 0.01*

*: Significantly different from cecum at 1% level, respectively.

し、各アミノ酸の窒素量を合計して算出した)が最も多く、次いでアンモニア態、尿酸態および尿素態窒素となり、他の窒素成分はその量が極めて少なかった。なお、アミノ態窒素中グルタミンおよびグルタミン酸態窒素が97%を占めていた。従って腸管内容物中の非蛋白態窒素のうち、代謝産物として特に多かったアンモニア態、尿酸態および尿素態窒素について検討することとした。

絶食時および給食時における盲腸内容物の乾物中に占める全窒素量の時刻別変化は図4-1に示した通りである。

すなわち、全期間の平均値においては給食区7.35±0.06%, 絶食区7.85±0.06%となり、両区間に有意差はみられなかったが、全般的にみると絶食時は給食時よりも高い傾向を示し、特に午後においてその傾向が著しかった。また盲腸糞の排泄される4時から18時までは、全窒素含量および個体差ともに変動が大きかった。

次に、4羽分を混合した腸管内容物の各窒素成分を経時的に測定した結果は表4-16に示した通りである。すなわち、盲腸内容物中の全窒素では図4-1とよく似た傾向を示したが、飼料給与時の小腸遠位端内容物は飼料摂取量の多い8時~16時に高い値を示した。なお絶食時の小腸遠位端内容物は非常に少なく、ほとんど採取、分析ができなかったためその分析値は表示しなかった。

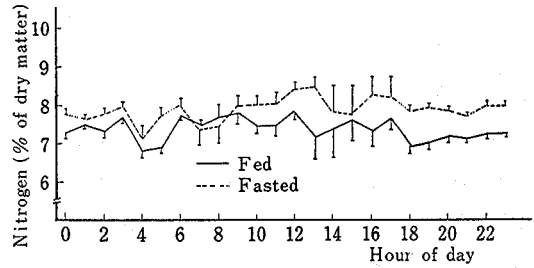


Fig. 4-1. Diurnal changes in nitrogenous components of cecal contents in chickens fed the diet (control) on fasted for 24 hour. (Mean ± S E M for 6 birds)

Table 4-16. Diurnal changes in nitrogenous components of lower ileal and cecal contents in chicken (Value of pooled sample of 4 birds, mg/g dry matter)

Hour of day	Total N		Ammonia N			Uric acid N			Urea N			
	Cecum		Cecum		Lower ileum	Cecum		Lower ileum	Cecum		Lower ileum	
	Fed	Fasted	Fed	Fasted	Fed	Fed	Fasted	Fed	Fed	Fasted	Fed	
2	74.5	79.3	20.3	14.2	12.7	2.3	2.82	3.54	0.21	1.76	1.74	0.74
4	68.7	74.2	20.6	12.6	11.8	1.9	2.70	2.12	0.14	1.75	1.74	0.20
6	69.9	77.7	21.2	7.0	11.0	1.9	2.00	2.02	0.16	1.35	1.72	0.37
8	71.9	79.3	19.4	9.4	11.3	1.9	1.37	1.76	0.39	1.70	1.82	0.56
10	80.8	85.6	24.0	10.2	10.2	1.9	2.38	2.05	0.86	1.44	1.90	0.63
12	75.3	76.7	23.1	9.1	9.6	2.9	2.69	2.05	0.33	1.45	1.90	0.61
14	74.2	81.2	20.4	12.9	10.8	2.0	3.10	2.97	0.13	1.98	1.77	0.47
16	73.1	76.6	28.8	11.3	9.9	2.9	2.73	2.57	0.28	1.70	1.87	0.55
18	69.0	76.1	20.9	10.1	10.1	2.2	1.80	4.68	0.12	1.53	1.85	0.42
20	74.5	79.8	19.1	9.9	11.3	1.8	1.75	4.25	0.06	1.65	1.70	0.37
22	74.4	79.8	20.4	9.2	11.0	2.3	3.24	3.18	0.11	1.56	1.89	0.39
24	74.7	79.6	21.0	11.0	11.2	2.7	2.53	2.00	0.33	1.84	1.85	0.42
Mean	73.4	78.8	21.6	10.6	10.9	2.4	2.43	2.18	0.26	1.64	1.79	0.48
± S E M	±1.0**	±0.9*	±0.8*	±0.6*	±0.3*	±0.3*	±0.17*	±0.27*	±0.06*	±0.05*	±0.02**	±0.04*

*: Significantly different from feeding at 1% level, respectively.

**: Means having different superscript letters within each N form are significantly different at 1% level, respectively.

盲腸糞排泄後には盲腸内容物が一時的に減少するので、その後小腸遠位端内容物が盲腸内に流入すると盲腸内容物中の全窒素は当然その影響を受けるものと考えられる。絶食時には小腸遠位端に不消化物が少なく、給食時

とはその時刻別変化は大きいはずである。しかし、両区ともに同様の変化を示した。また極端に盲腸糞排泄のある前後（4時と6時、12時と14時、14時と16時など第3章参照）でも著変がなかったことは、小腸遠位端内容物の盲腸内流入は窒素含量の高い流動物のみが流入するのか、あるいは盲腸への流入は急激に行われるのではなく徐々に行われ、また流入があっても内因性物質に由来する窒素量の影響が大きいためであろう。

盲腸内容物中のアンモニア態、尿酸態および尿素態窒素はいずれも絶食時の方が高い傾向にあり、特に尿素態窒素では有意な差 ($p < 0.01$) がみられた。また1日間における経時的变化は、絶食時、給食時ともにみられたが、尿素態窒素ではその差が小さかった。しかし、絶食による特異的な差異はみられなかった。

一方、給食時における小腸遠位端内容物中のこれら窒素成分は、盲腸内容物よりも著しく少なく ($P < 0.01$)、しかも1日間における経時的変動は盲腸内容物のそれよりもさらに大きかった。また盲腸内容物と小腸遠位端内容物中の窒素成分量の増減には一定の関係はみられなかった。

POLIN⁷⁹⁾ および AKESTER ら⁶⁵⁾ は盲腸内に尿の逆流することを観察している。そのために盲腸内容物中の窒素成分は尿の影響を受け、窒素成分も経時的な変化がみられないとしている。尿中には尿酸態窒素が多く (84~90%)、次いでアンモニア態窒素 (8~10%)、尿素態窒素 (1.5~2.6%) と報告されている^{48,49,75,82,83)}。BELL and BIRD⁸⁰⁾ は盲腸内で微生物が尿素を産生すると報告しており、盲腸内に流入した尿中窒素成分が微生物により変化されたとしても、表4-15に示した盲腸内容物は全窒素の51%がアミノ態窒素であり、尿中に最も多い尿酸態窒素は4.5%と少なく、尿中窒素成分と盲腸内容物の窒素成分ではその割合を著しく異にした。

小腸内容物が盲腸内に流入する際、給食時には食下物が小腸内には多量存在するが、絶食時は小腸内容物が少なくなる。従って、絶食時には小腸内容物の盲腸内への流入量が減少するので、結直腸を通して尿が盲腸内へ逆流する量が一定であるとすれば、絶食時には給食時よりも盲腸内容物の成分に対する尿の影響が大きくなると考えられる。しかし、絶食時の盲腸内容物中の尿酸態窒素の増加量はアンモニア態窒素よりもその割合は少なく、また第8章で述べる絶食時における盲腸内への窒素成分の分泌割合と、本実験の盲腸内容物中の窒素成分量は類似の傾向を示すことから考えると、絶食時の盲腸内容物の各窒素成分の増加は、尿成分の影響を大きく受けたと考えられず、むしろ内因性窒素による影響の方が大きいと考えられた。

しかし、本実験では尿の逆流量についてその実験的な証明は行っておらず、絶食時の盲腸内容物に給食時よりも窒素成分の多く存在することは、POLIN⁷⁹⁾ および AKESTER ら⁶⁵⁾ の報告を完全に否定することはできない。

要 約

1) 孵化後60日齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、24時間絶食後の盲腸内容物の乾物中全窒素を経時的に調査した結果、給食時よりも高い傾向を示し、特に午後において顕著であった。夜間は時刻別変化、個体差ともに少なかった。

2) 同様に給食時および絶食時における盲腸内容物と、給食時の小腸遠位端内容物中の各窒素成分を経時的に調査した結果、盲腸内容物は各窒素成分ともに小腸遠位端内容物よりも数倍高い値を示した。1日間の時刻別変化は、絶食時、給食時ともにみられたが、絶食による特異的な影響はみられなかった。

3) 盲腸糞排泄前、後の盲腸内容物中の窒素成分量に有意差はなく、また盲腸糞排泄後の盲腸内容物中の窒素成分でも小腸遠位端内容物よりも数倍高いことから、小腸遠位端内容物の液状部が流入する際、窒素含量の多いものがわずかず入り、また尿に由来する窒素成分あるいは内因的に分泌される窒素成分に由来するものがあると考えられた。

第3節 盲腸内容物の粗繊維含量

盲腸内では微生物により粗繊維の消化が行われるとする報告^{4,15)}がある。夜間の睡眠中には盲腸糞が排泄されないことは第3章において明らかにした。すなわち夕刻以降小腸より流入した内容物は盲腸内に翌朝まで滞留し、主として早朝から午前中に排泄される。従って盲腸内の微生物によって粗繊維の消化が行われるとすれば、夜間盲腸内に内容物が滞留している間になされる部分が大きいものと考えられる。本実験においては、時刻別に盲腸内容物の粗繊維含量を測定し、それを小腸あるいは直腸内容物のそれと比較して粗繊維の盲腸内での消化の様相を明らかにしようとした。

材料および方法

実験 I: 同一条件下で育成した4か月齢の単冠白色レグホーン種雄16羽に対して表4-17および表4-18に示した慣用配合飼料を3日間給与し、最終日の2時, 12時, 16時および20時に、本章第1節と同様の方法で小腸遠位端(盲腸分岐部より近位15cm), 盲腸および直腸の各腸管内容物を採取し、時刻別の粗繊維含量を測定した。

実験 II: 実験 I と相似の供試鶏22羽を2区に分け、表4-17に示した慣用配合飼料にイタリアンライグラス乾燥粉末(メッシュ0.5mm)を10%および20%混合した2種類の飼料(粗繊維含量7.6%および9.3%)を、それぞれ3日間にわたり水ともに自由に摂取させた後、16時に実験 I と同様に腸管内容物(11羽混合)を採取して粗繊維含量を測定した。

結果および考察

腸管内容物の粗繊維含量を経時的に測定した結果

Table 4-17. Composition of diet

Ingredient	%
Yellow corn	45.0
Milo	13.7
Wheat bran	10.0
Defatted rice bran	15.0
Soybean meal	5.0
Fish meal	3.0
Alfalfa meal	5.0
Ca carbonate	1.3
Tri-Ca phosphate	0.7
Na chloride	0.5
Mineral mixture ¹⁾	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25
Chromic oxide	0.5

1), 2): Referred from Table 2-1.

Table 4-18. Chemical composition of diet (%)

Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
11.3	15.7	3.5	58.3	3.8	7.4

*: Nitrogen free extracts.

Table 4-19. Diurnal changes in crude fiber and chromic oxide of intestinal contents in birds supplied conventional diet added libitum (Value of pooled sample of 11 birds)

Hour of day	Crude fiber (% of dry matter)			Chromic oxide (% of dry matter)		
	Lower ileum [#]	Cecum	Rectum	Lower ileum	Cecum	Rectum
12:00	9.5	0.2	9.6	1.5	1.0	1.6
16:00	10.5	1.4	10.4	1.5	1.1	1.5
20:00	9.1	1.5	9.0	1.6	1.9	1.6
2:00	8.6	1.1	8.8	1.6	1.8	1.6

[#]: 15 cm upward from the ileo-cecal junction.

は表4-19に示した通りである。小腸遠位端および直腸内容物中の粗繊維含量は、採取時刻により若干の違いはあるものの、両部位間には全く差がみられず、8.5～10.5%の範囲にあった。これに対し、盲腸内容物の粗繊維含量は極めて少なかった(0.2～1.5%)が、採取時刻によりかなりの相違がみられた。特に16時～20時における粗繊維含量の高いことは、夕刻より深夜にかけて小腸内容物が盲腸内に流入して滞留すること(第3章)を反映するものであろう。それ以後は時間の経過とともに盲腸内で粗繊維の消化が行われるため順次粗繊維含量が低下したといえる。しかし、これまでに推論したように、盲腸内容物は小腸からの流入物のみでなく、盲腸内への内因性物質が分泌され、特に12時の盲腸内容物は粘液物質が多い点から考えると、16時以降2時までの粗繊維含量の低下は盲腸内への分泌物の割合が多くなり、相対的に粗繊維含量が低下したのもとも考えられる。従って前述のように、粗繊維含量の低下がすべて盲腸内で消化された結果とは考えられない。

海塩⁵⁾は飼料中に混入した指標物質により盲腸内で粗繊維が50～70%分解されたと述べている。

飼料中に混入した酸化クロムから盲腸内での粗繊維の消化率を求めることは表4-19で示した通り、盲腸糞排泄後小腸内容物が流入したと思われる時刻(16時)でも、小腸遠位端あるいは直腸の内容物よりも粗繊維含量が著しく少なく、小腸内容物が盲腸内に流入する際、粗繊維の少ない部分が選択的に流入していることを示すものである。BROWNE⁴⁷⁾およびAKESTERら⁶⁵⁾も、粗繊維の少ない流動体および微粒子のみが盲腸内に流入することを報告している。またMCNAB and SHANNON⁸¹⁾は、盲腸内の酸化クロムは直腸よりもその濃度が低く、池田⁴¹⁾は木炭末を飼料に混入して給与すると、直腸に充満後さらに数時間を経て盲腸内に流入し充満すると報告している。本実験でも盲腸内の酸化クロム含量は時刻別変動が大きく(表4-19)、12時が最も少なくそれ以後は増加した。盲腸内容物は小腸から流入したときすでに粗繊維含量が少なく、また酸化クロムが小腸から流入する際小腸内容物と同様の割合で混入したとする保証はない。従って盲腸内容物中の酸化クロムと粗繊維の含量からその消化率を求めても、直ちに盲腸内での粗繊維の消化率を示すものと断定することはできない。

イタリアンライグラス乾燥粉末10%および20%を混合した粗繊維含量の異なる2種類の配合飼料を給与した鶏について、盲腸内に小腸内容物が流入した直後と思われる16時に腸管内容物を採取し、粗繊維含量を測定した結果は表4-20に示した通りである。すなわち小腸遠位端および直腸内容物中の粗繊維は15～19%とかなり高かった

Table 4-20. Crude fiber content (% of dry matter) in lower ileum, cecum and rectum

Added grass meal (%)	Crude fiber (%DM)			
	Diet	Lower ileum	Cecum	Rectum
10	7.6	15.2 ¹⁾	7.0	16.1
20	9.3	18.2	9.2	18.9

1): Value of pooled sample of 11 birds.

が盲腸内容物中の粗繊維含量は小腸内容物中の粗繊維含量に比して著しく少なかった。このことは小腸内容物が盲腸内に流入する際には小腸内容物中の粗繊維含量とは無関係に、選択的に粗繊維の少ない部分が取り入れられることを示すものである。

以上の実験結果から、腸糞に比較して盲腸糞の粗繊維含量が低いこと、海塩⁵⁾およびRÖSELER⁴⁰⁾の報告、第3章および第4章第1、第2節の腸糞に対する盲腸糞の排泄割合が少ないことから、仮に盲腸内で粗繊維がある程度消化されたとしても、鶏の盲腸が粗繊維の消化に重要な役割を果たしているとは考え難い。

要 約

4か月齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、盲腸内容物中の粗繊維含量を経時的に測定し、さらに粗繊維含量

の異なる飼料を給与して盲腸内での粗繊維の消化能を調べた。

1) 小腸遠位端および直腸内容物中の粗繊維含量は採取時刻により若干の差はみられたが、両部位間には全く差がなく8.5~10.5%の範囲であった。盲腸内容物の粗繊維含量は極めて少なく、採取時刻によりかなりの差がみられ、16時から20時が最高となり12時には0.2%と少なかった。

2) 飼料中に混入した酸化クロムは小腸遠位端および直腸内容物では両部位間に全く差はみられず、また時刻別変化もみられなかったが、盲腸内容物では時刻別変化が著しく大きかった。

3) 粗繊維含量の異なる飼料を給与すると、小腸遠位端および直腸内容物中の粗繊維含量はかなり高い値を示したが、これに反し盲腸内容物では粗繊維含量が極めて少なく、小腸内容物中の粗繊維含量とは無関係であった。

以上の結果より、小腸内容物の低繊維部分が選択的に盲腸内に流入すること、および盲腸は粗繊維の消化に重要な役割を果たしているとは考えられないことが示唆された。

第4節 総括

単冠白色レグホーン種雄雛を用いて消化性の低いと思われるフェザーミールと、消化性の高いカゼインを蛋白源とした半精製飼料を給与し、盲腸糞の排泄の様相を調査した後、盲腸および小腸遠位端内容物の一般成分および窒素成分を測定して比較検討した。次に蛋白質レベルの異なる半精製飼料を給与して上記と同様の試験を行い、血液中の窒素成分含量と盲腸糞中に排泄された窒素成分量との関係について検討した。

腸糞の排泄量は消化性の低いフェザーミール添加により約2倍に増加したが、盲腸糞では約1/2に低下した。小腸遠位端内容物の一般成分は給与飼料の影響を大きく受けたが、盲腸内容物では飼料による差は認められなかった。しかも、盲腸内容物中の窒素化合物の大部分は非蛋白態窒素であり、尿酸およびアンモニア態窒素では小腸遠位端内容物の数倍にも達した。盲腸内容物と小腸遠位端内容物中の成分の著しく異なることから、盲腸内容物は小腸内容物がそのままの形で流入するのではなく、盲腸内容物は小腸内容物から選択的に流入するというBROWNE⁴⁷⁾およびAKERSTERら⁶⁵⁾の説を裏付ける結果となった。

一方、飼料中のカゼインレベルが高くなるに従って盲腸糞の排泄量は有意に増加した。盲腸糞の成分別排泄量ではカゼインレベルが高いものほど多く排泄され、カゼイン20%以上になると排泄量は急激に増加した。血液中の窒素成分はカゼイン含量に比例して増加し、盲腸糞中に排泄された窒素成分量との間に正の相関関係がみられた。飼料中の蛋白質レベルが高くなれば血液中の窒素成分が高くなり^{48,49,75,76)}、尿中に排泄される窒素成分量も増加するといわれている。本実験では盲腸糞中に排泄された窒素成分量が尿中排泄量と同様の傾向を示し、また盲腸内容物と小腸遠位端内容物とでは成分、形状とも著しく異なることから、盲腸内容物中の窒素成分は盲腸内分泌物に由来することが示唆された。

絶食時における盲腸内容物中の窒素成分について経時的変化を調査した結果、全窒素の含量は絶食時が給食時よりも高かった。なお、盲腸糞の排泄される昼間には盲腸内容物中の全窒素含量に変動がみられ、かつ個体差も大きかった。しかし、盲腸糞排泄後も盲腸内容物中の各窒素成分は小腸遠位端内容物よりも数倍高く、盲腸糞排泄後の小腸内容物の流入はわずかず行われ、しかも内因性物質に由来するものも相当量あるものと思われた。

盲腸内では微生物により粗繊維の消化が行われると報告されている^{4,15)}が、盲腸内容物中の粗繊維含量を経時的に測定して小腸遠位端および直腸内容物のそれと比較した結果、小腸遠位端および直腸内容物中の粗繊維含量は採取時刻により若干の差がみられたものの両部位間には全く差がみられなかった。これに対し、盲腸内容物では粗繊維含量が極めて少なく、また採取時刻による差がみられた。これらのことから、盲腸は粗繊維の消化に対して重要な役割を果たしているとは考えられなかった。粗繊維含量の異なる飼料を給与すると、小腸遠位端およ

び直腸内容物中の粗繊維含量は飼料中の粗繊維含量を反映して非常に多かったが、盲腸内容物では極めて少なく、小腸遠位端内容物中の粗繊維含量とは無関係であり、小腸内容物が盲腸内に流入する際には低繊維部分が選択的に流入することが示唆された。

第5章 盲腸 pH とそれに影響を及ぼす要因

緒 言

鶏の消化管内の水素イオン濃度についての研究は多く行われているが^{14,26-34)}、飼料条件を変えても小腸および盲腸の pH はわずかしこ変化しないとする報告と^{14,26-28)}、盲腸内容物の pH が給与飼料によってかなりの範囲で変動することを認めた報告^{24,25)}とがある。盲腸の pH は、小腸特に回腸遠位端に比べて低いことを観察した報告が多い^{14,26,28,29)}。また、その値についても MUSSEHL ら²⁶⁾は6.3, MAYHEW²⁷⁾は6.6~7.4, OLSON and MANN は⁶⁴⁾5.9~8.2, HELLER and PENQUITE²⁸⁾は6.98, BUCKNER ら³⁰⁾は5.5, 藤田³¹⁾は6.28±0.7, HERPOL and GREMBERGEN³²⁾は6.9, FARNER³³⁾は5.7, 帆足ら³⁷⁾は6.52~6.59の数値を示し、研究者間にかかなりの差異がみられる。盲腸内容物の pH が研究者間でこのように異なる原因の一つは測定法の違いによるものであろうが、そのほかにも飼料条件とか、また盲腸内容物の pH を変化させるなんらかの要因があるのではなかろうかと考える。盲腸内容物の pH が小腸遠位端内容物のそれよりも常に低いことは、盲腸内には微生物が多く生息して^{31,35)} VFA の生成が行われることも一因と考えられよう。

本研究においては、盲腸の栄養生理学的機能を検討する一環として盲腸内容物および盲腸粘膜の pH を各種条件下で測定し、さらに血液 pH との関係も調査して、その意義を明らかにしようとした。また、盲腸内容物が常に小腸遠位端内容物の pH より低いことは、前述した VFA の生成によるもののほか、pH を決定する分泌物があるのではなかろうかと考え、各種条件下において分泌物の pH を測定し、さらに腸管環流法により盲腸内における pH の緩衝能をも調査した。

第1節 飼料の給与と盲腸内容物および盲腸粘膜の pH

盲腸内容物の pH は給与飼料によりかなりの範囲で変動すると述べたものと、あまり変動しないと報告したものがあつた。その原因がどこにあるかを調べる目的で、まず配合飼料に HCl および NaHCO₃ を添加し、pH の異なる飼料と L-リジン HCl および DL-メチオニンを添加した半精製飼料を給与し、各腸管内容物の pH を測定して盲腸内容物 pH の変動と他の腸管内容物との関連を検討し、盲腸内容物の pH 変動の原因を究明する手掛かりを得ようとした。次いで、飼料の給与条件を変えた場合と、1日間における日内変動を調べた。さらに盲腸については各部位別における粘膜面の pH を測定して、盲腸内容物 pH との関連についても検討した。

材料および方法

給与飼料が盲腸内容物の pH に及ぼす影響について調べた。

実験 I: 4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄 (体重 1.4~1.6 kg) を代謝試験用ケージに収容し、表 5-1 に示した配合割合の慣用配合飼料と、これにセルロース末 (東洋濾紙株式会社製、100~200 メッシュ) 10%, 0.25 N HCl 50%, 1 N HCl 50%, NaHCO₃ 7.5% をそれぞれ添加したものおよび全粒小麦のみの 6 種類を各区 7 羽ずつの供試鶏に給与した。このように調製した飼料は微粉状に粉碎した後、10 g をビーカーに採取し、これに純水 15 ml を加えて10分間かくはん後の pH を測定した。

実験 II: 名古屋大学のウィンドレス鶏舎内で飼育した実験 I と相似の単冠白色レグホーン種雄を代謝試験用

Table 5-1. Composition of conventional diet

Ingredient	%
Yellow corn	45.0
Milo	13.7
Wheat bran	10.5
Defatted rice bran	15.0
Soybean meal	5.0
Fish meal	3.0
Alfalfa meal	5.0
Ca carbonate	1.3
Tri-Ca phosphate	0.7
Na chloride	0.5
Mineral mixture ¹⁾	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25

1) 2): Referred from Table 2-1.

ケージに収容し、これらの供試鶏は表5-2に示したような配合割合の半精製飼料を基礎飼料とし、これにL-リジンHClを3L, 4L, 5L, またDL-メチオニンを1L, 2L, 4L, 6L ずつそれぞれ添加した飼料を調製して、各区6羽ずつに給与した。添加したアミノ酸は、飼料10.625kgに対して1.64g配合したものを1Lとし、各倍数だけ添加したものである。

以上の2つの実験は試験飼料をいずれも4日間給与したが、慣用配合飼料、セルロース末10%添加飼料および小麦の場合についてのみ自由採食とし、他はすべて強制給餌にした。強制給餌は1日1羽あたり80gを2回(7時, 17時)に分け、1回40gの上記各飼料に純水20mlを加え団子状に練り、強制的に口腔内に挿入した。自由採食に当っては朝の採食開始後6時間(午前10時~11時)、強制給餌においては最後の給餌をしてから5時間後にそれぞれ右腹部を切開し、直腸と総排泄腔の境界、盲腸分岐部の小腸遠位部および盲腸扁桃腺部、メッセル憩室ならびに十二指腸と空腸の境界の5か所を鉗子ではさみ、内容物の移動と総排泄腔から腸管への尿の逆流することを防ぎ、屠殺した。嗉嚢、筋胃、十二指腸、空腸近位部、空腸遠位部、回腸近位部、回腸遠位部、盲腸および直腸から内容物を採取してpHを測定した。なお十二指腸よりメッセル憩室までを2等分して、それぞれ空腸近位部および遠位部とし、メッセル憩室より盲腸分岐部までを等分してそれぞれ回腸近位部、遠位部とした。

実験III: 給餌条件が盲腸内容物のpHに及ぼす影響について調べた。実験IIと同一条件の供試鶏を代謝試験用ケージに収容し、自由採食、強制給餌、絶食および絶食後再給餌に分け、各区7羽ずつを使用した。表5-1に示した慣用配合飼料に小麦粉10%を混合したものを自由採食および強制給餌した。また絶食後の再給餌(24時間絶食)も強制給餌とした。なお、消化管内容物の採取は実験Iと同様の方法で行い、自由採食にあっては朝の採食開始後6時間に、強制給餌および絶食後再給餌も給餌後5時間に、また絶食の場合はそれらと内容物の採取時刻が一致するように24時間前から絶食させた。

実験IV: 盲腸内容物pHの1日間における時刻別の差異について調べた。

供試鶏は実験IIと同一条件下にある単冠白色レグホーン種雄を使用した。試験飼料は表5-1に示した慣用配合飼料を用いた。試験区は自由採食時と絶食時について行い、自由採食時は試験飼料を自由に摂取させている供

Table 5-2. Composition of semi-purified diet

Ingredient	%
Casein	16.0
Corn oil	4.0
Cornstarch	68.15
Filter paper powder	3.0
Agar-agar	1.0
Al silicate	1.0
Mineral mixture ¹⁾	5.63
Vitamin mixture ²⁾	1.22

- 1) Gram/kg: CaHPO₄ 367, CaCO₃ 263, KH₂PO₄ 178, KCl 18, NaCl 107, MgSO₄ 53, FeSO₄·7H₂O 6, MnSO₄·H₂O 6, KI 0.046, CuSO₄·5H₂O 0.297, ZnO 1.1, CoCl₂·6H₂O 0.03, NaMoO₄·2H₂O 1.47, Na₂SeO₃ 0.0018.
- 2) Gram/kg: thiamine HCl 1.23, riboflavin 1.23, nicotinic acid 4.1, d-Ca pantothenate 1.64, pyridoxine HCl 0.49, folic acid 0.49, biotin 0.05, vitamin B₁₂ 0.0025, menadione sodium bisulfite 0.084, vitamin D₃ (3,000 ICU/g) 12.3, vitamin A (20,000 IU/g) 20.5, vitamin E (500 IU/g) 0.92, inositol 20.5, choline chloride 126, butylated hydroxytoluene 8.2, and sucrose as a carrier.

試鶏を2時, 8時, 14時, 20時に各区3羽ずつ屠殺し消化管内容物を採取してpHを測定した。

次いで、自由採食時と同一条件の供試鶏に試験飼料を自由に採食させていたものを、10時より1時間ごとに15時まで断食させ、翌日の10時から15時までの間の消化管内容物採取時が絶食後24時間になるようにしたものを各6羽ずつ屠殺し、各消化管内容物のpHを測定した。各消化管内容物の採取は実験Iと同様の方法で行った。

以上4つの実験ともpHの測定は東亜電波工業株式会社pHメーター(HM-5A)を用いて行った。腸管内容物のpHは、それを取り出した直後に標準電極(比較電極)および特殊電極(GL-165, 平面測定用1本形)を用いて測定した。

実験IIおよび実験IVの盲腸内容物採取後の盲腸について、盲腸尖部、盲腸移行部および盲腸狭部における盲腸粘膜面のpHを測定した。なお、盲腸各部位は図2-1に示した通りである。

盲腸粘膜面の測定は、内容物を除去して0.9%食塩水に浸した脱脂綿で残渣を完全にぬぐい取った後、乾いた脱脂綿でふき取り、ガラス板の上に広げてから測定部位の粘膜上に純水1滴を落して、前記pHメーターに特殊電極(GL-165)を用いて測定した。

結 果

実験I: 慣用配合飼料を基礎飼料とし、これにセルロース末10%, 0.25N HCl 50%, 1N HCl 50%, NaHCO₃ 7.5%をそれぞれ添加したものならびに全粒小麦のみを飼料として給与した場合の消化管内容物のpHを調べた結果は表5-3に示した通りである。これにより明らかなように、盲腸内容物のpHは慣用配合飼料およびセルロース末

Table 5-3. Effect of fiber, acid and alkali feeding on pH of alimentary canal contents
(Mean \pm S E M for 7 birds)

Diet	Diet pH	Alimentary canal									
		Crop sac	Gizzard	Duo- denum	Upper jejunum	Lower jejunum	Upper ileum	Lower ileum	Cecum	Rectum	
Conventional ¹⁾ diet	6.5	6.0 ± 0.0	3.6 ± 0.1	6.4 ± 0.0	6.5 ± 0.0	6.9 ± 0.0	7.8 ± 0.0	7.7 ± 0.0	6.9 ± 0.2	6.9 ± 0.0	
+10% fiber ¹⁾ paper powder	6.5	5.2 $\pm 0.2^{**}$	3.3 ± 0.0	6.4 ± 0.1	6.3 ± 0.0	7.0 ± 0.1	7.3 $\pm 0.1^{**}$	7.9 ± 0.1	6.8 ± 0.1	7.5 ± 0.2	
+50% 0.25N ²⁾ HCl	4.7	4.6 $\pm 0.0^{**}$	3.7 ± 0.0	6.1 $\pm 0.0^{**}$	6.2 $\pm 0.0^{**}$	7.2 ± 0.1	7.7 ± 0.1	7.8 ± 0.1	6.2 $\pm 0.1^*$	6.9 ± 0.1	
+50% 1N HCl ²⁾	3.1	3.3 $\pm 0.1^{**}$	2.6 $\pm 0.0^{**}$	6.0 $\pm 0.0^{**}$	6.3 ± 0.0	6.9 ± 0.0	7.9 ± 0.1	8.2 $\pm 0.1^{**}$	6.1 $\pm 0.0^{**}$	7.0 ± 0.1	
+7.5% NaHCO ₃ ²⁾	9.0	7.9 $\pm 0.0^{**}$	4.1 $\pm 0.2^{**}$	6.3 ± 0.0	6.3 ± 0.0	6.9 ± 0.0	7.6 ± 0.1	7.4 ± 0.2	6.6 ± 0.1	7.4 $\pm 0.1^{**}$	
+Whole grain ¹⁾ wheat	6.6	5.5 $\pm 0.0^{**}$	3.3 ± 0.0	6.1 $\pm 0.0^{**}$	6.1 $\pm 0.0^{**}$	6.4 $\pm 0.1^{**}$	7.1 $\pm 0.1^{**}$	7.3 ± 0.2	5.8 $\pm 0.1^{**}$	5.7 $\pm 0.1^{**}$	

1) Measured at 6 hours after initiation of *ad libitum* feeding.

2) Measured at 5 hours after forced feeding.

*, **: Significantly different from conventional diet at 5 and 1% level, respectively.

10%添加飼料に比べてHClの添加ならびに小麦の給与では有意に低くなり、NaHCO₃の添加では慣用配合飼料に近い値を示した。なお参考までに盲腸以外の腸管内容物のpHについて示すと、嗉嚢のpHは飼料のpHとほぼ並行した値を示したが、筋胃では2.6~4.1とすべての飼料についてpHの著減を示し、十二指腸および空腸近位部ではpHが高くなり中性に近くなった。空腸遠位部に至るとさらにpHは若干上昇したが、特に小麦飼料では有意に低く、他の飼料ではほとんど差異がみられなかった。また回腸近位部のpHは基礎飼料給与時ではさらに上昇したが、小麦給与時には他に比して依然として低かった。回腸遠位部内容物になると1N HCl添加によ

て有意 ($P < 0.01$) に高い値を示し, NaHCO_3 添加ならびに小麦給与では低い傾向にあったが有意ではなかった。直腸内容物の pH は, 盲腸内容物や回腸遠位部内容物のそれに近い値を示したり, あるいは両者の中間値を示す場合などあって, 一定の傾向はみられなかった。

実験 II: L-リジン HCl および DL-メチオニンを種々のレベルで添加した半精製飼料給与時の消化管内容物の pH を測定した結果は表 5-4 に示した通りである。盲腸内容物の pH は表 5-3 に示した慣用配合飼料給与鶏の

Table 5-4. Effect of L-lysine HCl and DL-methionine added to the semi-purified diet on pH of alimentary canal (Mean \pm S E M for 6 birds)

Amino acid added	Alimentary canal							
	Gizzard	Duo- denum	Jejunum	Upper ileum	Lower ileum	Cecum	Rectum	
L-lysine HCl	3L ¹⁾	5.9 \pm 0.1	6.0 \pm 0.2	6.1 \pm 0.2	6.7 \pm 0.1	6.8 \pm 0.3	6.9 \pm 0.2	7.0 \pm 0.4
	4L	5.7 \pm 0.0	5.9 \pm 0.2	6.0 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1*	6.6 \pm 0.2	6.7 \pm 0.1	6.7 \pm 0.2
	5L	6.2 \pm 0.0*	6.0 \pm 0.2	6.6 \pm 0.1*	7.0 \pm 0.1	7.1 \pm 0.2	6.5 \pm 0.1	7.3 \pm 0.2
	6L	5.6 \pm 0.1	5.9 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.6 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.4 \pm 0.1*	7.3 \pm 0.2
DL-methionine	1L	5.7 \pm 0.1	5.8 \pm 0.0	5.9 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1	6.4 \pm 0.1	6.9 \pm 0.0	6.6 \pm 0.1
	2L	5.7 \pm 0.1	6.0 \pm 0.1	6.4 \pm 0.3	7.0 \pm 0.4	7.4 \pm 0.3**	6.4 \pm 0.0**	7.3 \pm 0.4**
	4L	5.8 \pm 0.0	6.0 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1*	6.1 \pm 0.0	6.5 \pm 0.00	6.5 \pm 0.0**	6.5 \pm 0.0
	6L	5.3 \pm 0.1*	5.7 \pm 0.1	5.8 \pm 0.0	6.3 \pm 0.1	6.5 \pm 0.00	6.6 \pm 0.1	6.5 \pm 0.0

1) 1L: 1.64 g amino acid/10.625 Kg feed, measured at 5 hours after forced feeding.

*, **: Significantly different from L-lysine and DL-methionine at 5 and 1% level, respectively.

場合とほとんど変らなかつた。これに対して, 回腸遠位部内容物の pH は L-リジン HCl 5L および DL-メチオニン 2L の場合を除いて, 他はすべて実験 I の慣用配合飼料給与鶏よりも有意 ($P < 0.01$) に低かつた。また, L-リジン HCl の添加量を増すに従って盲腸内容物の pH はわずかながら低下する傾向を示したが, DL-メチオニン添加の場合には一定の傾向がみられなかつた。他の消化管の pH では筋胃で L-リジン 5L が 3L よりも有意 ($P < 0.05$) に高くなつたが他の飼料では L-リジンおよび DL-メチオニンの添加量が増加するに従って低くなる傾向を示した。十二指腸では飼料による差はほとんどみられなかつたが, 空腸では L-リジン 5L と DL-メチオニン 2L および 3L が高くなつた。回腸近位部から回腸遠位部にかけてどの飼料も中性に近くなつたが, L-リジン 5L と DL-メチオニン 2L はアルカリ性となつた。直腸では実験 I と同様に一定の傾向は示さなかつた。

実験 III: 自由採食, 強制給餌, 絶食および絶食後再給餌における腸管内容物の pH は表 5-5 に示した通りである。盲腸内容物の pH には給餌条件の変化による明らかな差異はみられず, いずれの場合も回腸遠位部内容物の pH に比べて低い値を示した。すなわち, 給餌条件の違いは盲腸内容物の pH にほとんど影響を及ぼさないとと思われる。一方, 直腸内容物の pH は自由採食においてのみ回腸遠位部の pH に近かつた。他の消化管については絶食時の嚙嚢は測定できなかつたが, 強制給餌および絶食後再給餌では自由採食よりも有意 ($P < 0.01$) に高かつた。筋胃では絶食時が有意 ($P < 0.01$) に低く, 絶食後再給餌は有意 ($P < 0.01$) に高い値を示し, 十二指腸以下回腸近位部まで高い値を示した。

実験 IV: 自由採食時における消化管内容物 pH の日内変動を調査した結果は表 5-6 に示した。盲腸およびその他の腸管内容物の pH では日内変動はみられず, それぞれの部位に応じてほぼ一定の値を示した。また十二指腸および空腸はほぼ 6.0~6.5 の pH を示し, 回腸および直腸はこれよりも高い 7.5~8.0 の pH を示したが, 盲腸では 6.8~6.9 と両者の中間にあつた。

Table 5-5. Effect of feeding condition on pH of alimentary canal
(Mean ± S E M for 7 birds)

Feeding condition	Alimentary canal								
	Crop sac	Gizzard	Duo- denum	Upper jejunum	Lower jejunum	Upper ileum	Lower ileum	Cecum	Rectum
6 hours after initiation of ad libitum feeding	5.7 ±0.0 ^a	3.7 ±0.0 ^a	6.0 ±0.1 ^a	6.3 ±0.1	6.7 ±0.1	7.2 ±0.1 ^a	7.8 ±0.1	6.8 ±0.1	7.7 ±0.1 ^b
5 hours after forced feeding	6.0 ±0.0 ^b	3.6 ±0.1 ^{ab}	6.4 ±0.0 ^b	6.5 ±0.0	6.9 ±0.1	7.8 ±0.0 ^b	7.7 ±0.0	6.9 ±0.2	6.9 ±0.0 ^b
24-hours fasting	—	2.3 ±0.1 ^b	5.9 ±0.1 ^a	6.4 ±0.2	6.6 ±0.3	7.2 ±0.4 ^{ab}	7.4 ±0.4	6.8 ±0.1	7.0 ±0.0 ^b
5 hours after re-feeding (forced feeding after 24-hour fasting)	6.0 ±0.0 ^a	4.5 ±0.2 ^c	6.0 ±0.0 ^a	6.3 ±0.0	6.8 ±0.1	7.4 ±0.1 ^{ab}	7.6 ±0.0	6.7 ±0.0	6.6 ±0.1 ^b

Means having different superscript letters are significantly different at 1% level, respectively.

Table 5-6. Diurnal variation in pH of alimentary canal contents (ad libitum feeding)
(Mean ± S E M for 3 birds)

Hour of day	Duodenum	Upper jejunum	Lower jejunum	Upper ileum	Lower ileum	Cecum	Rectum
2:00	5.9±0.3	6.0±0.1	6.5±0.2	7.6±0.1	7.8±0.0	6.8±0.0	7.4±0.1
8:00	6.1±0.0	6.3±0.1	6.7±0.1	7.6±0.1	7.9±0.0	6.9±0.1	7.6±0.1
14:00	6.2±0.1	6.2±0.1	6.2±0.1	7.7±0.1	7.8±0.0	6.9±0.1	7.8±0.1
20:00	6.0±0.1	6.0±0.0	6.2±0.1	7.4±0.1	7.5±0.1	6.8±0.2	7.4±0.1
Average	6.1±0.1	6.2±0.1	6.4±0.1	7.6±0.1	7.8±0.1	6.9±0.0	7.6±0.1

Table 5-7. Diurnal variation in pH of intestinal contents of 24-hour fasted birds
(Mean ± S E M for 6 birds)

Hour of day	Duodenum	Jejunum	Upper ileum	Lower ileum	Cecum	Rectum
10:00	6.0±0.1 ^a	6.4±0.1	7.5±0.3	8.0±0.1	6.9±0.1	7.4±0.1
11:00	6.3±0.1 ^b	6.6±0.1	7.7±0.3	7.7±0.2	6.8±0.1	7.4±0.3
12:00	6.1±0.2 ^{ab}	6.4±0.1	7.3±0.3	7.6±0.2	6.8±0.1	7.9±0.4
13:00	5.9±0.1 ^a	6.4±0.2	7.0±0.4	7.3±0.4	6.8±0.1	7.1±0.3
14:00	6.4±0.0 ^b	6.6±0.2	7.1±0.4	7.5±0.6	6.7±0.1	7.0±0.4
15:00	6.2±0.0 ^b	6.3±0.2	7.8±0.4	7.9±0.5	7.0±0.2	7.5±0.4
Average	6.2±0.1	6.5±0.1	7.4±0.1	7.7±0.1	6.8±0.0	7.5±0.1

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

次に24時間絶食した場合の消化管内容物の時刻別測定値は表5-7に示した通りである。その結果、各部位とも10時から18時にかけて特に一定した変動を示すことはなく、そのpHもそれぞれ自由採食時のそれとほとんど同一であった。

また盲腸粘膜面の部位別pHの変化についてみると、表5-2に示した半精製飼料給与時の盲腸粘膜面の部位別pHは表5-8に示した通りである。左右の盲腸間にはL-リジンHClおよびDL-メチオニン添加飼料ともほとんど差がみられず、盲腸部位間では盲腸尖部が高い傾向を示した。L-リジンHCl添加飼料の場合は、盲腸尖部から盲腸狭部にかけて低くなり、盲腸尖部と盲腸狭部との間に有意差(右P<0.05, 左P<0.01)が認められた。

Table 5-8. Effect of L-lysine HCl and DL-methionine added to the semi-purified diet on pH of cecal mucosa (Mean ± S E M for 6 birds)

Amino acid added		Right Cecum			Left Cecum		
		Apex	Transitional part	Isthmus	Apex	Transitional part	Isthmus
L-lysine HCl	3L ¹⁾	7.0±0.4	6.3±0.1	6.0±0.1	7.0±0.4	6.3±0.1	6.0±0.1
	4L	7.3±0.1	6.2±0.2	6.0±0.2	7.0±0.3	6.3±0.0	6.2±0.1
	5L	6.1±0.1	6.3±0.1	6.0±0.1	6.5±0.2	6.3±0.0	6.2±0.1
	6L	6.7±0.1	6.3±0.0	6.1±0.1	7.6±0.0	6.3±0.0	6.1±0.0
	Average	6.8±0.3	6.3±0.0	6.1±0.0*	6.8±0.1	6.3±0.0*	6.1±0.4**
DL-methionine	1L	6.6±0.1	6.3±0.0	6.3±0.0	6.6±0.1	6.3±0.1	6.3±0.0
	2L	7.0±0.2	6.5±0.1	6.5±0.1	7.1±0.2	6.6±0.2	6.6±0.1
	4L	6.5±0.0	6.3±0.0	6.3±0.0	6.5±0.0	6.3±0.0	6.3±0.0
	6L	6.6±0.1	6.3±0.0	6.2±0.1	6.6±0.1	6.3±0.0	6.3±0.0
	Average	6.7±0.1	6.4±0.1*	6.3±0.1*	6.7±0.1	6.4±0.1	6.4±0.1

1L: 1.64 g amino acid/10.625 Kg feed. 1): Measured at 5 hours after forced feeding.

*, **: Significantly different from apex at 5 and 1% level, respectively.

DL-メチオニン添加飼料では、盲腸尖部の pH が最も高いが、盲腸移行部と盲腸狭部との間に差はみられなかった。しかし、左盲腸では、盲腸尖部と盲腸狭部との間に有意差 (P<0.05) が認められた。L-リジン HCl 添加飼料と DL-メチオニン添加飼料は盲腸尖部の pH では差がみられなかったが、盲腸狭部では L-リジン HCl 添加飼料は有意ではないが低くなる傾向がみられた。

次に慣用配合飼料の自由採食時における盲腸粘膜面の部位別 pH の日内変動は表 5-9 に示し、絶食時における

Table 5-9. Diurnal variation in pH of cecal mucosa (ad libitum feeding) (Mean ± S E M for 3 bird)

Hour of day	Right cecum			Left cecum		
	Apex	Transitional part	Isthmus	Apex	Transitional part	Isthmus
2:00	6.9±0.1	6.5±0.2	6.3±0.1	7.0±0.1	6.4±0.2	6.3±0.1
8:00	6.9±0.2	6.4±0.1	6.3±0.1	6.8±0.2	6.5±0.1	6.4±0.1
14:00	7.0±0.1	6.4±0.1	6.3±0.1	6.9±0.2	6.4±0.1	6.3±0.1
20:00	6.8±0.0	6.5±0.1	6.4±0.1	6.8±0.1	6.4±0.1	6.3±0.1
Average	6.9±0.0	6.5±0.0**	6.3±0.0**	6.9±0.0	6.4±0.0**	6.3±0.0**

** : Significantly different from apex at 1% level, respectively.

Table 5-10. Diurnal variation in pH of cecal mucosa of 24-hour fasted birds (Mean ± S E M for 6 birds)

Hour of day	Right cecum			Left cecum		
	Apex	Transitional part	Isthmus	Apex	Transitional part	Isthmus
10:00	7.1±0.2	6.4±0.1	6.3±0.1	6.9±0.2	6.4±0.1	6.3±0.1
11:00	6.7±0.1	6.5±0.0	6.5±0.1	6.7±0.2	6.5±0.1	6.5±0.1
12:00	6.9±0.1	6.4±0.1	6.3±0.1	6.9±0.1	6.4±0.1	6.3±0.1
13:00	6.8±0.2	6.5±0.2	6.3±0.1	6.9±0.2	6.5±0.1	6.4±0.1
14:00	7.1±0.2	6.4±0.1	6.3±0.1	7.1±0.2	6.3±0.1	6.3±0.1
15:00	6.6±0.1	6.4±0.1	6.3±0.1	6.6±0.1	6.5±0.1	6.3±0.1
Average	6.9±0.1	6.3±0.0**	6.3±0.0**	6.9±0.1	6.4±0.0**	6.4±0.0**

** : Significantly different from apex at 1% level, respectively.

盲腸粘膜面の部位別 pH の変化は表 5-10 に示した。自由採食時および絶食時ともに半精製飼料給与時 (表 5-8) と同様に左右盲腸間の差はほとんどなく、また盲腸尖部が高く、盲腸狭部が低かった。従って、両試験区ともに盲腸尖部に対して盲腸移行部、盲腸狭部は有意 ($P < 0.01$) に低かった。

考 察

消化管内容物の pH を論ずる場合には、まずその測定精度が問題となる。これに関し FARNER³³⁾ は pH 測定器自体による誤差と消化管内容物の採取条件による誤差の 2 つをあげている。しかし、pH 測定器の誤差は最近の高性能機器においては極めて小さい。消化管内容物の採取条件には、広い意味では給与飼料の種類、給餌方法、飼料給与後採取するまでの経過時間および採取方法などが考えられる。このうち給与飼料の種類により影響されることはしばしば認められているが、必ずしも一定の傾向を示さず、またそれらの研究は一般に消化管全体を問題にしたものであって、盲腸内容物に対する精細な検討は加えられていない。本実験では、盲腸を中心とし、それをその前後に位置する回腸遠位部および直腸と対比させながら検討することにした。表 5-3 にみられるように、飼料条件により一部では明らかな変化が認められ、慣用配合飼料給与時に比して小麦給与時に著しい低下が盲腸と直腸でみられ、かつ両内容物の値はほぼ一致していた。また飼料に HCl を添加した場合も、回腸遠位部内容物の pH は高くなるのに反して、盲腸では逆に低下することが認められた。このことは盲腸自体に pH の緩衝能のあることを示唆するものであろう。小麦給与時における pH の低下が、小麦単飼による飼料の化学組成の変化によるものか、または粒飼という飼料の形態が食下後の消化管通過機構に影響をもたらせた結果によるものであるかについては、本実験では明らかにできない。ASHCRAFT²⁴⁾ は鶏の飼料中に各種の乳製品を配合給与した場合、盲腸内容物の pH は 5.10~6.74 の範囲で変動したことを報告している。これらのことから、盲腸内容物の pH はある種の飼料条件によりかなりの変化をきたすものであり、飼料の化学的組成の影響を受ける可能性があると考えられる。

実験 I および実験 II において、盲腸内容物の pH と回腸遠位部および直腸内容物の pH を比較すれば、半精製飼料は例外として回腸遠位部の値が常に高い。回腸遠位部の pH が消化管内で特に高いことはすでに FARNER³³⁾ により見出されているが、回腸遠位部の pH が給与飼料により影響されることはむしろ否定的であった^{14,26)}。しかし、本実験では半精製飼料という特殊な飼料条件下ではあるが、例外的に回腸遠位部内容物の pH が低下し、盲腸内容物の pH との間にほとんど差がない例が多かった。これは半精製飼料の特性、すなわち消化吸収の迅速性あるいは高消化性、さらには無機質の組成などに関係があるのではないかと考えられるが、いずれにしても特異的な現象といえよう。また他の消化管の pH においても、実験 I の基礎飼料給与時に対して半精製飼料給与鶏は筋胃で高く、それ以外の腸では慣用配合飼料給与鶏よりも低い値を示した。すなわち、慣用配合飼料給与時よりも各消化管の部位別における pH の高低差が少ない傾向を示した。これは前述の推論と同様の原因によるものと考えられる。

WINGEI ら²⁹⁾ が産卵鶏を用いて絶食時に測定した結果、大腸および小腸で経時的変化を認めており、実験 III における結果とは必ずしも一致しなかったが、給餌後、腸管内容物の pH を測定するに当たっては、食下飼料の影響が現れるためには飼料が腸管内において消化が活発に行われている⁸⁴⁾ 時に測定することが適当であろうと考えられる。食下飼料の消化管内通過には 4~5 時間かかる^{43,78,85)} ことで、本実験において朝の飼料摂取開始後 6 時間で pH を測定したことは、上記の条件を満たしていると考えられる。また、強制給餌にはあらかじめ給与飼料の排泄開始時刻を調べた結果、給与後 5 時間であったのでその時刻と決めた。従ってこの場合もほぼ自由採食時に近い条件のもとで測定が行われたものと思われる。

盲腸内容物の pH は、自由採食時および絶食時ともほとんど同一であり、日内変動も少なく、しかも常に回腸

遠位部および直腸に比べて低いことは、盲腸自体に pH を補正するものが分泌されているのではないかと考えられる。

以上の実験を通じて、盲腸内容物の pH は給与飼料により異なるが、同一飼料であれば飼料の給与方法が変わっても、また絶食させてもほとんど一定値を示し、日内変動もみられなかった。

次に盲腸粘膜の部位別 pH の変化は半精製飼料では、給与飼料により差がみられたが、この主たる原因は L-リジン HCl 5L の低いことと、DL-メチオニン 2L の高かったことと思われるが、いかなる理由でこのような結果が現れたのか本実験のみで明らかにすることは困難である。また盲腸は、小腸内容物の流入口である狭部の pH が低く、盲腸尖部に移行するに従って高くなることは、盲腸自体独立した消化管の役割を果たしているかのように考えられるが、後述（第 6 章）するように盲腸が消化吸収にほとんど関与していないとすれば、他の消化管とは独立した特殊の働きをしているようにも考えられる。盲腸内容物の pH と盲腸尖部の pH が盲腸の恒常的 pH に近い値を示したことから、盲腸に pH 緩衝能が存在するとすれば、盲腸尖部近くで主として働いているものと考えられる。図 2-2 に示したように、盲腸に分布する大きな血管は盲嚢部に通じていることからみても、その推論を裏付けるものと思われる。また、盲腸内容物同様に盲腸各部粘膜ともに日内変動はみられなかった。

要 約

盲腸内容物の pH が飼料条件によりいかなる影響を受けるかについて調べるため、4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄を用いて実験を行い、次の結果を得た。給与飼料の種類によって盲腸内容物の pH に差異がみられた。特に全粒小麦単独給与の場合に最も大きな低下が認められたほかは、慣用配合飼料に HCl、あるいは半精製飼料中に L-リジン HCl を添加した場合にも低下する傾向がみられた。

回腸遠位部内容物の pH は盲腸内容物の pH に比し常に高い値を示したが、半精製飼料給与時においてのみ例外的に両者が近似の値を示した。自由採食、強制給餌、絶食および絶食後再給餌など給餌条件の違いによっては盲腸内容物の pH に明らかな差異は認められなかった。また、1 日間の時刻別による盲腸内容物の pH は自由採食あるいは絶食のいかにかわりなく変化はみられず、極めて恒常的な値を示した。盲腸粘膜の部位別 pH では盲腸尖部が高く、盲腸の恒常的 pH 6.8 に近い値を示した。

第 2 節 盲腸内容物 pH と血液 pH の関係

盲腸内容物の pH は給与飼料により異なり、特に全粒小麦および HCl 添加により盲腸内容物の pH は低下した。このことから、盲腸内に pH を左右する物質が分泌されるとすれば、血液の pH となんらかの関係があるものと考え、盲腸内容物と尺側皮静脈血の pH を調べた。また盲腸内容物の pH が回腸遠位部内容物よりも低い原因が盲腸内の微生物によって産生される VFA によるとすれば、盲腸内容物および回腸遠位部内容物を振盪培養すれば pH は低下するものと思われ、本実験を実施した。

材料および方法

供試鶏は本章第 1 節実験 I と同一条件下にある供試鶏を用い、表 5-1 に示した慣用配合飼料を基礎飼料とし、それに 0.5N HCl 50%, NaHCO₃ 5% を混合した飼料を各区 4 羽ずつに 5 日間強制給与し、最後の飼料給与後 5 時間経過した時にヘパリンナトリウム液（体重 1 kg あたり 200U）を右尺側皮静脈内に注入し、10 分後に注射器で左尺側皮静脈より 10 ml 採血した。採血した血液は外気との接触を絶つために、あらかじめ流動パラフィン 1.5 ml を入れた 20×90 mm の平底試験管内の底面に注射針を入れ、流動パラフィンが常に上層になるよう徐々に血液を注入した後、pH メーターに特殊電極（GL-185）を用いて pH を測定した。採血後の鶏は、本章第 1 節と同様の方法で消化管内容物を採取し、pH を測定した。pH 測定後の盲腸および回腸遠位部内容物は 20×90 mm

の試験管に入れ、リング液 8 ml を加えて二酸化炭素で飽和した後、密栓して 40°C のもとで振盪培養しつつ、1 時間ごとに pH の測定を行った。なお基礎飼料給与鶏についてはどの鶏も盲腸内容物を等分し、一方は 0.1 N NaOH を用い pH を 7.9 に補正したものについて測定した。

結果および考察

酸およびアルカリ添加飼料を給与したときの尺側皮静脈血、盲腸内容物および回腸遠位部内容物の pH を表 5-

Table 5-11. Effect of acid and alkali feeding on pH of blood and intestinal contents
(Mean \pm S E M for 4 birds)

Diet	Blood ¹⁾	Cecal contents	Lower-ileal contents
Conventional diet	7.4 \pm 0.1	6.9 \pm 0.1	7.5 \pm 0.2
+50% 0.5N HCl	7.1 \pm 0.1	5.9 \pm 0.2**	7.5 \pm 0.1
+5% NaHCO ₃	7.4 \pm 0.1	6.6 \pm 0.2	7.6 \pm 0.1

1) Blood of ulnar cutaneous vein.

** : Significantly different from conventional diet at 5% level respectively.

11 に示した。この結果からみると表 5-3 の結果と同様に盲腸内容物の pH は慣用配合飼料に比し、HCl 添加により有意 ($P < 0.05$) に低下したが、回腸遠位部では変化はみられなかった。しかし、血液の pH は HCl 添加により有意 ($P < 0.05$) に低下した。これに反して、NaHCO₃ 添加は HCl 添加時と異なり、いずれの値も慣用配合飼料と HCl 添加飼料の中間値を示した。従って、盲腸内容物の pH と静脈血の pH は並行的な値となった。OKUMURA and TASAKI⁸⁷⁾ は HCl ならびに NaHCO₃ を 5, 10 および 15 mol 添加した飼料を給与すると、尿の pH は HCl 添加により酸性側へ、また NaHCO₃ の添加によりアルカリ性側へ変化すると報告している。このことは、酸性飼料給与時においては盲腸内容物の pH が血液 pH の影響を受ける可能性を示唆しているものと考えられる。

次に、基礎飼料とそれに 0.5N HCl 50% および NaHCO₃ 5% を混合した飼料を給与した鶏の盲腸および回腸遠位部内容物を 40°C で嫌氣的に振盪培養したときの pH の変化を表 5-12 に示した。培養開始後盲腸内容物は 2~3 時間まで pH の下降がみられたが、それ以後はほとんど一定の値を示した。回腸遠位部内容物でも、開始後 3 時間は盲腸内容物同様に pH の下降は速やかであったが、それ以後は緩慢となった。この結果は、盲腸に生息する微生物^{81, 85)} により VFA の生成が行われるとした報告^{85, 87-89)} を裏付けるものである。盲腸糞の排泄は通常夜間には行われない⁴¹⁾。従って、小腸内容物が主として夕刻より盲腸内に流入し、翌朝まで排泄されず盲腸内にとどまっている (第 3 章参照) とすれば、盲腸内に滞留する時間は 5 時間以上となる。従って、*in vitro* における PH の変化がそのまま盲腸内において適用されるとすれば、朝の盲腸内容物 pH は 5.5 前後にならなければならない。また日内変動も大きいと思われる。しかし、表 5-6 に示したように盲腸内容物の pH は 1 日のうち変動はなく、常に 6.8~6.9 の値を示している。渡部と千葉⁸⁹⁾ は休産鶏と産卵鶏の消化管内 VFA を調べた結果、嗝嚢、筋胃、十二指腸上部、空回腸前部および盲腸に旺盛な産生がみられ、休産鶏は産卵鶏よりも高く、また血清中の VFA では門脈血清の濃度が後大静脈および翼下静脈血よりも高いことから、消化管からの吸収があると推論している。さらに渡辺⁸⁸⁾ はガスクロマトグラフィーを用いて消化管の部位別 VFA を測定し、嗝嚢からの吸収を示唆している。また盲腸には VFA が特異的に多いと報告している。帆足ら⁸⁷⁾ は盲腸基部を結紮し、盲腸内容物の出入りを停止させてから、片側の盲腸に分布する血管を結紮すると、血管を結紮した盲腸内の VFA は非血管結紮鶏よりも増加したと報告している。このことは、盲腸内で VFA が生成され、かつ吸収されることを示している。表 5-12 に示した培養による pH の低下は生成された VFA に起因することも考えら

Table 5-12. Changes in PH of intestinal contents after incubation
(Mean \pm S E M for 5 samples)

Diet	Intestinal Content	Hours after incubation					
		0	1	2	3	4	5
Basal diet	Cecal	6.9 \pm 0.1	5.7 \pm 0.0	5.6 \pm 0.0	5.6 \pm 0.0	5.6 \pm 0.1	5.5 \pm 0.1
	Cecal**	7.9 \pm 0.1	6.4 \pm 0.0	6.1 \pm 0.0	6.2 \pm 0.1	6.1 \pm 0.1	6.1 \pm 0.1
	Small intestinal	7.5 \pm 0.2	7.2 \pm 0.0	6.9 \pm 0.1	6.4 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1
Basal diet + 0.5N HCl	Cecal	5.9 \pm 0.2	5.7 \pm 0.2	5.6 \pm 0.1	5.5 \pm 0.0	5.5 \pm 0.1	5.5 \pm 0.1
	Small intestinal	7.5 \pm 0.1	7.0 \pm 0.1	6.3 \pm 0.0	6.0 \pm 0.1	5.9 \pm 0.1	5.8 \pm 0.1
Basal diet + 5% NaHCO ₃	Cecal	6.6 \pm 0.2	6.4 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1	5.7 \pm 0.1	5.6 \pm 0.1	5.5 \pm 0.1
	Small intestinal	7.6 \pm 0.1	7.4 \pm 0.1	7.1 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.4 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1

** : Cecal contents added 0.1N NaOH.

れるが、盲腸内容物の pH は小腸遠位部内容物よりも低く、常に恒常値を示すことは、盲腸内で生成された VFA によりなされるのではなく、むしろ血液の pH と盲腸内容物 pH の並行性から、盲腸内には pH を補正する物質の分泌があるのではないかと考える。

要 約

4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄に慣用配合飼料とそれに 0.5N HCl 50% および NaHCO₃ 5% 添加飼料を給与すると、小腸遠位部内容物の pH は飼料による差はみられなかったが、盲腸内容物および血液では HCl 添加により有意に低下した。NaHCO₃ 添加は慣用配合飼料と HCl 添加飼料の中間値を示した。尺側皮静脈血の pH は盲腸内容物の pH と並行的な値となった。

盲腸および小腸遠位部内容物を嫌氣的に振盪培養すると開始後 3 時間まで下降したが、それ以後盲腸内容物では一定値を示し、小腸遠位部内容物では下降が緩慢となった。

第 3 節 盲腸内分泌とその緩衝能

本章第 2 節に示したように盲腸内容物を培養すると 5.5 前後の pH となるが、実際には通常の飼料を給与すると 6.8~6.9 のほぼ一定の値を示し、かつ 1 日間における変動もみられない。このようなことから、盲腸内容物の pH を規制する物質が分泌されるのではないかと推論した。また盲腸内容物が恒常的 pH を示すことから、盲腸内に分泌される物質には緩衝能があるのではないかと考え、これらの諸点を検討するために本実験を実施した。

材料および方法

実験 I : まず、盲腸粘膜分泌物の pH を測定するための実験を行った。供試鶏は 3 か月齢の単冠白色レグホーン種雄 (体重 1.2~1.3 kg) を個別別にケージに収容し、表 5-1 に示した慣用配合飼料と、それに 0.5N HCl 50% を添加した飼料ならびに全粒小麦を給与した 3 区に各 4 羽ずつ割り当て、5 日間飼育した。給与飼料の pH はそれぞれ 6.5, 4.1 および 6.0 であった。慣用配合飼料に 0.5N HCl を添加した区は 1 日 2 回 (8 時, 17 時) 1 羽あたり 1 回に 30 g の飼料に 15 ml の 0.5N HCl を加え、団子状にして強制給餌した。他の区はすべて自由採食とした。供試鶏は保定台に保定して開腹し、盲腸切除手術 (第 2 章第 1 節実験 I) と同様に盲腸内容物を 0.9% 食塩水で洗い出し、盲腸内に残留する食塩水を排除した後、盲腸尖部の切開部より pH メーターに装着した特殊電極 (GC-185 ニードル状挿入用 1 本形) を挿入して盲腸とともに結紮後、pH の経時的変化について測定した。な

お、盲腸内容物の pH は盲腸尖部を切開した後に測定した。小腸内 pH の測定は個体差をなくする目的で、盲腸 pH の測定に用いたと同一個体の盲腸分岐部小腸を 3 号縫合糸で結紮後、盲腸分岐部より近位 10 cm で血管をさけて切断し、盲腸と同様の方法で行った。なお、強制給餌鶏の測定には、最後の飼料給与後 5 時間を経過したときに開始した。また血液の pH は、腸管内 pH の測定が終了した直後に本章第 2 節と同様の方法で行った。

実験 II：実験 I と同一条件の供試鶏を用いて、盲腸の恒常的 pH (6.8) および小腸の恒常的 pH (7.4) から酸性あるいはアルカリ性側に同じ隔たりをもつように、盲腸では 4.3 と 9.3、小腸では 4.9 と 9.9 の pH になるように 0.2N HCl あるいは 0.2N NaOH で調整した 0.9% 食塩水を供試鶏各 3 羽ずつの盲腸および小腸内に 1 時間環流し、その間の pH の経時変化を測定した。環流液の pH 測定は前記 pH メーターで比較電極を用いた。腸管環流法は TASAKI and TAKAHASHI⁵⁰⁾ および AKEDO ら⁶¹⁾ の方法を若干改変して行った。盲腸の環流部位は盲腸扁桃腺部に近い盲腸狭部より盲腸尖部までとした。環流装置の装着は、盲腸分岐部を 3 号縫合糸で結紮後、盲腸扁桃腺部に近い盲腸狭部を 1/2 程度切断し、この部位より環流用に先を細くしたガラス管を挿入して盲腸狭部と共に固く結紮し、ガラス管にゴムホースを装着した。次いで、盲腸尖部を切開して前記と同様に環流用ガラス管を挿入した後、結紮して盲腸内容物のなくなるまで所定の pH にあわせた 41°C の 0.9% 食塩水を用いて完全に洗浄した。小腸の場合はメッセル憩室を中心とする約 12 cm とし、血管の少ない部分を選んで 3 号縫合糸で結紮後切断した。前後の切断部にそれぞれ環流用ガラス管を挿入して結紮し、盲腸の場合と同様に腸管内容物のなくなるまで 41°C の 0.9% 食塩水で洗浄した。環流用ガラス管を装着した盲腸および小腸は、このガラス管にさらにゴム管を取り付け、腸管内に残留する 0.9% 食塩水を排除する目的で軽く吸引し、腸管内が空になってから環流装置を装着した。環流開始と同時に腸管および環流用ゴム管内の空気を排除してから環流液の液量調節を行い、これを開始時の液量として読み取った。

実験 III：盲腸内の緩衝能を知る目的で実験 I と同一条件の鶏を供試した。0.9% 食塩水は緩衝作用が少ないのでクレーブス・リンガー燐酸緩衝液を実験 II と同様の pH に調整して各区 3 羽ずつの同一個体で盲腸および小腸内の環流を行った。経時的 pH の変化は実験 II と同様の方法で測定した。クレーブス・リンガー燐酸緩衝液を環流させた場合、環流液の緩衝作用が大きいので環流液の pH の変化から直接盲腸の緩衝能を比較することは困難である。そのため、あらかじめ環流液が環流前の各 pH に到達するために要する 0.05N HCl または 0.05 N NaOH の滴定値を測定して標準曲線を作製しておき、これを用いて環流液の pH 変化を滴定値の変化として読み取った。環流法は本節実験 II と同様の方法で行った。腸管内容物の洗浄には環流用緩衝液を用いた。盲腸および小腸の緩衝能の算出には、まず環流開始時の液量から環流中における減液量を差し引いて各経過時間ごとの液量を算出し、これに環流開始前の pH にもどすために必要な酸またはアルカリの各滴定値を乗じて求めた。環流に使用した腸は乾物量を測定して、乾燥腸 1g あたりの滴定値として表示した。

結 果

実験 I：慣用配合飼料を基礎飼料とし、これに 0.5 N HCl 50% を添加したもの、ならびに全粒小麦のみをそれぞれ給与し、盲腸および小腸内分泌物の pH を経時的に測定した。その結果は図 5-1 に示した。試験開始時の pH は小腸および盲腸ともに 7.2~7.5 程度の値を示したが、これは腸管内

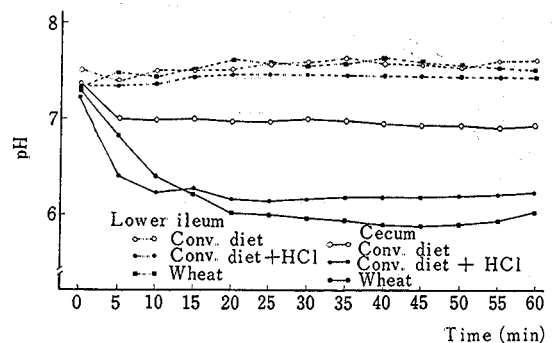


Fig. 5-1. Time course changes in pH of the cecal and ileal secretions when various diets were fed (Mean of 4 birds).

を試験前に 0.9% 食塩水で洗浄したので、その pH の影響を多分に受けている。その後の pH を経時的に調査すると、小腸粘膜分泌物の pH は HCl 添加により若干低下する傾向を示したが、いずれの場合も全時間を通じてほとんど変化せず、7.4~7.6 と恒常的な値を示した。これに反し、盲腸粘膜分泌物の pH は基礎飼料給与時には、実験開始後 5 分で 7.0 まで低下し、それ以後はほぼ恒常的な値で推移した。また HCl 添加飼料を給与した場合には実験開始後 5 分までは急激に低下して 6.4 を示し、それ以後若干の低下がみられたが、20 分後には pH 6.2 となり、その後はほとんど変化なく推移した。全粒小麦を給与した場合には、実験開始後 20 分まで直線的に下降して 6.0 になり、その後は 6.0 前後の pH で推移した。盲腸内 pH は慣用配合飼料給与鶏に比して、他の飼料では試験開始後 5~10 分から試験終了時まですべて有意差が認められた。また盲腸内容物の pH は慣用配合飼料給与鶏に比して、他の飼料を給与した鶏では有意 ($P < 0.01$) に低下し、しかもそれは盲腸内分泌物の pH によく近似していた。小腸遠位部内容物は全飼料を通じて 7.3~7.6 の範囲にあり、小腸遠位分泌物の pH とほぼ同じ値を示した。血液の pH は慣用配合飼料給与鶏に比し、他の飼料給与鶏は低くなる傾向を示し、表 5-11 と同じような様相を呈した。

実験 II：盲腸および小腸の恒常的 pH から酸性あるいはアルカリ性に同一の隔たりをもつ 0.9% 食塩水を盲腸および小腸内に環流して、環流液の pH を経時的に調べた結果は図 5-2 に示した通りである。pH 4.3 の 0.9% 食塩水を盲腸に環流した場合には、環流開始後の 5 分間に pH の急上昇がみられ、それ以後は緩やかに上昇し、30 分後では pH 7.3~7.5 の範囲で恒常的な値を示した。なお小腸においてもほぼ同一の現象がみられ、pH は 7.5 前後で一定となった。pH 9.3 の食塩水で環流すると、環流開始後の 5 分間に急激な低下を示したが、その後は 8.1~8.3 と恒常的な値を示し、小腸では 8.5 前後で一定となった。

実験 III：実験 II では 0.9% 食塩水を使用した

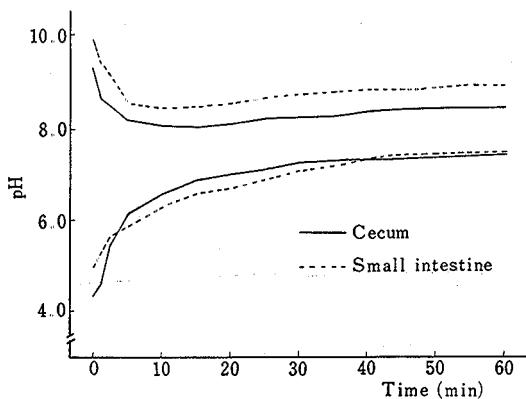


Fig. 5-2. Time course changes in pH of circulating fluid (0.9% NaCl) infused into the cecum and the small intestine (Mean of 3 birds). Initial pH of the circulating fluid: 4.3 and 9.3 for cecal infusion, 4.9 and 9.9 for intestinal infusion.

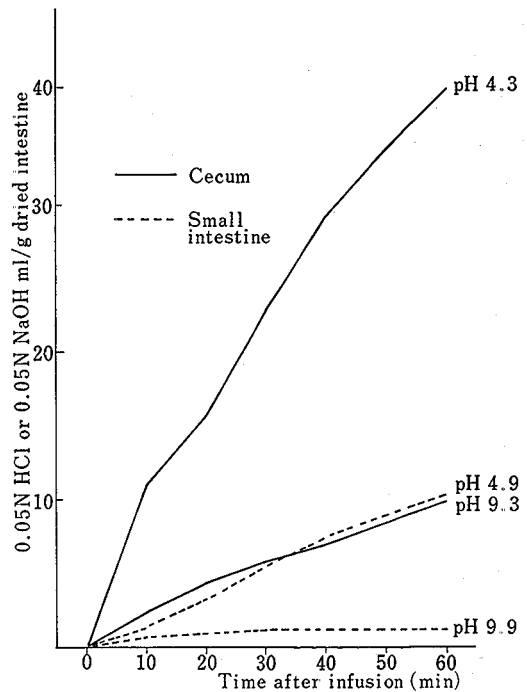


Fig. 5-3. Time course changes in amount of HCl or NaOH required for back titration when Krebs-Ringre phosphate buffer solution was infused into the cecum and small intestine (Mean of 3 birds).

Small intestine: Segment between the proximal and distal points of the intestine, 6 cm respectively, from the Meckel's diverticulum.

め短時間で pH が変化した。そこで腸管内の pH 緩衝能の強さをより明確に知るために、pH を調整したクレーブス・リンガー燐酸緩衝液を腸管内に環流させた。その結果得られた pH の緩衝能の変化を図 5-3 に示した。盲腸については、pH 4.3 の緩衝液を環流した場合には環流開始時の pH に復させるために要した 0.05N HCl の滴定量はほぼ直線的に増加し、1 時間後には 40 ml となった。しかし、pH 9.3 の環流液を用いた場合にも 0.05 N NaOH による滴定値は直線的に増加したが、その傾斜は緩やかで、環流終了時には約 10 ml にしかすぎなかった。一方、小腸については pH 4.9 の環流液を用いると、0.05 N HCl の滴定値の変化は盲腸による pH 9.3 の環流液を用いた場合とほぼ一致し、環流終了時には約 10 ml が必要となった。これに反し、pH 9.9 の環流液の場合には 30 分後まで極めて緩やかに増加を示したものの、その後は 1.3 ml と恒常的になった。

考 察

腸管内分泌物の pH は、小腸では給与飼料のいかにかわらず経時的にもほとんど変化しないのに対し、盲腸内 pH は給与飼料により著しい差異がみられ、慣用配合飼料給与鶏に対して他の飼料給与鶏は試験開始 5~10 分後から試験終了時まで有意に低く、しかも盲腸内分泌物の pH と盲腸内容物の pH は近似していた(実験 I)。また表 5-3 に示した盲腸内容物の pH と盲腸内分泌物の pH はよく一致し、前者は後者により規制されていることを示している。しかも盲腸内容物および盲腸内分泌物の pH は血液の pH と並行的な値を示すことから、盲腸内分泌物の pH は血液 pH の影響を受けることを示唆した。

盲腸および小腸の恒常的 pH から酸性あるいはアルカリ性に同一の隔たりをもつ 0.9% 食塩水を 1 時間環流した結果、環流前後における pH の差を求めると、それぞれ酸性側から +3.0、アルカリ性側から -0.8 となって、酸性側からアルカリ性側への緩衝能の方がその逆よりも強いことを示している。一方、pH 4.9 および 9.9 の 0.9% 食塩水を小腸内に環流した場合にも盲腸と同様の傾向を示し、酸性側からアルカリ性側への緩衝能の強いことが判明した。なお、酸性側からでは盲腸および小腸個々の恒常値に近づくが、アルカリ性側からでは恒常値に近づくことができなかった。腸管環流による環流液の pH の変化は、環流液の環流前後の成分分析を行っていないため、特定物質が腸から吸収された結果、pH に変化が生じたのかあるいは腸管から pH を変化させるような物質が分泌されたためであるのかは明確でない。しかし、前述の盲腸内容物および盲腸内分泌物の pH からみて、盲腸の恒常的 pH に向って緩衝能が強く働いている可能性は十分に考えられる。

クレーブス・リンガー燐酸緩衝液を腸管内に環流した結果、小腸に比して盲腸の緩衝能が極めて大きいことが判明した。盲腸内の恒常的 pH は盲腸からの分泌物により決定され、しかもその分泌物は強力な pH 緩衝能力をもっているため、小腸からの流入物は短時間で恒常的 pH になると推論するのが妥当であろう。盲腸糞の特異的な排泄からみて、盲腸の左右に pH の差が生じないこと、同一飼料給与時には 1 日間の時刻別、または飼料の給与方法を違えても、盲腸内容物の pH に変化のないことはこの推論を裏付ける要因となる。これらのことから、盲腸内容物の pH は給与飼料の化学的成分により、盲腸内への分泌物に差異が生じ、本章の最初に述べたように研究者による盲腸内容物の pH の差は、これが原因するものであろう。

盲腸内に生息する細菌叢と他の消化管内に生息する細菌叢は異なっていること、盲腸内に生息する細菌叢が最も多い³⁸⁾ こと、他の腸管に比して内容物の滞留時間の長いことは、盲腸内分泌物により pH が調整され、これらの細菌叢に好条件が保たれるためであろう。

要 約

3 か月齢の単冠白色レグホーン種雄を用いて盲腸内容物の恒常的 pH がいかにして保たれているかを究明する目的で盲腸内分泌物の pH とその緩衝能について調べた。

1) 各種飼料条件下で経時的に盲腸内分泌物の pH を測定した結果、試験開始後 10 分で盲腸および小腸ともに恒

常的 pH に達し、以後一定の pH で推移した。盲腸内分泌物の pH と盲腸内容物の pH は近似の値を示し、慣用配合飼料に 0.5N HCl 添加および全粒小麦給与鶏は、慣用配合飼料給与鶏よりも有意に低い値を示した。盲腸内分泌物の pH と血液の pH は並行的な値を示した。

2) 0.9%食塩水の pH を変えて盲腸および小腸内を 1 時間環流した結果、盲腸および小腸ともに環流開始後 5 分間は急激に上昇または下降し、30 分後からほぼ一定の値で推移した。

3) クレーブス・リンガー磷酸緩衝液の pH を変えて盲腸および小腸を 1 時間環流し、盲腸の pH 緩衝能を調べた結果、盲腸は小腸に比して著しく高い値を示した。また酸性側からアルカリ性側への緩衝能が、その逆の場合よりも強く現れた。

第 4 節 総 括

盲腸内容物の pH は回腸遠位部内容物に比べて低いことを観察した報告が多い。しかし、その値については研究者間にかなりの差異がみられる。その原因の一つは測定法の違いによるのであろうが、他の飼料条件や盲腸内の微生物により生成される VFA などにより異なるものと推察される。その原因を追究することは盲腸機能を研究する上で重要であると考えた。

まず、飼料条件が盲腸内容物の pH に及ぼす影響について、4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、慣用配合飼料とそれにセルロース粉末 10%、0.25N HCl 50%、1N HCl 50%、NaHCO₃ 7.5% をそれぞれ添加したものおよび全粒小麦を給与し、消化管内容物の pH を測定した。その結果、盲腸内容物の pH はすべて回腸遠位部内容物の pH より低く、慣用配合飼料およびセルロース 10% 添加飼料に比して全粒小麦および HCl 添加飼料は有意に低い値を示した。NaHCO₃ 添加飼料は慣用配合飼料に近い値となった。

次いで、L-リジン HCl、および DL-メチオニンを種々のレベルで添加した半精製飼料を給与すると、盲腸内容物の pH は慣用配合飼料給与鶏とほとんど変らなかつたが、回腸遠位部内容物の pH は低く、盲腸内容物の pH と差がなかつた。L-リジン HCl の添加量が増加すると盲腸内容物の pH はわずかながら低下する傾向を示した。

同一飼料では、飼料の給与方法を自由採食、強制給餌、絶食および絶食後再給餌した場合でも、盲腸内容物の pH はいずれも差がみられなかつた。また自由採食時と絶食時における 1 日間の時刻別変化についても差はみられなかつた。盲腸粘膜の部位別 pH では、盲腸尖部が高く、盲腸の恒常的 pH 6.8 に近い値を示した。

以上の実験により、盲腸内容物の pH は同一飼料であれば、飼料の給与方法を変えても、また 1 日間の時刻別によっても変化はないが、給与飼料によって異なることが判明した。

給与飼料により盲腸内容物の pH に差があることから、慣用配合飼料と HCl および NaHCO₃ 添加飼料給与鶏の尺側皮静脈血の pH を調べた結果、小腸遠位部内容物の pH には変化なかつたが、盲腸内容物と血液の pH は並行的な値で変化することがみられた。

盲腸内容物の pH が回腸遠位部内容物よりも低い原因が、盲腸内で生成される VFA に起因することも考え、盲腸内容物および回腸遠位部内容物を振盪培養すると 2~3 時間で急激に低下し、5 時間後には pH 5.5 になった。盲腸内容物の pH の低下が VFA によるとすれば、盲腸糞は夕刻より早朝まで排泄されないため、pH は 5.5 近くなるのが当然と考えられるが、盲腸の恒常的 pH は 6.8 であり、しかも盲腸内容物と血液の pH が並行的であることから、給与飼料による pH の差は飼料の化学成分により盲腸内に pH を補正するような物質が分泌されるためと考えた。そこで盲腸内容物 pH の低かつた HCl 添加飼料および全粒小麦を給与し、盲腸内分泌物の pH を経時的に測定し、慣用配合飼料給与鶏のそれと比較した。試験開始 5~10 分後には慣用配合飼料よりも他の飼料給与鶏は有意に低下し、その後は一定値を保ち、盲腸内容物の pH と盲腸内分泌物の pH は一致した。こ

ことから、盲腸内容物の pH は盲腸内分泌物により規制されることが推察された。

次に、盲腸および小腸の恒常的 pH から、酸性あるいはアルカリ性に同一の隔たりをもつ 0.9% 食塩水を盲腸および小腸内に環流して環流液の pH 変化を経時的に測定した。環流開始後 5 分間で盲腸および小腸ともに pH は急上昇または急下降し、30 分後からは一定となったが盲腸の方が速く変化した。酸性側からアルカリ性側への緩衝能は強く、盲腸および小腸個々の恒常的 pH に近づくが、アルカリ性側からでは緩衝能は弱く恒常値に近づくことができなかった。食塩水では緩衝作用が少なく短時間で pH が変化するため、盲腸内分泌物の pH 緩衝能を数的に知ることができなかったため、クレーブス・リンガー燐酸緩衝液を 1 時間環流し、0.05N HCl および 0.05N NaOH の滴定値でみると、盲腸は pH 4.3 の場合、環流開始時の pH に復するために要した 0.05N HCl はほぼ直線的に増加し、40 ml となった。pH 9.3 の時もほぼ直線的であったが、0.05N NaOH は 10 ml であった。小腸では酸性側で 10 ml、アルカリ性側で 1.3 ml と少なく、盲腸よりも緩衝能は著しく弱かった。

以上の実験を通じ、盲腸内容物の恒常的 pH は盲腸内分泌物により決定され、しかもその分泌物は強力な pH 緩衝能を有するため、小腸内容物が盲腸内に流入しても短時間で恒常的 pH になる。従って、盲腸の左右および 1 日間の時刻別変化がないものと推察する。

第 6 章 盲腸が飼料の消化吸収に果たす役割

緒 言

第 2 章においては盲腸を結紮しても通常の飼養条件下では、正常な成長・産卵が行われることを明らかにした。このことから、実用的見地からみた場合には盲腸が飼料の消化吸収に大きな影響力を持つものとは考えられない。しかし、NESHEIM and CARPENTER¹³⁾ によると熱処理したタラミールを盲腸切除鶏に給与したときの蛋白質の消化率は有意に低くなる。正常鶏では小腸内容物中に未消化の蛋白質が多いにもかかわらず、消化率の高いことは盲腸内で微生物により脱アミノされて吸収されるために消化率が向上するものと推論した。また、NITSAN and ALUMOT¹³⁾ は、生大豆を盲腸切除鶏に給与すると飼料効率が低下することを観察している。これは盲腸内に高い蛋白質分解酵素活性が見出されることから、小腸内で抑制されていた蛋白質の消化を盲腸が補充するためであろうと推論した。OLSON and MANN¹⁴⁾ も同様に、小腸内容物が流動状になって速やかに腸管を通過するとき、小腸内で消化を免れた栄養素に対して盲腸は補充的に消化液を分泌して消化作用を行うと推論した。一方、これらの仮説を裏付けるような *in vitro* の実験として、盲腸内では炭水化物の消化が微生物によって行われ、その程度は盲腸内に滞留する時間と飼料の性質によって影響されると THORNBURN and WILLCOX¹⁵⁾ は報告している。また PLIMMER and ROSEDALE⁸⁸⁾ は盲腸粘膜組織にアミラーゼの存在することを認めている。しかし、前記諸論とは反対に PAYNE ら¹⁶⁾ は、盲腸切除鶏に上質の魚粉と普通の魚粉を給与した結果、消化率および盲腸内微生物数に差がなかったと報告している。HUNTER¹¹⁾ および勝木ら¹⁰⁾ は、盲腸の欠除は粗繊維の消化率をいくらか低下させるものの、他の栄養素の消化率には影響を与えないと報告している。なお、HERPOL and GREMBERGEN¹⁷⁾ は鳥類で PLIMMER and ROSEDALE⁸⁸⁾ は鶏の盲腸粘膜組織に蛋白質分解酵素の存在を認めていない。

盲腸での粗繊維の消化については、盲腸切除により粗繊維の消化率が著しく低下する^{2,3,15)} と報告され、また腸糞に比較して盲腸糞は粗繊維含量が少なく、飼料中に混入した指標物質をもとに腸糞および盲腸糞の粗繊維の消化率を算出すると盲腸糞の方が極めて高い¹¹⁾。THORNBURN and WILLCOX⁴⁾ は、盲腸切除鶏では給与飼料の粗繊維のうちセルロースの消化率は低下したがペントサンは変らないとし、また盲腸内の粗繊維の消化は微生物により行われるという報告^{4,15)} もある。MANGOLD¹⁾ のように、粗繊維の消化は大部分が盲腸内で行われると報告

した例もある。しかし、これとは反対に、盲腸の粗繊維消化機能についてはそれほど評価できないとする報告^{9,10)}もみられる。

盲腸からの養分吸収については、帆足ら³⁷⁾は盲腸の血管および盲腸基部を結紮すると、盲腸の血管を結紮しないものよりもVFAの増加することから盲腸での吸収を推論し、LEBARSら¹⁸⁾は各種薬物を、またJACKSONら¹⁹⁾は^[35S]メチオンンをそれぞれ結紮した盲腸内に注入し、これらの物質が盲腸から吸収されたことを認めている。しかし、これらの実験は極めて長時間における腸管よりの消失量を測定したもので、盲腸に能動的な吸収作用があると直ちに断定することはできない。

以上、盲腸の消化吸収に関する諸論を述べたが、これらは必ずしも一致した見解には達していない。従って、盲腸における消化吸収を明らかにすることは重要な事項であると考えた。本章では飼料条件および盲腸手術の方法を変えて飼料の消化率に及ぼす影響を調査し、さらに盲腸の消化酵素活性および吸収能について検討した。

第1節 盲腸の結紮が飼料成分の消化に及ぼす影響

盲腸の結紮あるいは切断の程度を変えて飼料の一般成分の消化率に及ぼす影響について調べた。

実験材料および方法

実験 I：盲腸の結紮が飼料の消化率に及ぼす影響を調査する目的で、同一条件下で育成した4か月齢の単冠白色レグホーン種雄（体重1.4~1.6 kg）24羽を第2章で述べたと同様の方法で8羽ずつの3区に分け、それぞれ片側盲腸結紮、両側盲腸結紮および擬似手術を施した。その後、体調が正常に復したと思われる20日後に人工肛門を設着した。

供試鶏は個体別に代謝試験用ケージに収容し、健康状態が回復してから予備飼育期および本試験期をそれぞれ3日間として自由採食による消化試験を実施した。

試験飼料は表6-1に示した慣用配合飼料で、その一般成分は表2-2に示した。

Table 6-1. Composition of diet (Experiment I)

Ingredient	%
Yellow corn	40.5
Milo	13.7
Wheat bran	10.5
Defatted rice bran	15.0
Soybean meal	5.0
Fish meal	7.0
Alfalfa meal	5.0
Ca carbonate	0.7
Na chloride	0.5
Mineral mixture ¹⁾	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25
Chromic oxide	0.5

1), 2): Referred from Table 2-1.

実験 II：盲腸の切断程度が飼料の消化率に及ぼす影響をみる目的で、実験 I と同一条件の4か月齢の単冠白色レグホーン種雄（体重1.4~1.5 kg）40羽を10羽ずつの4区に分け、盲腸尖部切除、盲腸体2/3切除、盲腸起始部切断および擬似手術をそれぞれ行った。手術の方法は第2章に記述したのと大差はないが、盲腸の部分切除は盲腸尖部1 cmあるいは盲腸2/3を切除後タバコサック縫合した。また、盲腸の切断は盲腸の起始部および盲腸扁桃腺部の2か所をそれぞれ1針かけて固く結紮し、盲腸尖部を切開して

Table 6-2. Chemical composition of diet (Experiment 1) (%)

Moisture	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
13.1	79.2	18.6	2.9	54.5	3.2	7.7

*: Nitrogen free extracts.

内容物を洗い出した後、盲尖部をタバコサック縫合して盲腸起始部と盲腸扁桃腺部の結紮部位の中間で切断し、切断腸管内をリンゲル液で洗浄して切断面を焼烙した。これらの鶏は個体別に代謝試験用ケージに収容し、実験 I と同様に人工肛門を設着してから消化試験に供した。供試飼料は 0.5% の酸化クロムを含む表 6-3 に示した組成の慣用配合飼料を自由に採食させた。なお、本飼料の一般成分組成は表 6-4 に示した通りである。

実験 III：盲腸の神経支配あるいは血液循環を阻止したときの飼料の消化に及ぼす影響を調査する目的で、実験 I と同一条件下にある 4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄（体重 1.3~1.6 kg）21 羽を 7 羽ずつの 3 区に分け、盲腸に分布する血管および神経

Table 6-3. Composition of diet (Experiment II)

Ingredient	%
Yellow corn	44.5
Milo	13.7
Wheat bran	10.0
Defatted rice bran	15.0
Soybean meal	5.0
Fish meal	3.0
Alfalfa meal	5.0
Ca carbonate	1.3
Tri-Ca phosphate	0.7
Na chloride	0.5
Mineral mixture ¹⁾	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25
Chromic oxide	0.5

1), 2): Referred from Table 2-1.

Table 6-4. Chemical composition of diet (Experiment II) (%)

Moisture	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
11.2	81.8	16.0	3.3	56.6	4.9	7.0

*: Nitrogen free extracts.

の両者を切断、盲腸に分布する神経のみの切断および擬似手術を行った。なお手術方法は第 2 章第 1 節に示した通りである。回復後人工肛門を設着し、個体別に代謝試験用ケージに収容して消化試験に供した。供試飼料は表 6-1 に示したものを基礎飼料とし、それに魚粉 3% を添加したもので、一般成分組成は表 6-5 に示した。なお試験飼料は自由に採食させた。

Table 6-5. Chemical composition of diet (Experiment III) (%)

Moisture	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
10.8	82.4	20.1	2.8	55.6	3.9	6.8

*: Nitrogen free extracts.

以上 3 回の実験はいずれも自由に飲水させた。本試験期の 3 日間は、人工肛門を中心に取り付けられたポリエチレン製ビーカーに朝夕 2 回に分けて全糞を採取した。採取した糞は全量を 45°C で 24 時間通風乾燥した後、粉碎して分析に供した。飼料および糞中の酸化クロムの定量は BOLIN ら⁸⁹⁾ の方法で、一般成分の分析は A.O.A.C.⁸⁹⁾ の方法で、また粗繊維の定量は静置法⁹⁰⁾ によった。各成分の消化率は飼料中に混入した酸化クロムを指標物質とする指標法によって算出した。

結 果

実験 I：盲腸を結紮した鶏と擬似手術鶏を用いて飼料の消化率を測定した結果は表 6-6 に示した通りである。盲腸の片側および両側結紮鶏の消化率はいずれの成分についても対照区と差がなく、通常用いられるような飼料

Table 6-6. Effect of cecal ligation on digestibility of diet
(Mean \pm S E M for 10 birds) (%)

Treatment	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber
Control (Sham operated)	76.2 \pm 0.5	82.9 \pm 0.4	89.7 \pm 0.5	79.4 \pm 0.6	16.2 \pm 1.2
Ligated right side cecum	77.1 \pm 0.9	83.4 \pm 0.9	91.2 \pm 0.7	79.7 \pm 0.8	17.2 \pm 1.4
Ligated both ceca	76.8 \pm 0.4	82.8 \pm 0.6	90.4 \pm 0.4	79.2 \pm 0.4	16.1 \pm 1.3

*: Nitrogen free extracts.

の消化に対し、盲腸の存否は実用的には影響を与えないものと考えられる。

実験 II：盲腸の切断程度が飼料の消化率に及ぼす影響については表 6-7 に示した通りである。その結果によると、いずれの成分についてもその消化率については盲腸切除による影響はないと思われる。

実験 III：盲腸に分布する血管および神経の切断が飼料の消化率に及ぼす影響は表 6-8 に示した通りである。この結果をみてもいずれの成分についても消化率になんらの影響を与えなかったと考えられる。

Table 6-7. Effect of cecal removal on digestibility of diet
(Mean \pm S E M for 10 birds) (%)

Treatment	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber
Control (Sham operated)	76.7 \pm 0.5	83.1 \pm 0.4 ^{ab}	89.7 \pm 0.5 ^{ab}	79.3 \pm 0.6	17.1 \pm 1.4
Stock diet					
Removal of cecal apex	77.4 \pm 0.4	83.8 \pm 0.6 ^a	91.5 \pm 0.7 ^a	79.7 \pm 0.4	19.7 \pm 1.1
Removal of 2/3 cecal bodies	76.4 \pm 0.7	82.0 \pm 0.9 ^{ab}	90.7 \pm 1.1 ^{ab}	79.0 \pm 0.6	17.6 \pm 2.1
Removal of whole ceca	75.6 \pm 0.9	81.6 \pm 0.8 ^b	88.9 \pm 0.5 ^b	78.2 \pm 0.9	17.3 \pm 2.6

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

Table 6-8. Effect of amputation of cecal main vessels or neurectomization of cecum on digestibility of diets
(Mean \pm S E M for 7 birds) (%)

Treatment	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber
Control (Sham operated)	79.0 \pm 0.5	85.0 \pm 0.5	88.7 \pm 1.4	81.7 \pm 0.3	15.0 \pm 0.6
Severed main vessels and nerves	79.8 \pm 0.2	84.6 \pm 0.2	88.9 \pm 0.6	82.6 \pm 0.2	15.2 \pm 1.5
Neurectomized	79.8 \pm 0.2	85.2 \pm 0.6	88.0 \pm 0.6	82.8 \pm 0.9	14.8 \pm 1.2

*: Nitrogen free extracts.

考 察

OLSON and MANN¹⁴⁾ は盲腸で消化作用のあることを認めており、NITSAN and ALUMOT¹³⁾ は盲腸で高い蛋白質分解酵素を見出し、盲腸内で蛋白質の消化が行われると報告し、また、THORNBURN and WILCOX¹⁵⁾ も盲腸内の微生物により炭水化物の消化が行われると報告している。NESHEIM and CARPENTER¹²⁾ は熱処理したタラミールを給与して、蛋白質の消化率が盲腸切除鶏は77%から68%に低下したと述べ、MANGOLD¹⁾ は粗繊維消化の大部分が盲腸で行われると報告しているが、本実験結果からは盲腸結紮あるいは切除が実用的な意味での飼料の消

化率に影響を及ぼしたとは考えられず、HUNTER ら¹¹⁾ および勝木ら¹⁰⁾ の成績とおおむね一致していた。盲腸糞の排泄量は腸糞の1/10~1/16とされている⁵⁾ し、また第3章の結果からみても、小腸から盲腸内に流入した内容物が全量消化されたとしても、消化率が NESHEIM and CARPENTER¹²⁾ のように10%も向上するとは考え難い。しかし、盲腸で飼料が真に消化されるか否かについては、盲腸内に消化酵素が存在するかどうか、また生息する微生物による飼料の消化について直接測定してみる必要があるため、この点に関しては第2節において検討することにした。

要 約

盲腸の結紮あるいは切断程度が飼料の消化率に及ぼす影響について、4か月齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、慣用配合飼料の消化率を測定して比較検討した。

盲腸の両側および片側を結紮した鶏の消化率はいずれの成分も対照区と差がみられなかった。

盲腸尖部、盲腸2/3および盲腸基部より切断しても実用的な意味での飼料の消化率に影響はみられなかった。また、盲腸に分布する血管および神経を切断しても消化率に差はみられなかった。

第2節 盲腸の消化酵素活性

本節では盲腸粘膜組織に飼料の消化活性があるかどうかを調べるために盲腸粘膜組織および盲腸内容物の蛋白質、デンプンおよび繊維の分解酵素活性を *in vitro* で調査した。

材料および方法

盲腸の粘膜組織と盲腸内容物について、カゼイン、デンプンおよび繊維(脱脂綿、ろ紙粉末、カーボキシメチルセルロース(CMC))の分解酵素活性を *in vitro* で測定した。名古屋大学家畜飼養学教室で、慣用配合飼料を自由摂取させた健康な7日齢および105日齢の単冠白色レグホーン種雄各7羽(平均体重69gおよび1100g)を供試鶏とした。これらの鶏を頸動脈穿刺により放血屠殺した後、直ちに開腹して盲腸を取り出した。盲腸は切開して内容物を冷水(0°C)で洗浄除去し、さらにリンゲル液でよく洗浄した後、水分をぬぐい去ってから粘膜組織をはく離した。次いで、これを秤量後10倍量のリンゲル液と海砂を加えて乳鉢で磨砕し、5分間遠沈(1500rpm)してその上澄液を酵素液とした。

次に、上記と相似の供試鶏4羽を用い、屠殺後の盲腸内容物の移動を防ぐため盲腸分岐部を鉗子ではさみ、放血屠殺後盲腸内容物を取り出して10倍量のリンゲル液を加えた。その後は盲腸粘膜組織の場合と同様の方法で酵素液を作った。繊維の消化は微生物による分解を考慮し、盲腸内容物に10倍量のリンゲル液を加えよくかくはん後、ガラス布でろ過しそのろ液を用いた。なお、これらの操作はすべて水冷下で行った。

消化試験に際しては、30×200mm試験管にpH6.8に調整したクレーブス・リンガー-リン酸緩衝液22ml(カゼインおよびCMCの消化量測定)、21ml(デンプンの消化量測定)あるいは24ml(脱脂綿およびろ紙粉末の消化量測定)をとり、基質としては2%カゼイン溶液2ml、0.2%デンプン溶液3ml、0.5%CMC2mlあるいは脱脂綿、ろ紙粉末0.5gを加え、さらに酵素液1mlを加えて全量を25mlとし、CO₂を吹き込みながらゴム栓をして41°Cの振盪湯浴中で1時間(繊維は8時間)嫌氣的な消化を行った。ブランクの試験管を同様に処理して前記の値を補正した。

カゼインの消化量は、トリクロール酢酸非沈殿物をマイクロケルダール法⁶⁹⁾により測定し、デンプンはヨウ素反応により残存デンプン量を定量し⁹¹⁾、CMCは遊離還元糖をジニトロサルチル酸法⁹²⁾により、脱脂綿およびろ紙粉末は静置法⁹⁰⁾により定量した。

結果および考察

7日および105日齢の盲腸粘膜組織と盲腸内容物磨碎液のカゼインならびにデンプンの消化能を *in vitro* で測定した結果は図6-1, 図6-2に示した通りである。7日齢および105日齢のいずれの場合も、盲腸粘膜組織にはカ

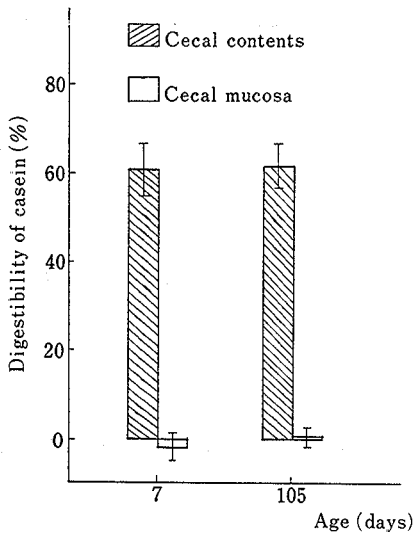


Fig. 6-1. The proteolytic activities of cecal contents and cecal mucosa *in vitro*. Digestion trial was performed at pH 6.8, 41°C for 1 hour (Mean \pm S E M for 10 test-tubes).

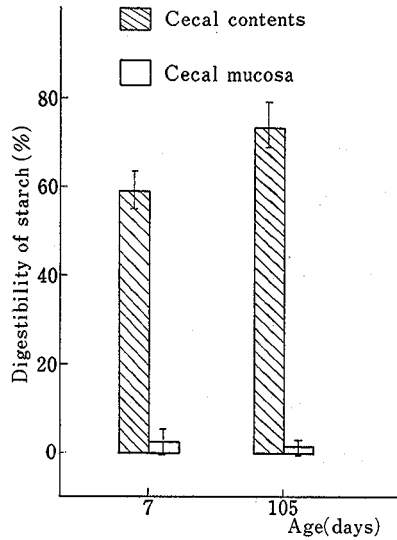


Fig. 6-2. The amylolytic activities of cecal contents and cecal mucosa *in vitro*. Digestion trial was performed at pH 6.8, 41°C for 1 hour (Mean \pm S E M for 10 test-tubes).

ゼイン分解能が全くみられず、盲腸粘膜にはカゼイン分解酵素が含まれているとは考えられなかった。このことは、HERPOL and GREMBERGEN¹⁷⁾ および PLIMMER and ROSEDALE⁸⁸⁾ の実験結果と一致した。

デンプン分解能についてもカゼインの場合と同様に、盲腸粘膜には消化酵素活性を全く認めることはできず、PLIMMER and ROSEDALE⁸⁸⁾ の報告したように盲腸抽出物中のアミラーゼの存在を確認することはできなかった。なお酵素活性がみられないことは、緩衝液の pH、酵素液量、培養温度などにも問題があるのではないかと考え、前記と同様の方法で緩衝液の pH を 2.8 から 8.8 までの 7 段階、酵素液を 0.5 ml から 3 ml までの 5 段階、培養温度も 38°C から 44°C までの 7 段階について、さらに培養時間を 30 分から 3 時間まで 30 分間隔で測定してみたが、すべての条件下でカゼインおよびデンプンの分解能を見出すことはできなかった。

次に、盲腸内容物を用いてそのカゼインおよびデンプンの分解酵素活性を測定するために、1 試験管あたりカゼイン 40 mg、またはデンプン 6 mg をそれぞれ基質として添加したが、消化試験開始後 1 時間に、7 日齢および 105 日齢ともそれぞれ 24.0 mg および 24.6 mg のカゼインと 3.5 mg および 4.1 mg のデンプンが消化された。これは添加したカゼインおよびデンプンのそれぞれ 60% および 60~70% に相当する。

以上の結果から、盲腸は幼雛および大雛ともに蛋白質およびデンプンの分解酵素を分泌する機能はなく、OLSON and MANN¹⁴⁾ の推論と相反した。しかし、盲腸内容物には消化酵素活性が認められ、NIISAN and ALUMOI¹³⁾ および THORNBURN and WILLCOX¹⁵⁾ の実験結果を裏付け、また NESHEIM and CARPENTER¹²⁾ の推論とも一致した。しかし、NIISAN and ALUMOI¹³⁾ の結果とは異なり、7 日齢の雛と 105 日齢の鶏とは消化能に差異がみられなかった。

一般に鶏では、小腸内で蛋白質およびデンプンの強力な消化作用が認められているので、盲腸内容物にみられた消化酵素活性は、おそらく盲腸内に流入した小腸内容物に含まれていたものであろう。これに関連して著者の未発表のデータによると、消化酵素の分泌が全く認められていない結直腸¹⁷⁾ についてその内容物の消化力を調査した結果も、小腸内容物に近い値を得た。これら酵素活性には、おそらく腸管内微生物に由来する部分も含まれているであろうが、本実験においてその程度を明らかにすることはできなかった。摂取された飼料はすでに小腸内で大部分が強力な消化作用を受けているので、盲腸内容物に蛋白質およびデンプンを分解する活性があっても、盲腸内消化が飼料の全消化率に及ぼす影響は非常に小さいものと考えられる。

次に、盲腸粘膜組織および盲腸内容物中の繊維分解酵素活性をみるために行った実験の結果を表6-9に示した。

Table 6-9. Cellulase activities of cecal contents and cecal mucosa *in vitro*
(Mean \pm S E M for 7 birds) (%)

Age (days)	Substrate	Cecal mucosa	Cecal contents
7	Absorbent cotton	-1.3 \pm 1.4	1.7 \pm 1.6
	Filter paper powder	1.9 \pm 3.1	1.1 \pm 6.2
	CMC#	-1.2 \pm 1.1	3.8 \pm 2.7
105	Absorbent cotton	1.4 \pm 1.8	-1.2 \pm 1.4
	Filter paper powder	1.2 \pm 2.6	1.7 \pm 4.3
	CMC#	-1.6 \pm 1.2	4.2 \pm 1.5

#: Carboxy-methyl-cellulose.

盲腸粘膜組織に繊維分解酵素のみられないのは当然と思われるが、盲腸内容物については CMC がわずかに消化されているものの、他の繊維は全く消化されなかった。従って、盲腸内では繊維質の消化はほとんど行われぬものと考えられる。THORNBURN and WILLCOX⁴⁾ は、セルロースが盲腸内微生物により消化されることを報告しているが、本実験では盲腸内微生物の検索を行わなかったため、この点について論議することはできない。

要 約

盲腸における消化酵素活性の有無について単冠白色レグホーン種雄を用いて調査した。

7日齢および105日齢の盲腸粘膜および内容物よりそれぞれ酵素液を調製し、カゼイン、デンプン、CMC、脱脂綿およびろ紙粉末の分解能を *in vitro* で測定した結果、粘膜組織にはいずれの分解能もみられなかった。内容物にはカゼイン、デンプンの高い分解能が認められたが、繊維ではあまりみられなかった。

第3節 盲腸における栄養素の吸収

盲腸から能動的な養分吸収があるか否かをみるために、腸管環流法を用いて盲腸からのメチオニンおよびグルコースの吸収を小腸と比較検討した。

材料および方法

供試鶏は本章第2節と同一条件で飼育した105日齢の単冠白色レグホーン種雄を用い、24時間絶食させたのちL-メチオニンあるいはグルコースを含む環流液を各区7羽ずつの盲腸および小腸内に1時間環流した。その方法はTASAKI and TAKAHASHI⁵⁰⁾ およびAKEDO ら⁸⁶⁾ の方法を若干改変して行った。盲腸の環流部位は盲腸扁桃腺部に近い盲腸狭部より盲腸尖部までとし、小腸はメッケル憩室を中心とする12cmとした。いずれの腸も環流装置への装置は第5章第3節に述べた方法で行い、41°C、0.9%食塩水で内容物がなくなるまで洗浄後、所定の緩衝液でさらに洗浄した。

用いた環流液は、盲腸では pH 6.8 に、小腸では pH 7.4 に調整したクレーブス・リンガー・リン酸緩衝液に L-メチオニン盲腸では 5, 10, 15 および 20 mM, 小腸では 5, 10, 20 mM となるように加減した。またグルコースは盲腸では 5, 10 および 20 mM とし、小腸では 5 および 15 mM になるように溶解した環流液を用いた。環流前後の環流量と環流液中の L-メチオニンおよびグルコース濃度から、それぞれに吸収量を求め腸組織乾燥物 1g あたりの吸収量に換算した。環流液中の L-メチオニンは Hess and SULLIVAN⁹³⁾ の方法により、またグルコースはジニトロサルチル酸法⁹³⁾ によりそれぞれ定量した。

結果および考察

L-メチオニンあるいはグルコースを含むクレーブス・リンガー・リン酸緩衝液で pH を盲腸 6.8, 小腸 7.4 に調整して盲腸および小腸内に環流し、15分, 30分, 45分および60分後に吸収量を測定したが、1時間後の結果を示すと図6-3および図6-4の通りである。L-メチオニンの環流液濃度を5, 10および20 mM とした場合、盲腸では

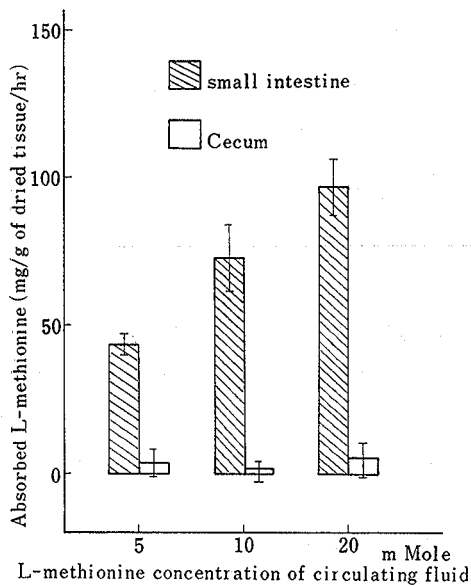


Fig. 6-3. Absorption of L-methionine from cecum and small intestine. Intestinal segments were perfused with Krebs-Ringer phosphate solution containing various levels of L-methionine at 41°C for 1 hour. The pH of the solution was 6.8 in the cecum and 7.4 in the small intestine (Mean ± confidence limits for 7 birds).

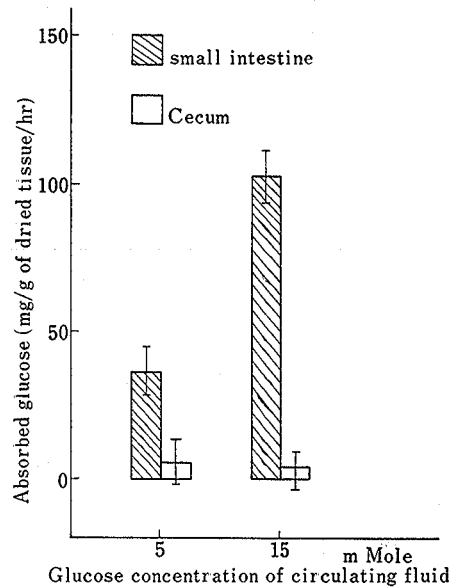


Fig. 6-4. Absorption of glucose from cecum and small intestine. Intestinal segments were perfused with Krebs-Ringer phosphate solution containing various levels of glucose at 41°C for 1 hour. The pH of the solution was 6.8 in the cecum and 7.4 in the small intestine (Mean ± confidence limits for 7 birds).

20 mM にやや高い吸収がみられたが、個体差も大きくそれ以外の濃度では吸収量が非常に少なくなり、また環流中に環流液の濃度の高まりなどがみられたことなどから、全体的に判断すると、盲腸における L-メチオニンの吸収能は存在しないものと思われる。

これに反して小腸では、環流開始後、時間の経過とともに吸収量が増加し、また環流液の濃度が高まるにつれて吸収量が増大し、20 mM の場合には 96 ± 7 mg の吸収がみられた。一方、グルコースの場合も、盲腸ではいずれの濃度でも有意な吸収があったとは考えられない。また小腸では、時間の経過とともに吸収量が増加し、特に 15 mM の時には旺盛な吸収が認められ (102 ± 7 mg), 5 mM においてもかなりの量 (36 ± 5 mg) が吸収さ

れた。なお、環流液の pH を 6.6 から 7.4 まで 5 段階に変化させて盲腸よりの吸収能を測定したが、いずれの場合も L-メチオニンおよびグルコースの吸収は認められなかった。また、盲腸における内容物の滞留時間の長いことを考慮し、環流時間を 4 時間まで延長して 30 分ごとの吸収量を測定したが、L-メチオニンおよびグルコースともに吸収の増加はみられなかった。

盲腸からの養分吸収についての試験研究は極めて少ない。JACKSON ら¹⁹⁾ は結紮盲腸内に [³⁵S] を標識したメチオニン 0.75 mg を注入し、48 時間後にその 90% が消失していることを認めたが、それは長時間にわたる実験であり、しかも極めて少量を問題にしているために盲腸に養分吸収があると断定するには疑問がある。CHASE and LEWIS⁹⁴⁾ が腸からアミノ酸吸収を問題として取り上げて以来、アミノ酸吸収に関する多くの研究が発表されてきた。本実験は鶏の小腸より最も早く吸収される L-メチオニン⁵⁰⁾ を用いて、盲腸と小腸における吸収力の差異を調べたものである。YOKOTA and TASAKI⁹⁵⁾ によると 10 mM の L-メチオニンを含む液を小腸内に環流すると、十二指腸より空腸に至るまでの腸管において、単位長さあたりの L-メチオニンの吸収率はほとんど変わらず、いずれも腸長 10 cm あたり 1 時間に 350~400 μ moles であった。本実験の結果は、小腸中間部において腸長 10 cm あたり 1 時間に 290~415 μ moles となり、YOKOTA and TASAKI⁹⁵⁾ の値と比較的近似した値が得られた。これに反し、盲腸ではその全長を取ってみても吸収をほとんど認めることができなかった。そのため盲腸にはアミノ酸の吸収機能が存在しないか、あったとしてもごく小さいものと考えるのが妥当であろう。

次に、炭水化物消化の最終産物であるグルコースは小腸では極めて旺盛に吸収されたが（乾燥腸 1 g あたり、1 時間に 120 mg）、盲腸ではほとんど吸収されなかった。腸管におけるグルコースの吸収に関するこれまでの研究は、主として *in vitro* で行ったものが多く、本実験のような環流法を用いたものは見当たらない。SATO ら⁹⁶⁾ は反転および非反転腸管を用いて鶏小腸よりのグルコースの吸収量を調べた結果、体重 100 g あたり 30 分間の吸収量は 2 日齢の雛で 41 mg であったが、成長するにつれて吸収量は増加し 25 日齢では 154 mg となり、GOLDEN and LONG⁹⁷⁾ が求めた成鶏による吸収率 (100 mg/hr./100 g 体重) と一致するとしている。これらの結果と本実験の結果では測定方法および雛の日齢が異なるので直ちに比較することは困難であるが、いずれにしても小腸からは相当量のグルコースの吸収が行われることは明らかである。盲腸からのグルコースの吸収に関する報告はみられないが、グルコースの濃度および環流液の pH などの条件を変化させてもその吸収が認められなかったため、盲腸にはアミノ酸の場合と同様にグルコースの吸収機能が存在しないのか、もしあったとしてもごく小さいものであろうと思われる。

以上の実験結果から、盲腸から L-メチオニンおよびグルコースの吸収能がないことと、本章第 2 節で述べた盲腸内容物には蛋白質およびデンプン分解能が存在するが、粘膜組織からは蛋白質およびデンプン分解酵素の分泌は認められなかったこと、また繊維の分解は盲腸内容物においても認められなかったことを含めて、本章第 1 節で一般成分の消化率に差異が生じなかったことを裏付けるものである。

要 約

盲腸からの栄養分の吸収機能について、単冠白色レグホーン種雄を用い、腸管環流法で L-メチオニンおよびグルコースの吸収能を調査し小腸と対比させた。

小腸からは L-メチオニンおよびグルコースともに能動的な吸収がみられ、環流液中の濃度が高くなれば吸収能も増加した。

盲腸からは L-メチオニンおよびグルコースともに環流液の pH または基質濃度を変えても、また環流時間を 4 時間まで延長しても吸収能はみられなかった。

第4節 繊維多給時における繊維の消化に及ぼす盲腸切除の影響

本章第1節で盲腸を結紮あるいは切除しても、実用的見地からみた場合に粗繊維の消化率が低下することはなかった。しかし、鶏の盲腸は古くから粗繊維の消化吸収をつかさどるものと考えられている。一方、盲腸の粗繊維消化機能についてはそれほど高く評価できないとする報告もある。また粗繊維もその種類により消化率が異なると述べた報告もみられる。

本実験は盲腸の粗繊維の消化機能をさらに追究する目的で、粗繊維の種類、含量を変えて繊維素の消化について検討した。

材料および方法

実験 I：飼料に含まれる繊維の種類あるいは繊維含量の違いが粗繊維の消化に及ぼす影響を調査するため次の実験を行った。

両側盲腸結紮および擬似手術を行った6か月齢の単冠白色レグホーン種雄をそれぞれ10羽ずつ個別別に代謝試験用ケージに収容し、粗繊維について消化試験を行った。

表6-1に示した配合飼料（酸化クロムを黄色とうもろこしでおきかえた）にモミガラ粉末20%、ラジノクローバ乾燥粉末10%および20%、あるいはパルプ粉末10%をそれぞれ添加したものに、酸化クロムが0.5%になるように添加した飼料を用いて、本章第1節に示したと同様の方法により消化試験を行った。

定量時における粗繊維の含量は繊維質の粉碎方法および粉碎程度が影響を与えるといわれている¹⁴⁾ので、これらの飼料の粉碎は衝撃式粉碎机に0.5mmのふるいを付けて同一条件のもとに行った。なお、試験飼料の一般成分組成は表6-10に示した。

Table 6-10. Chemical composition of diet (%)

Diet	Moisture	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
Stock diet	13.1	79.2	18.6	2.9	54.5	3.2	7.7
Stock diet +20% Rice hull	10.7	78.7	16.3	3.0	48.5	10.9	10.6
Stock diet +10% Ladino clover	11.0	80.2	18.7	3.7	47.7	5.9	8.4
Stock diet +20% Ladino clover	13.2	78.1	18.8	3.9	47.7	6.7	9.7
Stock diet +10% pulp	11.0	82.7	19.5	3.0	53.1	12.1	6.3

*: Nitrogen free extracts.

以上の実験とは別に、3か月齢の単冠白色レグホーン種雄各10羽にそれぞれ第2章第1節に述べた方法で両側の盲腸を結紮あるいは擬似手術を行い、さらに本章第1節の方法で人工肛門を設置し、5か月齢より粗繊維の消化試験を行った。

まず、繊維飼料としてイタリアンライグラス幼草乾燥粉末（草丈50cm）およびイタリアンライグラス繊維部をそれぞれ表6-11に示すようにレベルを変えて添加した半精製飼料のペレットを作製した。なおイタリアンライグラス繊維部の添加量が増加するとペレット作製が困難なため、 β ・スターチを α ・スターチに段階的に置き換えた。これらの飼料は1日80gを朝夕（9時、16時）の2回に分けて給与し自由に摂取させた。

なお、牧草繊維部の作製は収穫直後のイタリアンライグラスを刈り取り、3~5cmに切断した後チョッパーに水道水を流しながら機械的に磨砕し、径0.5mmの金網で受けて水と分離し、着色水が出なくなるまで磨砕と水

Table 6-11. Composition of diet (%)

Ingredient	Italian ryegrass green meal diet		Fibrous material of Italian ryegrass diet			
α -cornstarch	—	—	—	15	25	30
β -cornstarch	69.6	61.6	70.8	45.8	25.8	10.8
Italian ryegrass green meal	10	20	—	—	—	—
Fibrous material of Italian ryegrass	—	—	10.0	20.0	30.0	40.0
Corn oil	5	5	5.0	5.0	5.0	5.0
Casein	8	6	12.0	12.0	12.0	12.0
Mineral mixture ¹⁾	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Vitamin mixture ²⁾	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Choline chloride	0.1	0.1	0.13	0.13	0.13	0.13
Chromic oxide	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Crude fiber	2.5	5.0	5.7	11.5	17.1	22.9

1), 2): Referred from Velu et al.⁶⁸⁾

洗を繰り返す、白色の繊維部を得た。これを自然乾燥した後、粉碎（メッシュ 0.5 mm）し供試飼料とした。

実験 II：実験 I が終了した後 0.5mm に粉碎したコプラミール、ラジノクロバ、イタリアンライグラスおよびオーチャードグラス繊維部を粗繊維源とする半精製飼料（表6-12）と、0.5mm に粉碎した黄色とうもろこし

Table 6-12. Composition of diet (%)

Ingredient	Copra meal diet	Fibrous material	Fibrous material	Fibrous material
		Ladino clover diet	of Italian ryegrass diet	of Orchard grass diet
Corn starch	62.7	59.07	63.07	63.2
Copra meal	20	—	—	—
Fibrous material of Ladino clover	—	16.5	—	—
Fibrous material of Italian ryegrass	—	—	12.5	—
Fibrous material of Orchard grass	—	—	—	12.5
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Casein	5.0	12.0	12.0	12.0
Mineral mixture ¹⁾	5.6	5.6	5.6	5.6
Vitamin mixture ²⁾	1.2	1.2	1.2	1.2
Choline chloride	0.13	0.13	0.13	0.13
Chromic oxide	0.5	0.5	0.5	0.5
Crude fiber	3.7	8.3	7.1	7.2

1), 2): Referred from Velu et al.⁶⁸⁾

および小麦（農林 2 号）に食塩 0.4%、ミネラル混合物⁶⁸⁾ 0.05%、ビタミン混合物⁶⁸⁾ 0.25%および酸化クロム 0.5%を添加したものをペレットとし、1日1羽あたり 80g ずつ朝夕（9時、16時）2回に分けて給与し、自由に摂取させ粗繊維、セルロース、ペントサンおよびリグニンの消化率を測定し、比較した。各牧草繊維部の作製および消化試験の方法は本節実験 I と同じである。

セルロースの定量は、試料をアルコール、ベンゼンで抽出し、乾燥後亜塩素酸塩法⁹⁹⁾に従ってホロセルロースを調製した後、右田¹⁰⁰⁾の方法により粗セルロースを分離定量し、灰分量を補正して求めた。リグニンはクラ-

ソン法⁹⁹⁾により定量した。ペントサンは JIS 法¹⁰¹⁾に従って加水分解後、蒸留して生成したフルフラールをクルグレン・チデン法¹⁰²⁾によって定量し、全ペントサンとして求めた。粗繊維および酸化クロムの定量は本章第1節の実験と同様の方法で行った。

以上、2つの実験は予備飼育期、本試験期ともに3日間とし、採糞は8時、16時、22時の3回に分けて、本章第1節に述べた方法で行った。

結 果

実験 I：慣用配合飼料あるいは半精製飼料に各種粗繊維を添加した飼料を盲腸結紮鶏に給与したときの粗繊維の消化率は表6-13に示した通りである。本章第1節では、本実験に使用した基礎飼料の粗繊維はすべての鶏で見

Table 6-13. Effect of cecal ligation on digestibility of crude fiber
(Mean \pm S E M for 10 birds) (%)

Treatment of birds	Rice hull meal		Ladino clover meal		Pulp	Italian ryegrass green meal		Fibrous material of Italian ryegrass			
	20%*	10%	20%	10%		10%	20%	10%	20%	30%	40%
Control (Sham operated)	-1.9 \pm 2.1	16.3 \pm 1.1	18.0 \pm 1.6	18.4 \pm 1.3	36.0 \pm 1.2	37.9 \pm 1.2	17.1 \pm 2.1	16.8 \pm 1.7	17.8 \pm 0.3	16.5 \pm 0.7	
Ligated both ceca	1.6 \pm 4.0	16.5 \pm 1.7	16.1 \pm 1.6	17.7 \pm 0.9	35.9 \pm 1.2	36.7 \pm 1.2	16.5 \pm 1.1	17.9 \pm 0.6	16.7 \pm 1.1	17.6 \pm 1.1	

*: Percentage of the fibrous materials.

掛け上、ある程度消化されているが、モミガラ添加により両区とも糞中の粗繊維含量が高くなり、見掛け上は粗繊維の消化率はほとんど0になった。ラジノクローバ添加飼料では、対照区は10%よりも20%添加の方が若干高くなっているが有意な差でなく、盲腸結紮区では全く変わらず、さらに対照区とも有意差はみられなかった。次いでパルプ粉末を添加した場合をみても、その消化率には盲腸結紮の影響が全くみられなかった。

同一牧草でも、生長に伴って粗繊維を構成するセルロースおよびリグニン含量も増加して木質化が進む¹⁰³⁾。このように粗繊維の質が変化した場合の消化率に盲腸がどのような影響を与えるかをみるために、イタリアンライグラス幼草粉末と出穂直後の繊維部粉末について、その混入量を加減させた半精製飼料を盲腸結紮鶏に給与して粗繊維の消化率を測定した。その結果は表6-13に併せ示した通りである。すなわち、幼草粉末を10%あるいは20%添加した飼料の粗繊維の消化率は、盲腸の結紮あるいは添加割合のいかんを問わず、36~38%の値を示し、いずれの間にも有意な差はみられず、かなり高い値を示した。出穂後のイタリアンライグラス繊維部を添加給与すると、その消化率は幼草時のそれに比し1/2以下と低く、ラジノクローバ粉末添加時とほぼ同じ値となった。しかし、その混合率を10%から40%まで増加させても消化率は変わらず、また盲腸結紮による影響も全くみられなかった。

実験 II：次に繊維の種類を変えた場合の粗繊維およびその各成分の消化率を調べた結果は表6-14に示した通りである。すなわち、粗繊維の消化率についてはコプラミールが最もよく、ついで小麦、とうもろこし、イタリアンライグラス、オーチャードグラスおよびラジノクローバの順となった。実験 I のイタリアンライグラス繊維部の消化率と若干異なるのは、実験鶏と実験時期の違いによるものであろう。このような粗繊維の消化率における差がその構成成分とどのような関係にあるかについては、一般にペントサンの消化率が高く、セルロースはペントサンと同程度かあるいは1/2程度になり、リグニンはいずれの飼料も全く消化したとは考えられなかった。このように繊維の種類による消化率の相異については本論文の主旨よりはずれるので深く追究しないが、いずれ

Table 6-14. Effect of cecal ligation on digestibility of crude fiber, cellulose, pentosan and lignin in chickens fed various kinds of diets (Mean \pm S E M for 7-10 birds) (%)

	Treatment of ceca	Corn	Wheat	Copra meal	Fibrous part		
					Orchard grass	Italian ryegrass	Ladino clover
Crude fiber	Control (Sham operated)	21.1 \pm 1.0 (8)	22.4 \pm 1.0 (7)	52.2 \pm 1.2 (8)	12.7 \pm 0.3 (8)	19.2 \pm 0.7 (10)	-0.1 \pm 1.3 (8)
	Ligated	18.3 \pm 1.3 (7)	23.7 \pm 1.0 (8)	50.9 \pm 2.2 (10)	11.8 \pm 1.3 (10)	19.0 \pm 1.2 (10)	0.0 \pm 1.2 (10)
Cellulose	Control	47.8 \pm 1.4	27.3 \pm 0.8	37.1 \pm 0.7	17.5 \pm 0.8	22.7 \pm 1.2	-2.0 \pm 1.6
	Ligated	47.5 \pm 1.2	28.9 \pm 0.9	38.9 \pm 0.7	17.1 \pm 1.4	22.6 \pm 1.2	-1.1 \pm 1.2
Pentosan	Control	47.0 \pm 0.6	48.8 \pm 1.1	76.9 \pm 0.8	43.4 \pm 1.1	47.1 \pm 0.6	1.0 \pm 1.4
	Ligated	47.6 \pm 1.2	46.4 \pm 1.2	77.8 \pm 1.2	44.1 \pm 1.0	48.1 \pm 0.8	0.9 \pm 1.2
Lignin	Control	-0.4 \pm 1.6	-0.8 \pm 1.9	0.1 \pm 1.2	1.1 \pm 1.6	5.1 \pm 1.4	-1.1 \pm 2.6
	Ligated	-0.8 \pm 1.4	-0.2 \pm 1.4	-1.4 \pm 1.5	0.5 \pm 1.9	-4.0 \pm 1.1	-0.5 \pm 1.5

(): Figures in parentheses indicate number of birds used.

の成分においても盲腸結紮による影響は全くみられなかった。

考 察

実験 I の結果を通覧すると、モミガラ繊維の消化率が最も劣り、イタリアンライグラス幼草のそれは最も高かった。

モミガラの粗繊維中には多量のリグニンが含まれている¹⁰⁴⁾。MÜLLER¹⁰⁵⁾によると、リグニンは鶏にはほとんど利用されない成分で、摂取してもすべて体外に排泄されると報告している。

イタリアンライグラス幼草乾燥粉末混入飼料の粗繊維の消化率が高い値を示した原因は、その粗繊維を構成する構造的な違いによるものと思われる。すなわち、HALNAN^{106,107)}は植物の細胞壁の分裂組織が消化されやすいと報告している。本実験の場合、幼草期は栄養生長の盛んな時期で、粗繊維を構成する細胞も分裂が盛んな時期であるが、出穂後は栄養生長がとまり、粗繊維を構成するセルロースの連鎖が増加し、リグニン含量も増加する¹⁰³⁾ために粗繊維の消化率が低下したと思われる。

粗繊維の消化率は飼料中のセルロース、リグニンなど粗繊維を構成する物質の相対的な比率により異なる⁶⁾ことから、飼料の種類を変えて両者の含有割合を変えると、粗繊維の消化率に差が生じるものと考えられる。しかし、本実験の結果ではモミガラおよびイタリアンライグラス幼草に違いがみられたほかは、ラジノクローバ、イタリアンライグラス繊維部およびバルブについては差がみられなかった。また粗繊維の消化が異なる飼料を給与しても、盲腸結紮による消化率の影響はなく、盲腸で粗繊維の消化が行われているという報告とは逆の結果となり、盲腸が粗繊維の消化に有効に働いたとは考えられない。

一般に粗繊維の消化率はセルロースの構造的な差異によって異なる¹⁰⁸⁾ほか、粗繊維中のセルロース、ヘミセルロース、リグニン、ペントサンなどの占める割合によっても影響される⁶⁾。また KAUPP and IVEY⁷⁾も給与飼料により粗繊維の消化率に差異を認め、DANILOVA⁸⁾は粗繊維の消化率は一般に単味飼料を与えたときよりも混合飼料を与えたときの方が低下すると報告している。本実験結果も給与飼料により繊維質の消化に差異のみられることは、上記した三報告の結果を裏付けるものである。

MANGOLD¹⁾は鶏の粗繊維消化が大部分盲腸で行われるとし、RADEFF²⁾およびHENNING³⁾は盲腸切除前後の鶏に小麦およびとうもろこしを給与して粗繊維の消化率を比較した結果、手術前はそれぞれ17.1%および19.7%

であったのに対し、手術後は両者とも0になったと報告している。HUNTER¹¹⁾ および HALNAN⁹⁾ も前者ほどではないが、盲腸切除鶏で粗繊維の消化が低下することを認めている。また THORNBURN and WILLCOX⁴⁾ は、盲腸切除鶏においてセルロースの消化率は低下するが、ペントサンの消化率には影響がなかったと報告している。しかし、本実験においては粗繊維をはじめ、セルロース、ペントサンの消化はほとんど盲腸に依存していないことを示し、盲腸が粗繊維の消化に対し主要な機能を果たしていると考えた従来の報告^{1-8,9)} とは一致しなかった。

以上の結果より、鶏の盲腸には粗繊維を消化する機能はほとんどないか、もしあったとしても極めてわずかなものであろうと思われる。リグニンはほとんど利用されない成分と考えられており¹⁰⁵⁾、しかも分析手法からみても定量誤差の大きいことが知られている。本実験においてもリグニンの消化率はほとんど0となり、MÜLLER¹⁰⁵⁾ の結果とよく一致していた。

要 約

盲腸の粗繊維消化に果たす役割を調べる目的で盲腸切除鶏に対して飼料中に含まれる粗繊維の種類あるいは粗繊維含量の異なる飼料を給与し、粗繊維および各繊維素の消化について検討した。

1) 6か月齢の単冠白色レグホーン種雄の盲腸を結紮した人工肛門設着鶏に対して慣用配合飼料にモミガラ、ラジノクロバおよびパルプ粉末添加飼料を給与した結果、粗繊維の種類による消化率の差はみられたが、盲腸結紮による差はみられなかった。

2) 3か月齢の単冠白色レグホーン種雄で盲腸を結紮した人工肛門設着鶏にイタリアンライグラスの幼草と繊維部を添加した半精製飼料を給与した結果、幼草乾燥物の粗繊維の消化率は高かったが、添加量および盲腸結紮による差はみられなかった。

3) とうもろこしおよび小麦の単味とコプラミールおよびラジノクロバ、オーチャードグラス、イタリアンライグラスの各繊維部を添加した半精製飼料を給与した結果、粗繊維、セルロース、ペントサンおよびリグニンの消化率はともに盲腸結紮による差はみられなかった。

第5節 総 括

盲腸を結紮しても通常の飼養条件下では正常な成長および産卵が行われることから、実用的見地からみた場合には盲腸は飼料の消化吸収に大きな影響をもたないものと考えられる。しかし、過去の研究では、盲腸が飼料の消化吸収に重要な役割を果たしているとするものと、さほど大きな役割を果たしていないとする報告がみられる。そこで本実験は、盲腸が飼料の消化吸収に果たす役割を追究する目的で飼料条件および盲腸機能を阻止する手術方法を変えて飼料の消化率に及ぼす影響を調査し、さらに盲腸の消化酵素活性および吸収能について調査した。

まず、盲腸の片側および両側を結紮した鶏の消化率はいずれの成分も対照区と差がみられなかった。次いで盲腸尖部、盲腸2/3および盲腸基部と段階的に切断しても、また盲腸に分布する血管および神経を切断しても、飼料の消化率に影響はみられず、盲腸で飼料の消化吸収が行われるとした報告^{1,12,15)} とは逆に盲腸での消化が期待できないとする報告^{10,11)} と一致した。しかし、盲腸糞の排泄は腸糞に比べて著しく少ないために、盲腸で飼料が消化されても一般的な消化率の測定では判然としなないのかもしれない。盲腸で飼料成分が真に消化されるか否かについては、盲腸に消化酵素が存在するかどうか、また微生物などによる飼料の消化が行われるのかどうかについて直接測定してみる必要があると考えられる。そこで7日齢と105日齢の盲腸粘膜および盲腸内容物よりそれぞれ酵素液を調製し、カゼイン、デンプン、CMC、脱脂綿、ろ紙粉末の分解能を *in vitro* で測定した結果、盲腸粘膜組織にはいずれの分解能もみられなかった。蛋白質分解酵素については HERPOL and GREMBERGEN¹⁷⁾ の実験結果と一致したが、FLIMMER and ROSEDALE⁸⁸⁾ および OLSON and MANN¹⁴⁾ の推論とは相反した。盲腸内容

物ではカゼイン、デンプンともに1時間で60~70%が消化され、これまでの報告^{12,13,15)}とも一致した。

繊維質の分解能についてはいずれの場合もほとんど行われなかった。

盲腸内には蛋白質およびデンプンの分解酵素を分泌する機能のないことから、盲腸内容物に認められた分解酵素は盲腸内に流入した小腸内容物に含まれていたものと、微生物によるものと考えられる。盲腸内容物中に飼料の消化酵素活性が認められたとしても、すでに飼料は小腸内で強力な消化作用を受けているので、全飼料の消化率に及ぼす影響は少ないものと思われる。

盲腸内で消化された栄養分が吸収されるか否かが問題である。そこで盲腸および小腸内に腸管環流法でメチオニンとグルコースを環流させ、その吸収を調べた結果、小腸からは能動的な吸収がみられたが盲腸からはほとんど吸収されなかった。

次いで、盲腸は古くから粗繊維の消化が行われる場とされているため、盲腸結紮鶏に対して慣用配合飼料と半精製飼料に粗繊維の種類および添加量を変えて給与し、粗繊維と各繊維素の消化率を測定したが、いずれの繊維素も盲腸結紮による影響はみられなかった。

以上の実験結果から、鶏の盲腸は飼料の消化吸収に対してほとんど関与していないものと判断される。

第7章 盲腸の水分吸収機能

緒 言

盲腸からの水分吸収については、最初 RÖSELER⁴⁰⁾によって研究されている。すなわち、盲腸内容物の水分含量は糞あるいは直腸内容物よりも低く、さらに盲腸切除鶏は糞中水分含量の高くなることを明らかにした。また、BROWNE⁴⁷⁾によると小腸を通過する内容物のうち、溶液状の栄養分は盲腸内に流入するが、固形の物質は盲腸を経由しないため、盲腸は消化面よりも主として吸収面で重要な役割を演じているとしている。また、盲腸を切除すると総排泄物中の固形物が低下することから、盲腸が水分吸収に大きな役割を果たしていることが示唆されている^{4,14)}。しかし、彼らは糞尿の混合した総排泄物をもとにして実験を行っているため、細部については明らかでない点がある。また、高橋ら²⁰⁾は盲腸切除鶏で飲水量の増大することを認めている。

以上、盲腸の水分吸収に関する諸論は盲腸に水分吸収能のあることを示唆したものがほとんどであるが、その細部にわたっての検討はなされていない。本実験は盲腸を切除あるいは結紮したときの自由飲水時の水分摂取と糞尿中への水分排泄および制限給水時の水分出納について調べ、さらに盲腸に分布する血管、神経の切断が水分出納に及ぼす影響をも調査し、盲腸の水分吸収機能を明らかにしようとした。

第1節 盲腸の結紮および切断程度と水分吸収

盲腸結紮あるいは切除した時の水分摂取と糞中への水分排泄について調査し、盲腸の水分吸収機能について明らかにしようとした。

材料および方法

実験 I: 同一条件下で育成した4か月齢の単冠白色レグホーン種雄15羽(体重1.45~1.68 kg)を5羽ずつの3区に分け、それぞれ第2章第1節と同様の方法で盲腸の片側結紮、両側結紮および擬似手術を行った。これらの供試鶏は個体別に代謝試験用ケージに收容し、体調が正常に復してから7日間(予備飼育期3日、本試験期4日)にわたり表7-1に示した慣用配合飼料に指標物質として酸化クロムを混入したもので、その一般成分組成は表7-2に示したものを自由に採食させた。実験終了時に全鶏に人工肛門を設着し、健康状態が正常に復したのち、表7-1

Table 7-1. Composition of diet¹⁾

Ingredient	%
Yellow corn	45.0
Milo	13.7
Wheat bran	10.0
Defatted rice bran	15.0
Soybean meal	5.0
Fish meal	3.0
Alfalfa meal	5.0
Ca carbonate	1.3
Tri-Ca phosphate	0.7
Na chloride	0.5
Mineral mixture ²⁾	0.05
Vitamin mixture ³⁾	0.25
Chromic oxide	0.5

1), 2): Referred from Table 2-1.

の飼料を自由に採食させ水分摂取量、糞・尿別水分排泄量および糞中水分含量を調査比較した。なおいずれの実験においても自由飲水とした。

飲水量の測定に際しては、1日量 400 ml を 6 時と 12 時に分与し、それぞれ 12 時、18 時に残量を計量して算出した。これと同時に飲水器による 1 日あたりの蒸発量も調査し、飲水量の補正を行った。水分摂取量は飲水量と摂取飼料中の水分量を合計して求めた。飼料摂取量は指標物質として飼料中に混入した酸化クロムは糞中にほぼ完全に排泄される¹⁰⁵⁾ので、その排泄量から算出した。酸化クロムの定量は BOLIN ら⁸⁹⁾の方法によって行った。

糞の採取は、総排泄腔を中心に円筒状のビニールカバーを装着し、第 6 章第 1 節と同様の方法で 8 時、

Table 7-2. Chemical composition of diet (%)

Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
10.1	16.1	2.7	58.2	6.5	6.4

*: Nitrogen free extracts.

14 時、21 時の 3 回に分けて総排泄物を採取した。総排泄物採取用ビーカーをあらかじめ秤量しておき、採取直後に総排泄物量を秤量し、次いでこれを 100°C で通風乾燥して恒量を求め、総排泄物中の水分量を算出した。水分総摂取量と水分総排泄量の差を求め、これを見掛けの水分出納とした。人工肛門設着鶏は第 6 章第 1 節と同様の方法で採糞し、尿は ARYOSI and MORIMOTO¹⁰⁹⁾の考案による採尿管を用いて採取した。

実験 II: 同一条件下にある 8 か月齢の単冠白色レグホーン種雄 32 羽 (体重 1.9~2.1 kg) を 8 羽ずつの 4 区に分け、それぞれ第 6 章第 1 節と同様の手術方法で盲腸尖部切除、盲腸体 2/3 切除、盲腸起始部切断および擬似手術を行った。これらの供試鶏は個体別に代謝試験用ケージに収容し、実験 I と同様の飼料 (表 7-1) と水を自由に摂取させ、予備飼育期 3 日、本試験期 4 日の飼育試験を行い、実験 I と同様の方法で水分摂取量および水分総排泄量を測定して見掛けの水分出納を求めた。

結 果

実験 I: 盲腸の片側結紮および両側結紮鶏の水分摂取量、水分排泄量および水分出納量を表 7-3 に示した。供試鶏はどの区も体重 1.5kg 前後で、1 日あたりの飼料摂取量は盲腸手術に関係なく 91~92 g と、ほとんど差がみられなかった。両側盲腸結紮により飲水量は増加し、片側結紮区は対照区と両側結紮区との中間に近い値を示した。しかし、各区とも個体差が大きいため、各区間に統計的な有意差はみられなかった。体重 1 kg あたりの水分摂取量は、片側結紮区と両側結紮区間に差がなく、いずれも対照区に対して有意でないが約 20% 位多くなる傾向がみられた。飼料摂取量あたりの水分摂取量を計算すると、対照区に比して結紮区は高くなる傾向を示した。飼料摂取量に対する乾物排泄量は各区間に差がみられないにもかかわらず、新鮮排泄物量は両側盲腸を結紮した鶏で有意に高く、また片側結紮区でも若干高くなる傾向を示した。

Table 7-3. Effect of cecal ligation on intake and excretion of water
(Mean \pm S E M for 5 birds)

Treatment of birds	Body weight (kg)	Feed intake (g/bird/day)	Excrement			
			g/bird/day	water %	g/g feed	Dry matter g/g feed
Control (Sham operated)	1.58 \pm 0.07	92 \pm 11	129 \pm 1.0	77.5 \pm 1.0	1.4 \pm 0.1	0.32 \pm 0.01
Ligated one side	1.45 \pm 0.04	91 \pm 3	146 \pm 1.3	80.1 \pm 1.3	1.6 \pm 0.1	0.32 \pm 0.01
Ligated both side	1.57 \pm 0.04	92 \pm 6	166 \pm 0.5	82.5 \pm 0.5*	1.8 \pm 0.1*	0.32 \pm 0.01

Treatment of birds	Water balance (ml/bird/day)					Drunk water ml/g feed	Total water intake ml/kg body weight
	Intake			Output	Balance		
	Drink	Feed	Total				
Control (Sham operated)	156 \pm 18	10 \pm 1	166 \pm 19	100 \pm 9	66 \pm 12	1.7 \pm 0.1	105 \pm 12
Ligated one side	175 \pm 7	9 \pm 0	184 \pm 7	117 \pm 6	67 \pm 8	1.9 \pm 0.1	127 \pm 4
Ligated both side	185 \pm 5	11 \pm 1	196 \pm 6	137 \pm 5*	59 \pm 6	2.0 \pm 0.1	125 \pm 6

*: Significantly different from control at 5% level, respectively.

以上のように、盲腸を結紮すると水分摂取量は増大する傾向にあり、水分排泄量も両側結紮で有意 ($P<0.05$) に増大した。しかし、水分出納には盲腸結紮による影響はみられなかった。

実験の最終段階で全供試鶏に人工肛門を設着し、糞尿を分離採取してそれぞれの水分排泄量を調査した結果は表7-4に示した通りである。すなわち、尿中への水分排泄量は盲腸の結紮によって著変は認められず、糞中への

Table 7-4. Effect of cecal ligation on excretion of water into feces and urine
(Mean \pm S E M for 6 birds)

Treatment of birds	Total water intake (ml/bird/day)	Water excretion (ml/bird/day)		Water content of feces (%)
		Feces	Urine	
Control (Sham operated)	268 \pm 24	105 \pm 6	94 \pm 12	78.6 \pm 0.7
Ligated one side	281 \pm 25	114 \pm 12	97 \pm 11	80.0 \pm 0.8
Ligated both side	291 \pm 31	122 \pm 9	88 \pm 12	82.6 \pm 0.5**

** : Significantly different from control at 1% level, respectively.

水分排泄量は盲腸の結紮とくに両側処置により増大する傾向が認められた。このことは、盲腸を両側結紮した鶏では糞中水分含量が有意 ($P<0.01$) に高くなったことを反映している。

実験 II : 盲腸を部分的に切断または切除した時の水分出納量を示すと表7-5の通りである。盲腸の切断または切除の程度が大きくなるにつれて、飲水量は有意ではないが増大する傾向を示した。体重および飼料摂取量は各区でほとんど差がないため、摂取飼料 1g あたりの飲水量および体重 1kg あたりの飲水量はともに盲腸の切断または切除の程度が大きくなるほど増加する傾向を示した。また、盲腸の切断または切除の程度が大きくなるに従って排泄物量は多くなり、飼料摂取量に対する総排泄物の割合も対照区に比して盲腸体 2/3 切除または盲腸起始部で切断した鶏では、有意 ($P<0.05$) に高くなった。しかし排泄物量には盲腸の切断または切除による影響

Table 7-5. Effect of cecal removal on intake and excretion of water
(Mean \pm S E M for 8 birds)

Treatment of birds	Body weight (kg)	Feed intake (g/bird/day)	Excrement			
			g/bird/day	water %	g/g feed	Dry matter g/g feed
Control (Sham operated)	2.06 \pm 0.06	119 \pm 9	137 \pm 12 ^a	75.5 \pm 0.9 ^a	1.2 \pm 0.1 ^a	0.29 \pm 0.01
Removal of 1/5 cecal bodies	1.94 \pm 0.09	117 \pm 9	141 \pm 13 ^a	76.5 \pm 1.1 ^{ab}	1.2 \pm 0.1 ^{ab}	0.30 \pm 0.01
Removal of 2/3 cecal bodies	1.98 \pm 0.07	118 \pm 8	151 \pm 11 ^a	78.5 \pm 0.9 ^b	1.3 \pm 0.1 ^b	0.31 \pm 0.01
Removal of whole ceca	1.91 \pm 0.07	119 \pm 7	181 \pm 12 ^b	79.7 \pm 1.1 ^c	1.5 \pm 0.1 ^c	0.31 \pm 0.01

Treatment of birds	Water balance (ml/bird/day)					Drunk water ml/g feed	Total water intake ml/kg body weight
	Intake			Output (ml)	Balance (ml)		
	Drink	Feed	Total				
Control (Sham operated)	142 \pm 20	14 \pm 1	156 \pm 9	105 \pm 10	51 \pm 5	1.2 \pm 0.01 ^a	67 \pm 11
Removal of 1/5 cecal bodies	151 \pm 10	13 \pm 1	164 \pm 11	107 \pm 11	57 \pm 8	1.3 \pm 0.01 ^b	78 \pm 6
Removal of 2/3 cecal bodies	166 \pm 10	13 \pm 1	179 \pm 18	118 \pm 9	61 \pm 7	1.4 \pm 0.01 ^c	84 \pm 6
Removal of whole ceca	180 \pm 20	13 \pm 1	193 \pm 20	130 \pm 7	63 \pm 10	1.5 \pm 0.02 ^c	94 \pm 10

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

がほとんどみられず、実験 I と同様に排泄物量の増加は主として水分排泄の増大に由来したことを示している。すなわち、排泄物中の水分量は対照区76%、盲腸尖部切除区77%、盲腸体2/3切除区78%、盲腸起始部切断区80%となり、特に後2区は対照区との間に有意差 ($P < 0.05$) がみられた。

考 察

片側結紮区は対照区と両側結紮区の中間値の飲水量を示した。しかし、飲水量が中間値を示した片側結紮鶏でも体重 1 kg あたりの水分摂取量では中間値をとらず、むしろ両側結紮区に近似していた。このことは、片側結紮により残存した盲腸もその機能がある程度減退する可能性を示すものであろう。摂取飼料 1 g あたりの新鮮排泄物量が盲腸の結紮によって多くなったが、その原因は排泄物中の水分含量が増大することに起因しており、RÖSELER⁴⁰⁾、OLSON and MANN¹⁴⁾ および THORNBURN and WILLCOX⁴¹⁾ の報告と一致している。

盲腸の切断程度が大きくなるに従って、水分摂取量および飼料の摂取量に対する総排泄物の割合も増加し、特に盲腸体 2/3 切除または盲腸起始部での切断は顕著であった。盲腸起始部よりの切断と実験 I の両側盲腸結紮と同様の理由により飲水量の増加と総排泄物の割合が増加したものと思われる。盲腸から吸収された水分が血管を通じて運搬されるとすれば、盲腸尖部の切断の場合は後回盲腸動・静脈の一部が切断されたにすぎないが、盲腸体 2/3 切除は盲腸に分布する最も大きな後、中間および前回盲腸動・静脈を切断したことになるため、飲水量が増大したのであろう。

以上 2 つの実験に示した水分出納量は、動物における真の水分出納を示すものではない。すなわち、糞、尿における水分排泄のほかに呼吸よりの水分排泄量がかなりあるからである。しかし、呼吸よりの水分排泄量は体内の代謝が大きく変化したり、また温度などの環境条件が大きく変化しない限り、ほぼ一定の値をとる⁶⁸⁾ ことから、

本実験に示した見掛けの水分出納量によって各区の比較をしても大きな誤りはないものと考えられる。従って、水分排泄量が盲腸結紮あるいは切断によって高くなることは、飲水量の増加に基因するものと思われる。この点については後で論及することにする。

要 約

盲腸の水分吸収を調べる目的で、盲腸の結紮あるいは盲腸の切除、切断程度を変えて水分出納を調査した。

- 1) 4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄の盲腸を片側あるいは両側結紮すると、水分摂取量および水分排泄量は増大したが、水分出納には差がみられなかった。
- 2) さらに盲腸結紮鶏に人工肛門を設け、摂取水分の糞・尿別排泄量を調べた結果、盲腸結紮により増大した排泄水分は主として糞中に排泄された。
- 3) 盲腸尖部切除、盲腸体 2/3 切除および盲腸起始部切断鶏では、盲腸の切除または切断程度が大きくなるほど水分摂取量、水分排泄量ともに増加した。

第 2 節 盲腸切除鶏に対する飲水量の制限が水分出納に及ぼす影響

実験 I において盲腸の結紮あるいは切除、切断により水分摂取量および水分排泄量が増加した。このことは、盲腸を結紮しても水分出納の変らないことから、盲腸で水分吸収ができなくなり、それを補うために水分摂取量が増大するとすれば、盲腸切除鶏の飲水量を制限すると水分出納にも変化が生じるものと思われる。また飲水量は飼料の摂取量により影響されると報告されている¹¹⁰⁻¹¹²⁾。従って、飲水量を制限すると水分の平衡が得られるまで飼料の摂取量を低下させる可能性も考えられる。本実験はこれらの点について追究をしようと試みたものである。

材料および方法

同一条件下で飼育した 4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄 6 羽を 3 羽ずつの 2 区に分け、盲腸切除および擬似手術を行った。これらの手術をした鶏は個別別に代謝試験用ケージに収容し、体調が正常に復した後、実験の全期間にわたり指標物質として酸化クロムを混入した表 7-1 に示した慣用配合飼料を自由に採食させながら、自由飲水時と制限飲水時に分けて調査した。

自由飲水時の飲水量の測定に際しては本章第 1 節同様、1 日量 400 ml を 6 時と 12 時に分与し、それぞれ 12 時、18 時に残量を計量して算出した。なお、これと同時に飲水器による 1 日あたりの蒸発量も調査したが、その量はごくわずかであり、計算誤差の範囲内であったため、特に蒸発量の補正は行わなかった。

制限飲水時の飲水量の決定は試験開始直前の対照区の飲水量を測定し、自由飲水量のおよそ 80% を基準としたものを全鶏 1 日 1 羽あたり 80 ml とした。給水時刻は 8 時、11 時、14 時および 17 時の 4 回に分与した。給水に際しては 20 ml 容量の注射筒に内径 3 mm で長さ 10 cm のゴム管を装置し、供試鶏の食道内にゴム管を挿入し、注入することによって一定量を完全に与えた。試験期は自由飲水および制限給水時ともに予備飼育期 3 日、本試験期 4 日とした。

水分摂取量、水分排泄量および見掛けの水分出納は本章第 1 節と同様の方法で行った。

結果および考察

自由飲水時の水分摂取量、水分排泄量およびみかけの水分出納は表 7-6 に示した通りである。自由飲水時には盲腸切除により飲水量が増大する傾向にあり、また飼料摂取量に対する飲水量の割合も盲腸切除区は対照区に比して約 30% 有意 ($P < 0.01$) に高く、体重 1 kg あたりの水分摂取量も盲腸切除によって対照区より増加する傾向にあった。対照区に比して盲腸切除は総排泄物量が多く、飼料摂取量あたりの総排泄量は対照区の 1.4 g に対し

Table 7-6. Effect of cecectomization on intake and excretion of water when birds restrictedly water (Mean \pm S E M for 3 birds)

Treatment	Water supply	Body weight (kg)	Feed intake (g/bird/day)	Excrement			
				g/bird/day	Water %	g/g feed	Dry matter g/g feed
Control	Free	1.27 \pm 0.07	61 \pm 3	85 \pm 3	76.5 \pm 0.4	1.4 \pm 0.0	0.33 \pm 0.01
Cecectomized		1.23 \pm 0.03	55 \pm 2	99 \pm 2	81.8 \pm 0.3**	1.8 \pm 0.00**	0.33 \pm 0.01
Control	Restricted	1.40 \pm 0.08	59 \pm 2	77 \pm 2	75.4 \pm 0.3	1.3 \pm 0.0	0.33 \pm 0.01
Cecectomized		1.38 \pm 0.03	51 \pm 2	76 \pm 2	76.1 \pm 0.2	1.4 \pm 0.0	0.33 \pm 0.01

Treatment	Water supply	Water balance (ml/bird/day)					Drunk water ml/g feed	Total water intake ml/kg body weight
		Intake			Output	Balance		
		Drink	Feed	Total				
Control	Free	94 \pm 10	7 \pm 0	101 \pm 10	65 \pm 3	36 \pm 1	1.5 \pm 0.1	80 \pm 6
Cecectomized		110 \pm 2	6 \pm 0	116 \pm 2	81 \pm 1*	35 \pm 2	2.0 \pm 0.1**	94 \pm 2
Control	Restricted	80	7 \pm 0	87 \pm 0	58 \pm 1	28 \pm 1	1.4 \pm 0.0	57 \pm 1
Cecectomized		80	6 \pm 0	86 \pm 0	58 \pm 1	28 \pm 0	1.4 \pm 0.0	58 \pm 1

*, **: Significantly different from control at 5 and 1% level, respectively.

て、盲腸切除区は 1.8 g となり、後者の方が 29% 有意 ($P < 0.01$) に高く、摂取飼料 1 g あたりの飲水量に近い値となった。しかし、排泄物の乾物量では盲腸切除による影響はないので、盲腸切除による排泄物量の増加は水分排泄量の増加に由来するものと思われる。排泄物の水分含量は、対照区 77%，盲腸切除区 82% となり両者間に有意差 ($P < 0.01$) がみられ、盲腸切除鶏は軟便の傾向を示した。見掛けの水分出納を求めてみると、対照区および盲腸切除区ともほぼ一致した値が得られた。

1 日 1 羽あたり 80 ml に制限給水した場合の水分摂取量、水分排泄量および見掛けの水分出納は表 7-6 に示した通りである。

飼料摂取量に大きな差がなかったため、水分摂取量は両区間にほとんど差がなく、飼料摂取量に対する飲水量および体重 1 kg あたりの飲水量ともに両区間に差はみられなかった。また以上の結果から、見掛けの水分出納を算出すると、両区ともに 28 ml で差がなかった。

飲水量は飼料の摂取量により影響されるといわれている¹¹⁰⁻¹¹²⁾。従って、飲水量を制限した場合は飼料の摂取量が低下するものと考えられる。しかし、制限給水により対照区は自由飲水時の 85%，盲腸切除鶏は 73% 水分を摂取したことになるが、飼料摂取量に差のないことは、盲腸が水分平衡に重要な働きをしているためとは考えられない。すなわち、自由飲水時の盲腸切除鶏において水分排泄量が多くなるのは、盲腸を切除したことにより水分吸収の抑制がおこったためでなく、他に飲水量を増加さす因子が働き、水分摂取量が増大したため水分排泄量が増加したものと考えられる。この点については第 3 節で論及する。

要 約

4 か月齢の単冠白色レグホーン種雄の盲腸切除鶏に対して、自由飲水時と 1 日 1 羽あたり 80 ml に飲水量を制限した時の水分出納について調査した。

自由飲水時の盲腸切除鶏では水分摂取量および水分排泄量は増加したが、水分出納には対照区との間に差がみられなかった。飲水量を制限すると、飼料摂取量、水分摂取量および水分出納ともに差がみられなかった。

第3節 盲腸に分布する血管および神経の切断が水分吸収に及ぼす影響

盲腸切除による飲水量の増大は盲腸からの水分吸収が抑制されたために起るとすれば、盲腸に分布する血管を切断しても同様の現象が起るものと考えられる。しかし、盲腸切除鶏に飲水量を制限すると、飼料摂取量および水分出納に对照鶏と差がみられなくなった。このことは盲腸に能動的な水分吸収能があると考えより、むしろ人工肛門設着鶏で飲水量が増大することを経験していることから、盲腸切除による飲水量の増大は、一部飲水中枢をコントロールする神経の切断によるものではないかと考える。本実験は盲腸に分布する血管および神経を切断し、水分出納について検討した。

材料および方法

慣用の方法で育成した46日齢の単冠白色レグホーン種雄雛30羽を10羽ずつの3区に分け、第2章第1節と同様の方法で盲腸に分布する血管および神経の切断、神経のみの切断および擬似手術を行った。供試鶏は70日齢まで雛用代謝試験ケージに個別別に収容し、それ以後は成鶏用代謝試験ケージに移した。試験飼料は表7-1に示した慣用配合飼料に魚粉5%を添加したが、その一般成分組成は表7-7に示した通りである。試験期は75日齢の7月

Table 7-7. Chemical composition of diet (%)

Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
12.2	19.1	3.1	54.1	4.2	7.3

*: Nitrogen free extract.

4日から10日までの7日間とし、飼料および水を自由に摂取させ、本章第1節と同様の方法で水分総摂取量および水分総排泄量を測定して見掛けの水分出納を求めた。

結果および考察

盲腸に分布する血管と神経の切断および神経のみを切断した鶏の水分摂取量、水分排泄量および見掛けの水分出納は表7-8に示した通りである。飼料摂取量には盲腸処置による一定の傾向はみられなかったが、排糞量および糞中水分含量は对照区に比して有意に増加し、本章第1節および第2節の両側盲腸結紮、盲腸起始部切断および盲腸切除鶏と同様の傾向を示した。摂取飼料に対する排糞量は新鮮物では盲腸処置鶏は多くなる傾向を示したが、乾物量では全く差がみられなかった。従って、排糞量の増大は糞中水分含量の増大によるものであり、本章第1節および第2節の実験結果およびこれまでの報告^{4,14,20,40})と一致した傾向となった。水分摂取量は对照区に比して、血管および神経切断区 ($P<0.01$) および神経のみの切断区 ($P<0.05$) は有意に高くなった。

盲腸に分布する血管および神経の切断により飲水量が増大することは、人工肛門設着鶏においても水分摂取量および水分排泄量の異常な増大がしばしば経験されている。このことは盲腸切除あるいは人工肛門設着時に切断した神経が飲水中枢をコントロールできなくなったのか、あるいはなんらかの働きにより飲水量を増加させ、その結果水分排泄量が増加するものと考えられる。

飼料 100 g および体重 1 kg に対する飲水量は对照区よりも盲腸処置区は飼料 100 g あたりで 70~80 ml 多く摂取し、体重 1 kg あたりに換算すると对照区に比していずれの区も有意に多く摂取した。水分出納では有意差はみられなかった。本実験とは別に3か月齢の単冠白色レグホーン種雄24羽を各区 6羽ずつの4区に分け、第6章第3節と同様に TASAKI and TAKAHASHI⁵⁰⁾ の腸管環流法を改変して盲腸内に pH 6.8 の 0.9% 食塩水を1時間環流し、盲腸1本あたりの水分吸収量を測定した。その結果、環流用ガラス管装着のため後回盲腸動・静脈枝の一

Table 7-8. Effect of the amputation of vessels and/or nerves of cecum and of cecal ligation on intake and excretion of water (Mean \pm S E M for 10 birds)

Treatment of birds	Body weight (kg)	Feed intake (g/bird/day)	Excrement			
			g/bird/day	water %	g/g feed	Dry matter g/g feed
Control	1.064 \pm 0.026	119 \pm 10	212 \pm 16	77.5 \pm 0.5	1.8 \pm 0.1	0.32 \pm 0.04
Severed of vessels and nerves	1.210 \pm 0.017	122 \pm 11	279 \pm 18**	85.7 \pm 0.6**	2.3 \pm 0.1**	0.32 \pm 0.04
Neurectomized	1.169 \pm 0.024	114 \pm 9	253 \pm 24**	85.9 \pm 0.8**	2.2 \pm 0.1**	0.32 \pm 0.02

Treatment of birds	Water balance (ml/bird/day)					Drunk water ml/g feed	Total water intake ml/kg body weight
	Intake			Output	Balance		
	Drink	Feed	Total				
Control	237 \pm 14	15 \pm 2	252 \pm 16	164 \pm 14	88 \pm 8	2.0 \pm 0.2	225 \pm 12
Severed of vessels and nerves	331 \pm 11	16 \pm 2	347 \pm 10**	238 \pm 16**	109 \pm 8	2.7 \pm 0.1*	274 \pm 10*
Neurectomized	318 \pm 24	15 \pm 2	333 \pm 27**	217 \pm 19**	116 \pm 9	2.8 \pm 0.2*	272 \pm 21*

*, **: Significantly different from control at 5 and 1% level, respectively.

部のみを結紮した対照区の水分吸収量は 2.15 \pm 0.43 ml であったのに対し、後回盲腸動・静脈を切断した区では 2.13 \pm 0.69 ml、後、中間、前回盲腸動・静脈切断区では 1.75 \pm 0.32 ml、盲腸に分布する全血管を切断した区は 1.74 \pm 0.14 ml の値を示した。しかし、個体差が非常に大きいため有意差は得られなかったが、切断する血管が多くなるにつれて水分吸収量が減少する傾向がみられた。このように盲腸には水分吸収能はあるが、第6章第3節の腸管内環流実験時にも盲腸からの水分吸収量は小腸に比べて非常に少なかった。

盲腸から水分吸収がなされるとすれば、その経路となる血管を切断しても水分吸収が抑制され、盲腸切除と同様の値を示すものと考えられるが、神経のみの切断でも盲腸切除あるいは結紮と同様の影響がみられたことから、盲腸切除による水分摂取量の増加が単に盲腸からの水分吸収の抑制によってのみ支配されるものではなく、むしろ神経を介して飲水中枢になんらかの働きがなされ、その結果水分摂取量が増大したものと思われる。従って、本章第2節の結果とも併せて考えると、盲腸は水分吸収器官として特に大きな働きをしているとは考えられない。

要 約

盲腸切除による飲水量の増大は、盲腸に分布する神経切断のために起るのかどうかを調べる目的で、単冠白色レグホーン種雄を用い、盲腸に分布する血管と神経および神経のみを切断して水分摂取量と水分排泄量を調査した。

盲腸に分布する血管と神経および神経のみの切断により、盲腸切除と同様に水分摂取量および水分排泄量は有意に増加した。盲腸切除による飲水量の増大はむしろ神経を介して飲水中枢になんらかの働きがなされ、その結果飲水量が増大したものと思われる。

第4節 総 括

盲腸を切除すると糞中水分含量の高まり、あるいは飲水量の増大することから、盲腸は水分吸収の場であると推論した報告^{4,14,40)}が多い。しかし、これらは糞尿混合物についてのものであり、細部にわたっての検討はなされていない。

本実験はこれらの点を明らかにする目的で、まず単冠白色レグホーン種雄の盲腸を片側あるいは両側結紮すると水分摂取量および水分排泄量は増大したが、見掛けの水分出納には差がみられなかった。この鶏に人工肛門を設着して糞・尿別の水分排泄量を調査した結果、盲腸結紮により増大した排泄水分は主として糞中に排泄された。

次いで、盲腸の切除あるいは切断程度が水分出納に及ぼす影響をみると、盲腸尖部、盲腸体 2/3 切除および盲腸起始部切断鶏では盲腸の切除または切断程度が大きくなるほど水分摂取量および水分排泄量は増加したが、見掛けの水分出納には差がみられなかった。以上の実験結果は、これまでの報告とほぼ一致した。しかし、片側結紮および盲腸体 2/3 切除は両側結紮および盲腸起始部切断に近い値を示し、盲腸の片側を結紮すると残った盲腸もある程度機能を損じるものと思われる。なお盲腸を切断しても水分出納に差のないことは、盲腸からの水分吸収が抑制された部分は他の器官で代償されるものと考えられる。

盲腸切除鶏に対して正常鶏の80%に飲水量を制限しても、飼料摂取量、水分摂取量、水分排泄量および見掛けの水分出納には差がみられなかった。同一飼料であれば、飼料の摂取量が増加すると飲水量も増加するといわれていることから、飲水量を制限すると飼料の摂取量が低下すると予想したが、そのようなことはみられず、盲腸切除による飲水量の増大は盲腸の水分吸収が抑制されたためでなく、他の要因によるのではないかと推測される。その一つとして、盲腸に分布する血管と神経および神経のみを切断した結果、盲腸切除鶏同様に飲水量および水分排泄量が増大した。また腸管環流法により盲腸の水分吸収を測定した結果、小腸に比して著しく低かった。盲腸から水分吸収がなされるとすれば、その経路となる血管を切断すると盲腸切除と同様の値を示すものと考えられるが、神経のみを切断しても盲腸切除と同様の影響がみられた。また人工肛門設着鶏において、水分摂取量および水分排泄量の異常な増大がしばしば経験されている。このことは人工肛門設着時に神経を切断した結果、盲腸切除鶏同様に飲水量を増加させるものと考えられる。

以上の実験結果から、盲腸切除による飲水量の増大は盲腸からの水分吸収の抑制にのみよるのではなく、神経を介して飲水中枢になんらかの働きがあり、飲水量が増大したものと思われる。従って、盲腸は水分吸収の器官として特に大きな働きをしているとは考えられない。

第8章 盲腸の排泄機能

緒言

第3章、第4章および第5章の実験結果から次の諸点が明らかになった。すなわち、体重ならびに小腸に対する盲腸の重量比、面積比はともに成育の初期ほど高く、また盲腸糞の排泄回数および腸糞に対する盲腸糞の排泄割合も成育の初期ほど多かった。絶食時においても盲腸糞の排泄量は比較的多く、飼料中の蛋白質含量が高くなれば、盲腸糞の排泄量および成分別排泄量も増加した。さらに飼料中の蛋白質含量が同程度であっても、飼料の種類により盲腸糞の排泄量に変化がみられた。盲腸内容物と小腸遠位端内容物中の窒素成分には著しい差があり、盲腸内容物ではその窒素成分がほとんど非蛋白態であった。また、盲腸糞中に排泄された窒素成分量と血液中の窒素成分量との間に正の相関関係がみられたことから、盲腸糞中に排泄された窒素成分は内因性窒素に由来するものであろうと考え、さらに盲腸糞排泄量の差は内因性物質の分泌量に差があるためであろうと推論した。これは、盲腸内の pH が盲腸内分泌物の性質により決定され、しかもそれは血液の pH と並行的な値であったこと、また盲腸に分布する血管および神経を切断すると盲腸糞の排泄量が減少したことにその根拠をおいている。しかし、これらの実験は、上記の推論を間接的に証明するものであって、これをより直接的に実証するためには盲腸内への分泌物を定量的に測定しなければならない。

本実験は盲腸の分泌機能を解明する一つの方法として、盲腸内に分泌する窒素成分を直接調査するために、盲腸内を環流して環流液中に分泌される窒素成分量を測定し、これを小腸のそれと対比させ、さらに各窒素成分の分泌量と血液中の窒素成分量との関係について検討したものである。本章第1節の実験において明らかにされたように、盲腸糞の排泄量の多いときは盲腸内への窒素成分の分泌量も多く、また血液中の同成分の濃度も高かったことから、血管内に二、三の窒素成分を注入したときの注入量と盲腸内分泌量との関係を調査し、窒素成分の盲腸内分泌を実証しようとした。このように盲腸には体内に生じた不要な窒素成分を排泄しようとする能力があり、体内の異常または過剰成分を体外に排泄するための腎臓機能を補完する機能があるものと考えられる。この点を明らかにするために、各種薬物を血管内に注入してその盲腸内への分泌量を測定した。さらに、盲腸内に窒素成分を分泌する主要な径路が盲腸に分布する血管のうちいずれによるかを併せ調査した。

第1節 盲腸内窒素成分の分泌

盲腸糞中に多く含まれる窒素成分はほとんどが非蛋白態である。この窒素成分が盲腸内に分泌された内因性窒素に由来するか否かを調査するために、腸管環流法により盲腸内へ分泌する窒素成分量を測定した。さらに、盲腸糞の排泄量は年齢、給与飼料の種類および飼養条件の違いなどにより増減することが明らかにされているので、このような盲腸糞排泄量の増減が盲腸内への分泌量の差異によるものであるか、あるいは小腸からの流入物の増減によるものであるかを調査し、併せて血液中の窒素成分量との関係についても検討した。

材料および方法

供試鶏はいずれの試験もすべて同一系統の単冠白色レグホーン種雄である。

Table 8-1. Composition of diet (Experiment I, II)

Ingredient	%
Yellow corn	45.00
Milo	15.00
Wheat bran	10.00
Defatted rice bran	15.00
Soybean meal	5.00
Fish meal	3.00
Alfalfa meal	4.00
Ca carbonate	1.30
Tri-Ca phosphate	0.75
Na chloride	0.35
Mineral mixture ¹⁾	0.05
Vitamin mixture ²⁾	0.25

1), 2): Referred from Table 2-1.

実験 I : 成育時期と窒素成分の分泌について調べた。供試鶏は腸管環流が同一成育時期にできるように、孵化する時期をかえて同一方法で育雛し、50, 80, 130 の各日齢時に各区10羽ずつ使用した。これらの鶏は供試10日前に代謝試験用ケージに収容した。飼料中の蛋白質含量が高くなれば盲腸糞の排泄量が多くなるため、試験飼料は表 8-1 に示した慣用配合飼料に上質魚粉30%を配合し、表 8-2 に示した一般成分組成のものを朝夕 2 回に分けて給与し、飼料および飲水は自由に摂取させた。試験飼料で7日間飼育したのち開腹して腸管を環流した。なお、供試鶏の体重および供試腸管の重量は表 8-3 に示した。

実験 II : 飼養条件をかえた時の腸管内窒素成分の

Table 8-2. Chemical composition of diet (Experiment I, II) (%)

Diet	Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE*	Crude fiber	Crude ash
Conventional diet	11.0	15.1	2.1	58.9	6.6	6.3
Conventional diet +30% fish meal	10.6	30.1	5.2	39.7	4.5	9.9

*: Nitrogen free extracts.

Table 8-3. Body weight and dry weight of perfused intestine in cockerels (Mean \pm S E M for 10 birds)

Age (day)	Body weight (kg)	Dry weight of perfused intestine	
		Cecum	Small intestine
50	0.51 \pm 0.02	0.21 \pm 0.01	1.55 \pm 0.13
80	0.79 \pm 0.16	0.30 \pm 0.06	2.14 \pm 0.05
130	1.34 \pm 0.04	0.31 \pm 0.04	2.04 \pm 0.10

分泌を調査するため、75～80日齢の雄雛18羽を各区6羽ずつの3区に分け、代謝試験用ケージに収容して表8-1および表8-2に示した配合飼料およびそれに魚粉30%配合した飼料を7日間給与したのち、腸管の環流を行った。これとは別に、配合飼料を給与していた鶏を環流開始前5日間にわたり絶食したものについても環流試験を行った。

実験 III: 飼料中の蛋白質レベルをかえた時における腸管内窒素成分の分泌量を調べるために、75～80日齢の雄雛32羽を各区8羽ずつの4区に分け、供試10日前より代謝試験用ケージに収容し、表8-4に示したミルクカゼ

Table 8-4. Composition of diet (Experiment III)

Ingredient	Dietray casein level (%)			
	0	10	20	30
Casein	0.00	10.00	20.00	30.00
Cornstarch	77.38	67.38	57.38	47.38
Corn oil	8.00	8.00	8.00	8.00
Na bicarbonate	1.00	1.00	1.00	1.00
Cellulose	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral mixture ¹⁾	5.36	5.36	5.36	5.36
Vitamin mixture ¹⁾	5.06	5.06	5.06	5.06
Al silicate	1.00	1.00	1.00	1.00
Agar-agar	1.00	1.00	1.00	1.00
Choline chloride	0.20	0.20	0.20	0.20

1): Referred from Velu et al.⁶⁸⁾

インを蛋白源とした半精製飼料ペレットを1日1羽あたり80gずつ朝夕の2回に分けて給与し、飲水は自由にさせた。他の実験と同様に7日間試験飼料で飼育した後、腸管環流を行った。

以上いずれの実験も腸管環流法は第5章第3節で述べたと同様であるが、本実験では盲腸および小腸(メッケル憩室を中心とした15cm)の環流を同一個体で同時に行った。

環流液はクレープス・リンガー磷酸緩衝液(盲腸pH6.8,小腸pH7.2)を用いた。環流終了後の環流液は100ml容ポリエチレン製細口びんに採取し、 -20°C で貯蔵した。環流終了後直ちに尺側皮静脈より採血し、3.8%クエン酸ソーダ溶液を20%量加えて混合し、50ml容ポリエチレン製細口びんに移して -20°C で貯蔵した。採血後の鶏は頸動脈切断法により屠殺し、十分に放血したのち環流に使用した腸管の重量を第3章第1節と同様の方法で測定した。

環流液および血液は、解凍後窒素成分の測定に供した。全窒素の測定には盲腸環流液2ml,小腸環流液5ml,5倍稀釈した血液1mlを用い、非蛋白態窒素の測定には、トリクロール酢酸除蛋白液について環流液量が全窒素と同程度の量となるように採取し、いずれもマイクロケルダール法⁷⁰⁾で分析した。

尿酸態窒素は第4章第1節同様にジアグノテスター U を用いて定量した。環流液は盲腸、小腸ともに 4 ml、血液は 0.5 ml に蒸留水 3.5 ml を加えて希釈してからアルカリ除蛋白液 1 ml を加えてろ過し、ろ液 2.5 ml について 15% 炭酸ナトリウム 0.5 ml と呈色液 0.5 ml を加えて混和し、30 分後に回折格子型光電比色計を用いて波長 710 nm で測定した。

アンモニア態窒素はオリオン製イオン濃度測定器にアンモニア測定用電極を装置して定量した。盲腸環流液はアンモニア濃度 10^{-3} M でイオン濃度測定器の電圧が 0 になるように調整した。蒸留水 28 ml に環流液 2 ml を加えて攪拌しながら 10 N NaOH 0.3 ml を加え、30 秒後の電圧を読み取った。小腸環流液はアンモニア濃度 10^{-4} M で電圧が 0 になるように調整し、蒸留水 25 ml に環流液 5 ml を加えた。その後は盲腸環流液と同様の方法で測定した。

尿素態窒素は第4章第2節に記したと同様の方法で測定した。

結果

実験 I：各日齢時における腸管内への窒素成分の分泌量は表 8-5 に示した通りである。環流液中に分泌された

Table 8-5. Changes of intestinal secretion of nitrogen at various ages
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Intestine	Age	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia-nitrogen
		—(mg/g of dry tissue weight)—		—(μ g/g of dry tissue weight)—	
Cecum	50	29.5 \pm 1.9 ^a	29.1 \pm 1.2 ^a	183.2 \pm 40.3 ^a	13340 \pm 2192 ^a
	80	24.1 \pm 2.1 ^{ab}	24.0 \pm 2.1 ^{ab}	72.2 \pm 8.4 ^b	4037 \pm 735 ^b
	130	19.7 \pm 1.0 ^b	19.7 \pm 1.6 ^b	56.8 \pm 14.4 ^b	2797 \pm 145 ^c
Small intestine	50	1.3 \pm 0.2 ^a	1.0 \pm 0.1 ^a	34.8 \pm 7.2 ^a	395 \pm 89 ^a
	80	0.7 \pm 0.0 ^b	0.6 \pm 0.0 ^b	14.9 \pm 2.4 ^b	281 \pm 12 ^{ab}
	130	0.7 \pm 0.0 ^b	0.6 \pm 0.0 ^b	22.4 \pm 1.3	55 \pm 5 ^b

Means having different superscript letters are significantly differently different at 5% level, respectively.

窒素成分は盲腸ではほとんど非蛋白態窒素であったが、小腸内では蛋白態窒素がどの日齢でも約 20% 認められた。盲腸内への全窒素（ここではすべて NPN）の分泌量は日齢が進むに従って低下し、50 日齢と 130 日齢の間には有意差がみられた。小腸内への全窒素の分泌量は盲腸に比して著しく少なく、その量は盲腸内分泌量の 4% 程度であったが、50 日齢に比して 80 日齢および 130 日齢では約 1/2 に低下した。

尿酸態窒素の盲腸内への分泌量は 50 日齢に比べ 80 日齢以降では著しく低下した。小腸でも 50 日齢に比して 80 日齢以降は有意に少なかった。なお小腸よりの尿酸態窒素の分泌量は盲腸の約 20% であった。

アンモニア態窒素の盲腸内への分泌量は 50 日齢は他の日齢よりも有意に多く、また 80 日齢では 130 日齢よりも多かった。小腸内への分泌量は盲腸内への分泌量と同様の傾向を示したが、小腸内への分泌量は盲腸内へのそれに比し約 3% 程度であった。

環流終了時における各日齢別の血液中窒素成分量は表 8-6 に示した通りである。全窒素では日齢による差は認められなかったが、非蛋白態窒素では盲腸内への分泌量と同様に 50 日齢で有意に高い値を示した。尿酸態窒素も非蛋白態窒素と同様の傾向を示したが、各日齢間に有意差は認められなかった。アンモニア態窒素は非蛋白態窒素と同様に 50 日齢で高い値を示した。

実験 II：飼養条件を変えた時の腸管内に分泌された窒素成分量は表 8-7 に示した通りである。

盲腸内への全窒素の分泌量は配合飼料給与区が有意に低い値を示したが、他の 2 区ではほぼ同程度の値を示し

Table 8-6. Changes in nitrogen components in blood at various ages
(Mean \pm S E M for 10 birds)

Age	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia-nitrogen
Day	(mg/ml)		(μ g/ml)	
50	31.0 \pm 1.4	14.5 \pm 0.3 ^a	121.6 \pm 9.6	29.3 \pm 1.71 ^a
80	31.8 \pm 1.8	12.7 \pm 0.3 ^b	113.8 \pm 15.4	24.3 \pm 1.4 ^{ab}
130	31.1 \pm 1.6	11.9 \pm 0.8 ^b	98.6 \pm 7.3	21.4 \pm 1.3 ^b

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

Table 8-7. Effect of feeding condition on the intestinal secretion of nitrogen
(Mean \pm S E M for 6 birds)

Intestine	Feeding condition	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia nitrogen	Urea-nitrogen
		—(mg/g of dry tissue weight)—		—(μ g/g of dry tissue weight)—		
Cecum	Conventional diet	8.0 \pm 0.6 ^a	7.9 \pm 0.4 ^a	40.2 \pm 5.1 ^a	2981 \pm 176 ^a	29.2 \pm 1.7 ^a
	Conventional diet+30% fish meal	24.0 \pm 2.1 ^b	24.1 \pm 1.1 ^b	72.2 \pm 8.7 ^b	4810 \pm 234 ^b	59.7 \pm 7.3 ^b
	Fasting	21.5 \pm 1.0 ^b	21.2 \pm 0.7 ^b	51.9 \pm 2.4 ^a	4331 \pm 109 ^b	50.7 \pm 7.8 ^b
Small intestine	Conventional diet	1.2 \pm 0.1 ^a	0.8 \pm 0.1 ^a	14.4 \pm 0.9	408 \pm 32	16.2 \pm 1.5
	Conventional diet+30% fish meal	1.4 \pm 0.0 ^{ab}	1.0 \pm 0.1 ^{ab}	14.9 \pm 1.2	572 \pm 78	23.0 \pm 2.8
	Fasting	2.6 \pm 0.1 ^b	1.8 \pm 0.1 ^b	17.5 \pm 1.2	521 \pm 51	17.9 \pm 2.6

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

た。これに反し、小腸内への分泌量では絶食区が有意に高い値を示したが、他の2区では有意差は認められず、小腸内への分泌量は盲腸内への分泌量の5~10%であった。また盲腸内に分泌された窒素成分は実験Iと同様にほとんど非蛋白態窒素であったが、小腸内では蛋白態窒素が約30%分泌された。

尿酸態窒素の盲腸内への分泌量は、配合飼料区が最も少なく、次いで絶食区、魚粉配合区の順に高くなり、特に魚粉配合区は他の2区に比して有意に多かった。小腸内分泌量では絶食区が高い値を示したが、各区間に有意差は認められず、小腸内への分泌量は盲腸の約30%であった。

アンモニア態窒素の盲腸内への分泌量は配合飼料区が有意に低い値を示した以外は差がみられなかった。小腸内への分泌量も盲腸と同様の傾向を示したが有意差は認められず、小腸内への分泌量は盲腸の約10%であった。

尿素態窒素の盲腸内への分泌量もアンモニア態窒素の分泌量と同様の傾向を示し、配合飼料区は有意に低い値を示し、これに対して絶食区は1.7倍、魚粉配合区は2.2倍と多くなった。小腸内への分泌量は配合飼料区と絶食区は少なかったが有意差はみられず、小腸内への分泌量は盲腸の約40%であった。

血液中の窒素成分量は表8-8に示した通りである。全窒素では、最も少ない配合飼料区と最も多い魚粉配合区の間有意ではないが2%程度の差がみられた。非蛋白態窒素でも同様の傾向を示した。尿酸、アンモニアおよび尿素ともに配合飼料区は有意に低い値を示した。なお尿素は魚粉配合区で有意に高い値を示した。また血液中の窒素成分の高いものほど盲腸内への窒素成分の分泌量も多く、血液中の濃度と盲腸内への分泌量との間に正の

Table 8-8. Effect of feeding condition on the nitrogen constituents in blood
(Mean \pm S E M for 6 birds)

Feeding condition	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia nitrogen	Urea-nitrogen
	(mg/ml)		(μ g/ml)		
Conventional diet	28.48 \pm 0.75	1.09 \pm 1.08	201.9 \pm 13.5 ^a	21.1 \pm 2.1 ^a	61.2 \pm 10.2 ^a
Conventional diet+3% fish meal	30.48 \pm 1.10	1.27 \pm 0.32	341.8 \pm 39.3 ^b	36.2 \pm 2.7 ^b	266.2 \pm 43.8 ^b
Fasting	29.14 \pm 0.52	1.16 \pm 0.79	284.6 \pm 20.6 ^b	32.7 \pm 2.4 ^b	92.6 \pm 7.6 ^c

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

相関関係 ($r=0.617$) が認められた。

実験 III: 蛋白質レベルの異なる飼料を給与した鶏の腸管内への窒素成分の分泌量は表 8-9 に示した通りである。

Table 8-9. The effect of dietary casein level on the secretion of intestinal nitrogen
(Mean \pm S E M for 8 birds)

Intestine	Dietary casein level	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid nitrogen	Ammonia nitrogen	Urea-nitrogen
		(mg/g of dry tissue)		(μ g/g of dry tissue)		
Cecum	(%)					
	0	17.6 \pm 4.0 ^{ab}	17.4 \pm 2.8 ^{ab}	72.0 \pm 16.1 ^{ab}	2175 \pm 47 ^b	43.5 \pm 16.3
	10	15.1 \pm 1.4 ^a	14.4 \pm 1.7 ^a	39.5 \pm 9.1 ^a	1776 \pm 29 ^b	36.2 \pm 7.2
	20	21.0 \pm 2.9 ^b	21.2 \pm 1.3 ^b	55.5 \pm 12.9 ^{ab}	2272 \pm 76 ^a	38.2 \pm 8.3
	30	23.2 \pm 1.7 ^b	23.2 \pm 1.8 ^b	93.9 \pm 20.9 ^b	5836 \pm 105 ^c	53.0 \pm 11.2
Small intestine	0	3.4 \pm 0.6	2.6 \pm 0.2	5.8 \pm 0.8	385 \pm 80	27.2 \pm 7.3
	10	2.7 \pm 0.2	2.0 \pm 0.2	6.5 \pm 3.8	404 \pm 80	20.9 \pm 5.4
	20	3.3 \pm 0.7	2.3 \pm 0.4	9.5 \pm 2.8	632 \pm 127	35.6 \pm 5.1
	30	2.9 \pm 0.3	2.1 \pm 0.5	11.9 \pm 3.8	730 \pm 147	37.7 \pm 7.9

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

全窒素の盲腸内への分泌量は、カゼイン0%区がカゼイン10%区よりも多かったが、カゼインを10%以上配合した区ではカゼインの配合量が増加するにつれて分泌量も増加した。これに反し、小腸内への分泌量には飼料の蛋白質レベルによる影響はみられず、かつその量は盲腸内への分泌量よりも著しく少なかった。

尿酸の盲腸内への分泌量は全窒素と同様の傾向を示し、カゼイン配合区ではその配合量が増加するにつれて分泌量も増加した。小腸ではカゼイン0%区が最も少なく、カゼイン配合量が増加するにつれて分泌量も増加する傾向を示した。小腸内への分泌量は盲腸の約13%であった。

アンモニア態窒素の盲腸内への分泌量はカゼイン0%区は10%区よりも有意に高く、カゼイン20%区と同程度の分泌量であった。カゼイン30%区は他の区の2~3倍の分泌量となり、カゼイン含量が20%から30%になると分泌量は急激に増加することがわかった。小腸内への分泌量はカゼイン0%区が最も少なく、カゼイン含量が高くなるに従って分泌量も増加したが、各区間に有意差はみられず、また盲腸ほど急激な増加はみられなかった。小腸内への分泌量は盲腸の約18%であった。

尿素態窒素の腸管内への分泌量は、盲腸、小腸ともに蛋白質レベルによる明らかな影響はみられず、両者間に

ほとんど差がみられなかった。

血液中の窒素成分量は表8-10に示した通りである。全窒素および非蛋白態窒素は飼料中のカゼイン含量による一定の傾向はみられなかった。尿酸、アンモニアおよび尿素については、カゼイン0%区が20%区よりも高い値を示し、またカゼイン配合区ではカゼイン含量が増加するに従って増加した。

Table 8-10. The effect of dietary casein level on the concentration of nitrogen in blood (Mean \pm S E M for 8 birds)

Dietary casein level	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia-nitrogen	Urea-nitrogen
(%)	(mg/ml)	(mg/ml)	(μ g/ml)	(μ g/ml)	(μ g/ml)
0	24.6 \pm 0.5	1.0 \pm 0.1	279.6 \pm 58.6 ^a	32.4 \pm 0.1 ^a	1.9 \pm 7.2
10	26.0 \pm 0.8	0.9 \pm 0.9	173.3 \pm 10.6 ^b	19.4 \pm 0.1 ^b	1.6 \pm 7.6
20	24.4 \pm 0.9	1.1 \pm 0.6	244.8 \pm 79.3 ^{ab}	31.3 \pm 0.1 ^a	1.8 \pm 4.3
30	25.6 \pm 1.0	1.0 \pm 1.2	281.4 \pm 92.0 ^{ab}	35.3 \pm 0.1 ^c	2.8 \pm 2.6

Mean having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

考 察

腸管内に分泌された窒素成分は盲腸ではほとんど非蛋白態窒素であり、第4章第1節の盲腸内容物中の窒素成分の測定結果とよく一致した。小腸内には蛋白態窒素の分泌が認められたが、この中には小腸からの消化酵素の分泌、あるいは腸粘膜のはく離が一部加味されていると考えられる。

盲腸内への窒素成分の日齢による分泌量の変化は、第3章第1節の成育期別における盲腸糞の排泄量と同様の傾向を示し、成育初期に盲腸糞排泄量が多くなる原因は、盲腸内への窒素成分の分泌量が多いこともその一因ではないかと考えられる。表8-5に示した値は片側全盲腸および小腸の一部分について行った結果であり、それぞれの単位重量あたりの分泌能を知ることはできるが、全腸管よりの分泌総量を知ることはできない。しかし、全体における窒素成分の体内のバランスを調節するために腸管よりの分泌排泄が意味を有するとするならば、全排泄量を求めて比較することが必要となる。盲腸については、環流液中に分泌された量を2倍して2本分とすることができるが、小腸では環流部位により排泄量が異なることが考えられる。従って、この実験とは別に、本実験に用いた部位とその前後の腸管および小腸全体を環流した鶏について各窒素成分の分泌量を測定し、両者の相対比を算出した。この値を表8-5、表8-7、表8-9の数値に乗じたものを全小腸内への分泌量と仮定して盲腸および小腸内への全分泌物量の比較を行った。その結果は表8-11に示すごとく、盲腸内への分泌量は小腸に対し全窒素で5倍、非蛋白態窒素およびアンモニア態窒素では6倍となったが、尿酸態窒素は両者ともほぼ同程度であった。

実験IIにおいて、飼養条件による小腸内への窒素成分の分泌量には差はみられなかったが、盲腸内への分泌量では差がみられ、いずれの窒素成分も配合飼料給与区が最も少なく、次いで絶食区となった。また魚粉配合区の各窒素成分の腸管内への分泌量は、実験Iの同日齢の値とほぼ一致した。配合飼料に魚粉を配合することにより、分泌量の多くなった原因は、飼料中の蛋白質含量の高いことによるものであろう。絶食時には血液中の尿酸値が高くなる⁸⁷⁾が、その結果尿中への尿酸排泄量も多くなることはすでに報告されている^{48,49,75)}。本実験の結果は、絶食時には尿中のみならず盲腸内への尿酸排泄も多くなることを示すもので、その関係は尿中排泄の場合⁴⁸⁾とよく類似していた。なお本実験において、尿酸のみならず他の血液中窒素成分も絶食によって増加することから、これらの盲腸内への分泌も尿酸の場合と軌を一にするものであろう。

Table 8-11. Total secretion of nitrogen components in cecum and small intestine
(Mean ± S E M)

Expt.	Intestine	Age, Diets	Total nitrogen		Uric acid-nitrogen		Ammonia-nitrogen		Urea-nitrogen	
			(mg)		(μg)		(μg)			
I*	Cecum	day								
		50	12.3±0.5	12.1±0.5	76.4±16.2 ^a	3690±1008 ^a	— [#]			
		80	15.1±0.1	15.1±0.1	43.8±7.8 ^b	2228±370 ^b	—			
	Small intestine	130	11.9±0.5	11.9±0.5	35.2±9.2 ^b	1734±112 ^c	—			
		50	3.0±0.2 ^a	2.3±0.2	78.0±16.1 ^a	879±197 ^a	—			
		80	2.0±0.2 ^b	1.7±0.1	40.3±6.7 ^b	756±32 ^a	—			
		130	2.1±0.2 ^b	1.9±0.1	36.4±7.2 ^b	173±11 ^b	—			
II**	Cecum	Feed								
		Conventional diet	4.9±0.4 ^a	4.8±0.3 ^a	27.4±3.9 ^a	1848±198	18.0±6.5 ^a			
		Conventional diet+30% fish meal	15.1±0.4 ^b	15.1±0.4	43.7±7.1 ^b	2934±214	33.4±4.3 ^b			
		Fasting	11.9±0.4 ^b	11.7±0.4 ^b	29.9±6.1 ^b	2422±73	28.4±1.5 ^b			
	Small intestine	Conventional diet	2.3±0.3 ^a	1.6±0.2 ^b	34.2±1.8	919±50	36.8±3.0			
		Conventional diet+30% fish meal	3.8±0.2 ^b	2.7±0.3 ^b	41.3±2.0	1206±96	48.9±5.0			
		Fasting	3.6±0.4 ^b	2.5±0.2 ^b	35.7±1.1	1210±95	41.3±4.0			
	III***	Cecum	Casein level (%)							
			0	8.3±0.9 ^a	8.2±0.9 ^a	21.2±6.4 ^a	681±76 ^a	14.3±6.2		
10			7.8±0.7 ^a	7.5±0.7 ^a	21.3±4.3 ^a	965±65 ^a	20.2±2.3			
20			10.8±1.0 ^{ab}	10.8±1.0 ^{ab}	30.7±5.5 ^b	1225±97 ^b	20.9±4.3			
Small intestine		30	12.8±0.8 ^b	12.8±1.0 ^b	44.6±8.7 ^b	2617±137 ^c	25.3±2.3			
		0	5.2±0.7	4.0±0.5	12.8±1.1 ^a	712±181	50.9±12.1			
		10	5.0±0.6	3.8±0.4	14.6±1.4 ^a	962±212	48.4±13.1			
		20	5.4±0.4	3.8±0.7	17.1±6.7 ^b	1033±273	63.5±8.7			
	30	5.4±0.7	4.0±0.9	24.2±6.8 ^b	1334±248	65.5±6.1				

*, **, ***: Each lot has 10, 6 or 8 birds.

#: Undetermined.

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

次に実験 III において飼料中のカゼイン含量の異なる飼料を給与した時の盲腸内への分泌量は、カゼイン 0% が 10% 区よりも多く、カゼイン配合区ではカゼイン含量の多いものほど多く、かつ血液中の窒素成分量と並行的であった。蛋白質レベルが高くなれば、血液中の尿酸値^{48,75,76} およびアンモニア値⁴⁹ の高くなることはすでに認められている。このことは TASAKI and OKUMURA⁴⁸ が鶏にカゼイン含量の異なる飼料を給与した時の尿中に排泄された窒素量との関係とよく一致した。

以上の実験結果は、盲腸が排泄器官として腎臓の補完的役割を果たしていることを示すものである。実験 I, II, III において、同一日齢および蛋白質レベルがほぼ同一の成績を比較すると、カゼインを蛋白質源としたときの方が盲腸内への窒素成分の分泌量が少なかった。このことは第 3 章および第 4 章第 1 節に示した盲腸糞の排泄量の関係ともよく一致している。すなわち、このように盲腸内窒素成分の分泌量に差のあることは、飼料中に配合した蛋白質源の生物価が異なるためであろうと考えられる。

要 約

同一系統の単冠白色レグホーン種雄を用い、盲腸内に分泌される窒素成分量を腸管環流法により測定して小腸内への分泌量と比較し、血液中窒素成分量との関係についても検討した。

1) 成育期別による盲腸および小腸内分泌量は全窒素、尿酸およびアンモニア態窒素ともに成育の初期ほど多かった。

2) 飼養条件の違いによる盲腸内への窒素成分の分泌量は、絶食区が配合飼料給与区よりもどの窒素成分についても多く、魚粉配合区は絶食区よりもさらに多く分泌した。これに反し小腸内への分泌量にはほとんど差がみられなかった。

3) 飼料中のカゼインレベルと盲腸内への窒素成分の分泌量の関係は、カゼイン0%区は10%区よりも多く分泌したが、カゼイン配合飼料ではカゼイン含量が増加するに従って分泌量も増加した。小腸内では全窒素以外の窒素成分は盲腸と同様の傾向を示した。

以上いずれの実験も盲腸内に分泌された窒素はほとんどが非蛋白態窒素であったが、小腸では蛋白態窒素が20～30%認められ、盲腸内への分泌量は小腸に比して著しく多かった。また盲腸内への窒素成分の分泌量の多いときは血液中の窒素成分値も高かった。

第2節 血管内への窒素成分の注入と盲腸内への窒素成分の分泌

本章第1節で、盲腸内への窒素成分の分泌量は血液中の窒素成分値が高くなると増加することを明らかにした。Yosida and Asida¹¹³⁾ はラットにアミノ酸アンバランス飼料を給与して窒素出納を調べた結果、窒素の体内保留量は少なくなると報告している。KARASAWA ら⁷⁵⁾ は高蛋白質飼料給与鶏にグルタミンを注入すると血液中の尿酸値は高くなり、尿中への尿酸排泄量が増加したと述べている。本実験は血液中の尿酸値およびアンモニア値を高めることにより盲腸内への分泌量がどの程度増加するかを確かめる目的で、高蛋白質飼料給与鶏の血管内にグルタミン酸を注入したときの盲腸内への窒素成分の分泌量を測定した。グルタミン酸は哺乳動物の体組織中に最も多いアミノ酸で、核酸合成の過程でグルタミン、アスパラギン酸にもなるがアンモニアも生成される¹¹⁴⁾。鶏ではこれら含窒素物からは尿酸が生成されるので、当然血液中の尿酸およびアンモニア値が高くなるものと考えた。また、血液中に存在する尿酸は直ちに盲腸内に分泌されるか否かを調べる目的で、ラジオアイソトープでラベルした [2-¹⁴C] 尿酸を腸管環流中の鶏の尺側皮静脈内に注入し、盲腸内への分泌量を測定して小腸内への分泌量と対比検討した。

材料および方法

供試鶏としては同一条件で育雛した単冠白色レグホーン種を用いた。まず、グルタミン酸を血管内に注入して盲腸内への窒素成分の分泌量を調べる実験には、80日齢の雄24羽を各区6羽ずつの4区に分けて使用した。環流前の10日間は代謝試験用ケージに収容し、表8-4に示したカゼイン20%配合飼料を1日1羽あたり80g、朝夕の2回に等量ずつ分けて7日間給与した。それらの鶏は第5章第3節で述べたと同様の方法で、盲腸および小腸に第6章第3節と同様のクレーブス・リンガー磷酸緩衝液を環流させ、直ちにグルタミン酸の0%、10%、20%および40%水溶液を各区にそれぞれ体重1kgあたり5mlずつ尺側皮静脈内に注入し、窒素成分の腸管よりの分泌量を1時間にわたり調査した。なお環流が終った鶏は採血し、屠殺して環流に使用した腸管の重量を測定した。

次に、血管内に投与した尿酸が腸管内に分泌される量を測定する目的で、表8-1に示した粗蛋白質15.1%の配合飼料を自由に摂取させた100日齢の雌(平均体重1.3kg)を盲腸、小腸別に各区6羽と、同一条件下の300日齢の雄(平均体重2.1kg)を盲腸、小腸別に各区4羽ずつ実験に供した。

これらの鶏は盲腸および小腸を環流装置に設着後、直ちに $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸リンゲル液 ($100 \mu\text{ci/ml}$) をマイグロシリンジを用いて1羽あたり $100 \mu\text{l}$ (0.031 mg) ずつ尺側皮静脈より注入し、1時間の環流試験を行った。なお、この尿酸注入量は1羽あたり $76.5 \times 10^5 \text{ CPM}$ に相当する。

環流終了後の環流液は、液体シンチレーションカウンターで $[^{14}\text{C}]$ の測定を行い、全 $[^{14}\text{C}]$ の分泌量を算出した。次いで 5 ml の環流液に 5 ml の DOWXI- $\times 8$ ($200 \sim 400 \text{ mesh}$) を加え、バッチ法¹¹⁵⁾ で尿酸を吸着させた後ろ過、水洗を行い、さらに 0.0005 N 硝酸でろ液が 100 ml になるまで洗浄した。そのろ液を液体シンチレーションカウンターによって $[^{14}\text{C}]$ 非尿酸態を測定し、次いで $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸を吸着させた DOWXI- $\times 8$ を 0.005 N 硝酸で抽出して $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸を測定した。

結 果

血管内にグルタミン酸を種々の割合で注入した鶏の1時間あたり窒素成分の分泌量は表8-12に示した通りである。まず全窒素の分泌量を見ると、盲腸内分泌量ではグルタミン酸注入区はわずかに増加したが、注入量による差はみられなかった。小腸でもグルタミン酸注入による差はまったくみられず、盲腸内への分泌量は小腸の約10倍に達した。盲腸内に分泌された窒素はほとんどが非蛋白態窒素であった。

Table 8-12. The effect of intravenous injection of glutamic acid on the intestinal and blood nitrogen components (Mean \pm S E M for 6 birds)

Intestine	Injected glutamic acid	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Uric acid-nitrogen	Ammonia-nitrogen
	(mg/kg BW)	(mg/g dry tissue)	(mg)	(μg)	(μg)
Cecum	0	21.9 ± 1.7^a	22.0 ± 1.5^a	49.3 ± 4.1^a	1743 ± 106^a
	500	25.1 ± 1.0^{ab}	25.0 ± 1.2^{ab}	192.8 ± 6.4^b	2123 ± 145^b
	1000	29.4 ± 2.4^b	29.1 ± 2.4^b	291.8 ± 11.3^c	2913 ± 236^c
	2000	23.1 ± 2.1^{ab}	23.0 ± 1.1^{ab}	314.7 ± 18.0^c	7773 ± 388^d
Small intestine	0	2.1 ± 0.5	1.8 ± 0.4	25.6 ± 4.5	598 ± 117
	500	2.3 ± 0.2	1.5 ± 0.1	19.0 ± 6.8	572 ± 52
	1000	2.2 ± 0.4	1.6 ± 0.5	21.6 ± 6.1	650 ± 187
	2000	2.3 ± 0.2	1.6 ± 0.2	26.7 ± 2.1	596 ± 115
Blood		(mg/ml)	(mg/ml)	($\mu\text{g/ml}$)	($\mu\text{g/ml}$)
	0	32.21 ± 0.78	1.09 ± 0.09^a	155.6 ± 8.2^a	30.6 ± 0.12^a
	500	31.82 ± 1.02	1.32 ± 0.08^b	181.0 ± 9.5^b	30.9 ± 0.07^a
	1000	31.24 ± 0.94	1.33 ± 0.04^b	223.3 ± 6.9^c	33.2 ± 0.09^b
	2000	32.01 ± 0.76	1.40 ± 0.02^c	344.0 ± 21.4^d	37.1 ± 0.21^c

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

尿酸態窒素の盲腸内への分泌量は、グルタミン酸を 500 mg/kg 注入すると対照区の約4倍の分泌量となり、さらに注入量が増加するに従ってその分泌量も増加した。グルタミン酸の注入量と盲腸内への分泌量との間に正の相関関係 ($r=0.8640, P<0.01$) が認められた。

これに反し、小腸内への分泌ではグルタミン酸注入による差がまったくみられず、盲腸内には小腸への2~12倍量が分泌された。

アンモニア態窒素の盲腸内への分泌量はグルタミン酸の注入により増加し、各々の区間に有意差が認められ、特に 2000 mg/kg 注入区では著しく増加し、 1000 mg/kg の2.7倍にも達した。なお、グルタミン酸注入量とアンモニア態窒素の盲腸内への分泌量との間には正の相関関係 ($r=0.9263, P<0.01$) が認められた。これに反し小

腸ではグルタミン酸の注入による変化は全くみられず、盲腸では小腸の3~13倍の分泌量となった。

グルタミン酸注入量と血液中の窒素成分の関係は表8-12に示した通りである。全窒素ではグルタミン酸注入による差は全く認められなかった。非蛋白態窒素、尿酸およびアンモニアではグルタミン酸の注入量が増加するに従って血液中の濃度が高くなり、2000 mg/kg 注入は全区に対して有意であった。特に尿酸では、2000 mg/kg 注入で著しい増加がみられた。グルタミン酸注入量と血液中の尿酸には正の相関関係 ($r=0.9398, P<0.01$) がみられ、アンモニアでも同様に正の相関関係 ($r=0.9726, P<0.01$) がみられた。また血液中の尿酸と盲腸内への分泌量との間にも正の相関関係 ($r=0.8912, P<0.01$) がみられ、アンモニアでも同様に正の相関関係 ($r=0.8721, P<0.01$) が認められた。

次に、 $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸を血管内に注入した時の腸管内への分泌量は、環流液中の $[^{14}\text{C}]$ の値から非尿酸態 $[^{14}\text{C}]$ を差し引いた値と、DOWXI- $\times 8$ に吸着させた $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸の値はほとんど一致した。なお、環流液中に占める $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸の割合は、小腸よりも盲腸の方が高かった。

腸管内 $[2-^{14}\text{C}]$ 尿酸の分泌量は表8-13に示した通りである。本章第1節で述べた方法で盲腸2本に分泌された

Table 8-13. The secretion of ($2-^{14}\text{C}$) uric acid

Intestine	Experimental bird	Total excretion	Ratio of excretion (%)	Excretion/g of dry tissue
Cecum	100-day-old pullet	15266 \pm 175**	0.20 \pm 0.02	26618 \pm 322*
	300-day-old cockerel	12782 \pm 214***	0.17 \pm 0.03	13405 \pm 301 ^b
	Average	14127	0.183	20012
Small intestine	100-day-old pullet	6835 \pm 253 ^a	0.08 \pm 0.03	2021 \pm 75
	300-day-old cockerel	4553 \pm 112 ^b	0.06 \pm 0.02	2194 \pm 54
	Average	5922	0.074	2108

*: Mean CPM \pm S E M for 6 birds.

** : Mean CPM \pm S E M for 4 birds.

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

量を算出すると、100日齢の雌は300日齢の雄よりも多く分泌し、両者の間に有意差がみられ、また盲腸内には1時間に注入量の約2%が分泌された。また乾燥腸1gあたりの分泌量を算出しても、100日齢雌の方が300日齢雄よりも有意に多かった。

小腸内への分泌量も、小腸全体では100日齢雌の方が300日齢雄よりも有意に多く、300日齢雄の約1.5倍の分泌量となったが、注入量に対する分泌量は0.7%であった。なお、乾燥腸1gあたりについて算出すると差がみられなかった。

盲腸内への分泌量と小腸内への分泌量を比較すると、盲腸は乾燥腸1gあたりで6~13倍となり、全盲腸と全小腸では盲腸が2~3倍の分泌量となった。

考 察

血管内にグルタミン酸を注入しても、全窒素の盲腸内への分泌量は本章第1節の飼料の蛋白質レベルによる差ほど顕著な傾向はみられず、この程度のグルタミン酸を血管内に注入したのであれば、血液中の全窒素を左右するほど影響しないものと考えられる。しかし、本章第1節と同様に全腸管内への分泌量を算出すると、盲腸全体では小腸全体の2~3倍量が分泌され、盲腸内に分泌された窒素はほとんどが非蛋白態窒素であり、本章第1節の結果と一致した。

尿酸態窒素の盲腸内への分泌量は、本章第1節の同日齢の同一飼料給与鶏と比較すると3~6倍の分泌量となり、グルタミン酸の血管内注入により著しく増加した。KARASAWAら⁷⁵⁾は高蛋白質飼料給与鶏にグルタミンを血管内に注入すると、血液中の尿酸値が高くなり、尿中の尿酸値も高くなったと述べている。本実験においてもグルタミン酸の注入により血液中の尿酸値は高くなり、尿中尿酸の排泄量⁷⁵⁾と盲腸内への分泌量が同様の傾向を示した。本実験では尿中の尿酸は測定していないが、このように多量の尿酸が尿中に排泄されるときには盲腸内にも尿酸を分泌し、腎臓における尿酸排泄の補完的役割を果たしているものと考えられる。

本章第1節では、飼料中の蛋白質含量が増加して盲腸内への尿酸態窒素の分泌量が増加すると、小腸内への尿酸態窒素の分泌量も増加することが示された。しかし、腸管環流と同時に血管内にグルタミン酸を注入した場合には、盲腸内への尿酸態窒素の分泌量は増加するが、小腸内への分泌量にはまったく影響がみられなかった。このような相異が何に起因しているかは不明であるが、小腸からの尿酸態窒素の分泌が増加するまでにはある程度の時間的ずれがあるのではないかと考えられる。この点を明らかにするにはさらに長期間にわたる観察が必要であろう。

アンモニア態窒素の腸管内への分泌は、小腸ではグルタミン酸注入による変化はみられなかったが、盲腸では注入量が増加するにつれてアンモニア態窒素の分泌量が増加し、特に2000 mg/kgで著しい増加がみられた。すなわち、1000 mg/kg程度までは尿酸態窒素としての分泌が漸増するが、2000 mg/kgではそれ以上の尿酸態窒素の分泌がみられず、これと代償的にアンモニア態窒素の分泌量が増加したものであろう。血液中にグルタミン酸を注入すると、血液中の尿酸とアンモニアは並行的に増加するが、一方、血液中のアンモニア量がある一定限度を越えると生理的な障害を引き起こされるといわれている¹¹⁶⁾ので、グルタミン酸注入による血液中のアンモニアの増加割合よりも、盲腸内への分泌量が著しく増加したことは、OKUMURA and TASAKI⁸⁷⁾がすでに推論したように、体内の過剰窒素は全量尿酸とせず、アンモニア態窒素として尿中および盲腸内に分泌し、排泄するものと考えられる。

血管内に注入した[2-¹⁴C]尿酸は盲腸内へ小腸の乾物量1gあたりで6~13倍、盲腸全体では小腸全体の3倍量も分泌した。このことは盲腸が排泄器官としての役割を果たしていることを実証するものである。また日齢の若い鶏の方が盲腸内分泌量も多く、本章第1節で日齢の若いときに尿酸態窒素の分泌量の多かったことも一致した。

以上の実験結果から、盲腸は腎臓の排泄機能を補完しているものと考えられる。

要 約

血管内への窒素成分の注入と盲腸内への窒素成分の分泌との関係を調査した。供試鶏はすべて同一系統の単冠白色レグホーン種である。

80日齢の雄にグルタミン酸0%、10%、20%および40%水溶液を各区体重1kgあたり5mlを尺側皮静脈より注入し、盲腸および小腸を1時間環流した。盲腸内への全窒素の分泌量はグルタミン酸注入による差はみられなかったが、尿酸およびアンモニア態窒素ではグルタミン酸の注入により有意に増加した。小腸内への分泌量はいずれの窒素成分もグルタミン酸の注入により変化せず、その分泌量は盲腸に比して著しく少なかった。

血液中の全窒素量もグルタミン酸の注入によりほとんど変化しなかったが、尿酸およびアンモニアはグルタミン酸の注入により有意に増加し、グルタミン酸注入量との間に正の相関関係がみられた。また血液中の濃度と盲腸内への分泌量との間にも正の相関関係がみられた。

100日齢の雌と300日齢の雄に[2-¹⁴C]尿酸を尺側皮静脈内に注入し、盲腸および小腸内への分泌量を腸管環流法で1時間測定した。その結果、盲腸全体で注入量の約2%、小腸全体では0.7%の分泌量となり、尿酸は血管

を通過して盲腸内にかなりの量が分泌されることが判明した。

第3節 薬物の排出

前節において、血管内にグルタミン酸あるいは尿酸を注入すると、盲腸内に尿酸およびアンモニアがそれぞれ注入量に比例して多く分泌された。また盲腸内への分泌量と血液中の濃度との間に相関関係がみられ、盲腸が排泄器官としての働きをしていることを明らかにした。このように盲腸が腎臓の排泄機能を補完しているとするれば、盲腸は体内で生じた代謝終産物のみならず薬物その他体内に入った異物をも排出する作用を有するのではないかと考えられる。

そこで薬物の盲腸内への排出を調べるために、診断用、治療用の薬物3種類と低毒性の殺虫剤を血管内に注入し、腸管環流法により盲腸および小腸内への排出量を調査し比較した。

材料および方法

供試鶏にはいずれの試験もすべて同一系統の単冠白色レグホーン種を用いた。

実験 I: [³⁵S] *Sulphobromophthalein* の盲腸内への排出について。

供試鶏は同一条件下で育成し、慣用配合飼料(表8-1, 粗蛋白質15.1%)と水を自由に摂取させていた100日齢の雌(平均体重 1.2 kg)を各区それぞれ6羽ずつ用いた。腸管環流は盲腸および小腸について別々の個体で行った。血管内注入用 [³⁵S] *Sulphobromophthalein* は通常肝機能検査に使用される薬物で、血管内に注入すると肝臓で解毒され、胆管を通過して小腸内に排泄される。

供試鶏に環流装置を装着したのち、 [³⁵S] *Sulphobromophthalein* をいずれの場合も1羽あたり 0.111 mg で 25 μ ci (172.4 \times 10⁶ CPM)を尺側皮静脈より注入した。血管内注入後1時間環流を行い、環流終了時には屠殺して常法により腸の大きさを測定した。

実験 II: [7-³H] *Tetracyclin* の盲腸内への排出について。

供試鶏は実験 I と相似の90日齢雄(平均体重 1.3 kg)を各区5羽ずつ用い、盲腸と小腸内への排出量を同一個体で同時に測定した。これらの供試鶏は実験 I と同一条件で飼育し、注入量による盲腸内への排出量の差をみた。

血管内に注入した [7-³H] *Tetracyclin* はある程度の持続性があり、体内で分解されて尿および糞中に排泄されるといわれている慣用の抗生物質である。[7-³H] *Tetracyclin* は実験 I と同様の方法で尺側皮静脈より体重 1 kg あたり 0.003 mg で 10 μ ci (265.8 \times 10⁶ CPM) と 0.006 mg で 20 μ ci 注入して1時間環流した。

実験 III: *Sulfisoxazolom* の盲腸内への排出について。

供試鶏は実験 II と相似の90日齢雄(体重 1.2~1.3 kg) 15羽を5羽ずつの3区に分け、実験 I と同一条件で飼育後、盲腸と小腸の環流を同一個体で同時に行った。使用した *Sulfisoxazolom* は一般的には尿路疾患の治療に用いられ、体内で分解されることなく速やかに尿路に排泄されるといわれているサルファ剤である。用いた *Sulfisoxazolom* は10%ジエタノールアミン塩水溶液であるサイアジン(山之内製薬)で、これを実験 I と同様の方法で尺側皮静脈より 2 ml, 4 ml および 6 ml ずつ注入し、1時間腸管を環流した。

実験 IV: [¹⁴C] *Carbaryl* の盲腸内への排出について。

供試鶏は実験 II と相似の90日齢雄(平均体重 1.2 kg) 12羽を6羽ずつの2区に分け、盲腸および小腸を同一個体で同時に環流した。環流前の鶏は実験 I と同様に飼育した。

使用した [¹⁴C] *Carbaryl* は *Carbamate* 系の農薬として広く用いられている 1-naphthyl-N-methyl *Carbamate* (通称 *Carbaryl*) である。この農薬は低毒性で昆虫に対して選択的毒性を有し、動物では速やかに尿路に排泄されるものといわれている。 [¹⁴C] *Carbaryl* は注入前に窒素ガスによりベンゼンを部分蒸発させたものを使用した。

[¹⁴C] *Carbaryl* は実験 I と同様の方法で 1 羽あたり 0.076 mg で 10 μ ci (81.5 \times 10⁶ CPM) と 0.152 mg で 20 μ ci (193.6 \times 10⁶ CPM) を尺側皮静脈より注入し、1 時間腸管を環流した。

以上 4 つの実験に用いた腸管環流法は第 5 章第 3 節に記したと同様である。

環流液中に排出された各薬物の定量は、ラジオアイソトープでラベルしたものについては環流液 1 ml を液体シンチレーションカウンターで測定した。*Sulfisoxazolom* は環流液に 0.2 N NaOH を加えて発色させて分光光度計 (日立 139 型) を用いて測定した¹¹⁷⁾。

結果および考察

[³⁵S] *Sulphobromophthalein* を血管内に注入し、腸管内に排出した 1 時間あたりの量は表 8-14 に示した通りで

Table 8-14. The excretion of (³⁵S) Sulphobromophthalein
(Mean \times 10³ CPM \pm S E M for 6 birds)

Intestine	Excretion/g of dry tissue	Total excretion	Ratio of excretion (%)#
Cecum	3584 \pm 84	2222 \pm 14	1.30 \pm 0.04
Small intestine	551 \pm 49**	1829 \pm 16**	1.00 \pm 0.66

Ratio of total excretion to injected amount.

** Significantly different from cecum at 1% level, respectively.

ある。すなわち乾燥腸 1 g あたりの排出量は小腸に比して盲腸は 6.5 倍と有意に多かった。これを全腸管よりの排出量に換算すると、全盲腸からは投与量の 1.3%、また全小腸からは 1.0% であった。

[7-³H] *Tetracyclin* の腸管内への排出量は表 8-15 に示した通りである。盲腸内への排出量は 10 μ ci 注入で (3018 \pm 180) \times 10³ CPM となり注入量の約 0.9% であったが、注入量を 2 倍にした場合は (8064 \pm 2053) \times 10³ CPM の排出量となり 10 μ ci 注入鶏の 2.7 倍 (注入量の 1.2%) が排出され、負荷量が多いと排出速度が高まることが明らかになった。

Table 8-15. The excretion of (7-³H) Tetracyclin
(Mean \times 10³ CPM \pm S E M for 5 birds)

Intestine	Injected amount (μ ci/kg B.W.)	Excretion/g of dry tissue	Total excretion	Ratio of excretion# (%)
Cecum	10	4328 \pm 251 ^a	3018 \pm 180 ^a	0.86 \pm 0.06
	20	10380 \pm 510 ^b	8064 \pm 953 ^b	1.27 \pm 0.30
Small intestine	10	1002 \pm 224 ^a	2271 \pm 308 ^a	0.64 \pm 0.07
	20	1856 \pm 316 ^b	3962 \pm 686 ^b	0.51 \pm 0.11

Ratio of total excretion to injected amount.

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

小腸内への排出量も盲腸と同様の傾向を示したが、いずれも盲腸内への排出量に比し少なかった。

Sulfisoxazolom の腸管内への排出量は表 8-16 に示した通りである。盲腸内への排出量は注入量が増加するに従って増加したが、排出速度はむしろ減少の傾向を示した。これに対し小腸内への排出量は、注入量が増加しても排出総量には全く変化がみられず、排出速度の減少は盲腸におけるよりもはるかに大きいことがわかった。なお排出総量は盲腸の 70~40% 程度となった。

Table 8-16. The excretion of Sulfisoxazolom
(Mean \pm S E M for 5 birds)

Intestine	Injected amount (ml/bird)	Excretion/g of dry tissue (μ g)	Total excretion (μ g)	Ratio of excretion# (%)
Cecum	2	274.0 \pm 17.0 ^a	186.3 \pm 10.6 ^a	9.31 \pm 0.51 ^a
	4	414.1 \pm 40.1 ^b	238.0 \pm 8.8 ^b	7.08 \pm 0.21 ^b
	6	470.1 \pm 40.0 ^c	326.4 \pm 15.5 ^c	5.44 \pm 0.25 ^c
Small intestine	2	60.3 \pm 6.7 ^a	138.0 \pm 15.7	6.90 \pm 0.79 ^a
	4	50.9 \pm 8.3 ^b	115.7 \pm 18.8	2.89 \pm 0.42 ^b
	6	47.4 \pm 15.9 ^c	118.9 \pm 39.8	1.98 \pm 0.66 ^c

#: Ratio of total excretion to injected amount.

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

[¹⁴C] *Carbaryl* の腸管内への排出量は表 8-17 に示した通りである。盲腸内への排出量では盲腸全体で 10 μ ci 注入区は (786 \pm 26) \times 10³ CPM となり、注入量を 2 倍にするとその排出量も約 2 倍 (1566 \pm 23) \times 10³ CPM に増加した。従って注入量に対する盲腸内への排出量は 0.8~1% となり、排出速度は注入量によってほとんど変化しなかった。小腸内への排出量は盲腸内への排出量に比較して約 1/3 となり、注入量を 2 倍にするとその排出量も 2 倍となることから、盲腸の場合と同様に排出速度は注入量により変化しなかった。

Table 8-17. The excretion of (¹⁴C) *Carbaryl*
(Mean \times 10³ CPM \pm S E M for 6 birds)

Intestine	Injected amount (μ ci/bird)	Excretion/g of dry tissue	Total excretion	Ratio of excretion# (%)
Cecum	10	1151 \pm 109 ^a	786 \pm 26 ^a	0.96 \pm 0.11
	20	2155 \pm 284 ^b	1566 \pm 23 ^b	0.80 \pm 0.02
Small intestine	10	90 \pm 11 ^a	211 \pm 26 ^a	0.25 \pm 0.02
	20	214 \pm 32 ^b	528 \pm 78 ^b	0.26 \pm 0.05

Ratio of total excretion to injected amount.

Means having different superscript letters are significantly different at 5% level, respectively.

以上の結果より考えると、*Sulphobromophthalein* のように肝臓で解毒され胆管を通して小腸内に分泌されるといわれている薬物でも、盲腸内に 1 時間あたり注入量の 1.3% が排出され、小腸内への排出量よりも若干多い傾向を示した。

Tetracyclin のような抗生物質はある一定時間体内に保留し、分解されて排出されるといわれている。従って、血管内へ注入した後 1 時間で速やかに排泄されるとは考えられないが、しかし絶えず腸管内への排出は行われ、しかも盲腸内への排出量は小腸内への排出量よりも若干多い傾向を示した。

Sulfisoxazolom の盲腸内への排出は前 2 者の薬物とは様相が異なり、血管内への注入量を増加すると、盲腸内への排出量はその注入量に比例して増加したが、小腸内への排出量にはそのような変化がみられなかった。本剤は体内で分解されずに尿路に排泄されるといわれているので、腎臓を通して排出される物質は盲腸内にもよく排出され、この点からも盲腸は腎臓の補完的役割を果たしているものと考えられる。一方、*Carbaryl* のように低毒性の農薬を注入しても、盲腸は小腸よりも排出量が著しく多く、従って盲腸は体内に入った異物の排泄に対し

である程度の役割を果たしているものと考えられる。

要 約

単冠白色レグホーン種を用い、排泄径路および使用目的の異なる薬物を血管内に注入し、盲腸内への排出量を測定してこれを小腸内への排出量と比較した。

- 1) [³⁵S] *Sulphobromophthalein* は盲腸および小腸ともに排出されたが、小腸は盲腸の約80%であった。
- 2) [7-³H] *Tetracyclin* の盲腸内排出量は、注入量を2倍にすると2.7倍に増加した。また小腸内へも排出されたがその排出量は少なかった。
- 3) *Sulfisoxazolom* は90日齢の雄で血管内注入量が増加すると盲腸内への排出量も増加し、正の相関関係がみられた。小腸内への排出量は注入量による差がまったくみられず、盲腸の約70~40%であった。
- 4) [¹⁴C] *Carbaryl* の盲腸内への排出量は、90日齢の雄で注入量を2倍にするとその排出量も2倍に増加した。小腸内への排出量も盲腸と同様の傾向を示したが、その排出量は約1/3であった。

第4節 盲腸に分布する血管の切断と盲腸よりの窒素成分の排出との関係

盲腸内への窒素成分の排出量は、血液中の窒素成分量と相関関係があり、飼料中の蛋白質レベルを変えることにより、血液中の窒素成分量が変わると、それに依りて盲腸および小腸内窒素成分の排出量は変化した。しかし、血管内にグルタミン酸あるいは尿酸を注入して血液中の窒素成分量を急激に増加させると、盲腸内への排出量は急激に増加したが小腸内への排出量には変化がなかった。また尿路に排泄されるとされている薬物は盲腸に特に多く排出された。

第3章第3節では、盲腸に分布する血管を切断すると、盲腸糞排泄の様相が変化し、また排泄量も減少することを明らかにした。これは、盲腸に分布する血管によって排出物が運搬されていることを示唆するものである。しかし、盲腸に分布する血管のうち、どの血管が盲腸内への排出に対して主たる役割を果たしているかは不明である。従って、本実験では盲腸に分布する血管を段階的に切断あるいは結紮して、腸管環流法により盲腸内への窒素成分の排出量を測定した。

材料および方法

同一条件下で飼育した70~75日齢の単冠白色レグホーン種雄で平均体重が1.1kgのもの30羽を、各区6羽ずつの5区に分けて供試した。供試前10日間は本章第1節と同様に表8-1に示した慣用配合飼料に魚粉30%を配合した飼料(粗蛋白質30%)と水を自由に摂取させた。これらの供試鶏は次のように(図8-1)血管を段階的に切断し、第5章第3節と同様の方法で盲腸内にクレーブス・リンガー磷酸緩衝液(pH6.8)を環流した。

- 1) 対照区 I: 環流用ガラス管の一方を盲腸尖部に挿入し結紮した。もう一方のガラス管は直腸の近位部約1/3のところから盲腸内に挿入し、盲腸にできるだけ近い部分の直腸と、環流に使用する側の盲腸分岐部直前の回腸から環流に使用しない盲腸直下の直腸に血管をさけて縫合糸をかけ、結紮後環流を行った。従って、この区は後回盲腸動・静脈の盲尖部に分枝した血管の一部のみの切断となった。
- 2) 対照区 II: 第5章第3節と同様の方法で行った。従って盲腸に分布する血管の阻止は、後回盲腸動・静脈の盲腸尖部に分枝した血管の一部の切断および後腸間膜動・静脈の盲腸枝の結紮となった。
- 3) 後回盲腸動・静脈切断区: 対照区 II と同様に、後腸間膜動・静脈の盲腸枝を結紮し、さらに後回盲腸動・静脈を切断した。従って、この鶏は前腸間膜動・静脈の盲腸枝、中間および前回盲腸動・静脈のみが正常に通じている。
- 4) 後・中間・前回盲腸動・静脈を切断した区: 第3区の処置に加えて、中間および前回盲腸動・静脈を切断

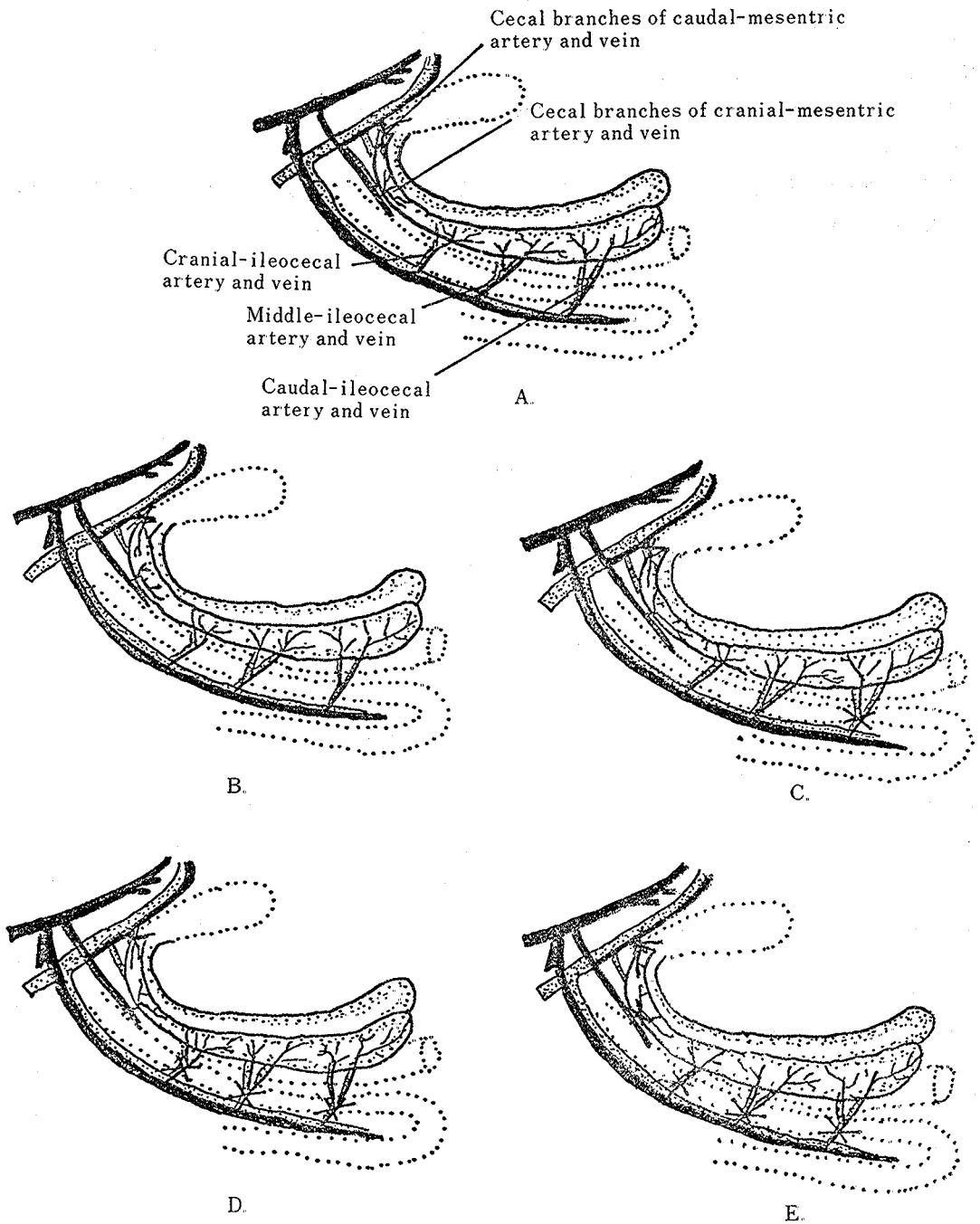


Fig. 8-1. Severing the blood vessels distributed along the cecum (X.....Severed).

- A: Intact (control).
- B: Severing the cecal branches of caudal-mesentric artery and vein.
- C: Severing B and the caudal-ileocecical artery and vein.
- D: Severing C and the middle and cranial-ileocecical artery and vein.
- E: Severing D and the cecal branches of cranial-mesentric artery and vein.

した。従ってこの鶏は前腸間膜動・静脈の盲腸枝のみが盲腸に通じている。

5) 全血管切断区：第4区に加えて前腸間膜動・静脈をも切断した。従って本区は盲腸に分布する血管はすべて切断または結紮されたことになる。

環流液はろ過，採取後本章第1節と同様の方法で窒素の定量を行った。

結果および考察

盲腸に分布する血管を段階的に切断し，1時間環流後の盲腸内に排出された窒素量を盲腸1本あたりで示すと表8-18の通りである。なお各区において盲腸の新鮮物重は1.5~1.6g，乾燥重では0.24~0.26gと比較的一定で

Table 8-18. Effect of Severing the blood vessels distributed along the cecum on the cecal excretion of nitrogen (Mean \pm S E M for 6 birds)

Severing cecal vessels	Total nitrogen (mg)	Non-protein nitrogen (mg)
Intact (control)	5.91 \pm 0.39 ^a	5.82 \pm 0.22 ^a
Cecal branches of caudal-mesentric vessels	5.34 \pm 0.42 ^a	5.28 \pm 0.36 ^a
Cecal branches of caudal-mesentric vessels Caudal-ileocecal vessels	5.24 \pm 0.32 ^b	5.18 \pm 0.28 ^a
Cecal branches of caudal-mesentric vessels Caudal-, middle- and cranial-ileocecal vessels	2.94 \pm 0.31 ^b	2.91 \pm 0.12 ^b
All vessels distributed along the cecum	2.80 \pm 0.23	2.78 \pm 0.21 ^b

Means having different superscript letters are significantly different at 1% level, respectively.

あったので，特に盲腸の大きさによる補正はしなかった。対照区 I の後回盲腸動・静脈の盲腸尖枝の1部を切断したもので，盲腸内に排出された全窒素は 5.91 \pm 0.39 mg となり，また対照区 II の後腸間膜動・静脈の盲腸枝からの血液流入を阻止したもので 5.34 \pm 0.42 mg の排出量となっており，その間では 0.57 mg の差となったが，これは統計的に有意な差ではなかった。このことより，後腸間膜動・静脈の盲腸枝の有無が窒素成分の盲腸内への排出に対し，特に大きな役割を果たしているとは考えられない。さらに後回盲腸動・静脈を切断しても窒素成分の排出量は 5.24 \pm 0.32 mg となり，対照区 I, II に比して血管の切断とともに段階的に減少する傾向を示したものの，いずれの区間にも有意差が認められず，従って後回盲腸動・静脈も盲腸における窒素成分の排出に大きな役割を果たしているとは考えられない。しかし，後回盲腸動・静脈は盲腸に分布する血管のうち最も大きい部類に属することと，対照区においても本動・静脈の一部が切断されていることから，本血管の役割が絶無であると断定することはできない。この点を明らかにするためには，盲腸尖部を損じない環流法を実施する必要がある。

次いで，前腸間膜動・静脈の盲腸枝のみを残した区では，盲腸内への窒素成分の排出量は 2.94 \pm 0.3 mg となり，前3区に比較すると排出量の低下が著しく，1%水準で有意な差が認められた。さらに盲腸に分布するすべての血管を切断した区では，窒素成分の排出量は 2.8 \pm 0.23 mg となり，前腸間膜動・静脈のみを残した区とほとんど差がなかった。この点より，前腸間膜動・静脈の盲腸枝からの排出量は極めて少なく，盲腸内に排出する血液中の窒素成分はそのほとんどが前および中間回盲腸動・静脈よりのものであろうと考えられる。しかし，前述したごとく，後回盲腸動・静脈の役割については検討の余地が残っているので，あるいは回盲腸動・静脈のすべてが主たる役割を果たしているかもしれない。第3章第3節で後，中間および前回盲腸動・静脈を切断すると盲腸糞の排出量が低下したが，その主たる原因は，盲腸内へ窒素成分を排出するにあたり，これらを運搬する主要な血管が切断されたためと考えられる。

非蛋白態窒素について測定した結果も表8-18に示してあるが、その値は盲腸内に分泌した全窒素の値とほとんど差がなかった。すなわちここでも盲腸内へ排出する窒素成分は、その大部分が非蛋白態窒素であることが実証されている。

要 約

70～75日齢の単冠白色レグホーン種雄の盲腸に分布する血管を段階的に切断し、盲腸内への窒素成分の排出にどの血管が主たる役割を果たしているかを腸管環流法を用いて調査した。

- 1) 前、後腸間膜動・静脈盲腸枝が盲腸内への窒素成分の排出に果たす役割は少なかった。
- 2) 後、中間および前回盲腸動・静脈を切断すると盲腸内への窒素成分の排出量は急激に低下したので、盲腸内への窒素成分の排出に最も大きな役割を果たしているのはこれらの回盲腸動・静脈であろう。

第5節 内因性盲腸糞の排泄

鶏の盲腸内内容物は小腸内内容物が流入したものであり、それが一定時間盲腸内に滞留して栄養素の消化吸収が行われたのち、盲腸糞として排泄されると従来考えられていた^{4,13,14)}。また池田⁴¹⁾および高橋ら⁴³⁾も給与飼料の一部が盲腸内に流入することを認めている。このことは、本論文第4章第1節および第3節の実験においても認められた事実である。しかし、本章第1節～第4節の実験において、盲腸内に各種窒素成分が分泌され、しかも血液中の窒素成分量と盲腸内に分泌する窒素成分量との間に密接な関係のあることが認められた。また血管内に薬物を注入すると盲腸内に排出されたことから、盲腸は体内で代謝された終産物あるいは外来異物の排泄器官としての役割を果たしているものと考えた。

以上の2点から、盲腸糞は小腸内内容物が盲腸内に流入したのち排泄される部分と、体内から盲腸内に排出された内因性物質の両者によって構成されるものと考えられる。本章第1節～第4節において、体内より盲腸内に分泌し、排泄される物質量を *in situ* で測定したが、通常の状態では盲腸糞のうち内因的に排出された成分がどの位あるかを明らかにするために次のごとき実験を行った。すなわち、小腸内内容物の盲腸内流入を阻止する手術を行って、小腸内内容物に由来しない盲腸糞の1日間における排泄回数および排泄量を調査するとともに、その時の排泄物中の窒素量を測定し、盲腸内に排出された盲腸糞と小腸内内容物の流入による盲腸糞の割合について検討した。

材料および方法

供試鶏には同一条件下で飼育した同一系統の単冠白色レグホーン種雄を用いた。

実験 I: 小腸内内容物に由来しない盲腸糞の1日間における排泄回数および排泄量について。

90日齢の供試鶏12羽を2区に分け、代謝試験用ケージに収容した。供試飼料は、慣用の幼雛用配合飼料に魚粉35%を配合した粗蛋白質35.2%のものを給与し、予備飼育期7日間、本試験期2日間にわたり自由に摂取させ、飲水も自由にさせた。1日間における盲腸糞の排泄回数および排泄量の調査は、自然光線下で2昼夜にわたり第3章第1節と同様の方法で調査し、1日あたりの排泄回数および排泄量を算出した。なお、排糞調査日の日の出は5時3分、日没は19時16分であった。

小腸内内容物の盲腸内流入阻止手術は次のごとくである。すなわち69～70日齢時に手術前1日間絶食させ、ビタミンK(カチーフ0.2g)を飲ませたのち、図8-2(Exp. I)に示したように胸骨端より恥骨端を結ぶ線上で人工肛門設着手術よりわずかに胸骨に近い場所をいく分大きく切開した。次いで、盲腸分岐部に近い回腸遠位端を前腸間膜動・静脈の盲腸枝を傷つけないように鉗子で2か所はさみ、その中央部を切断した。切り放した腸の盲腸に近い部分はタバコサック縫合して腹腔内にもどした。ホモスルフェミン0.2gを腹腔内に投入後、切り放した

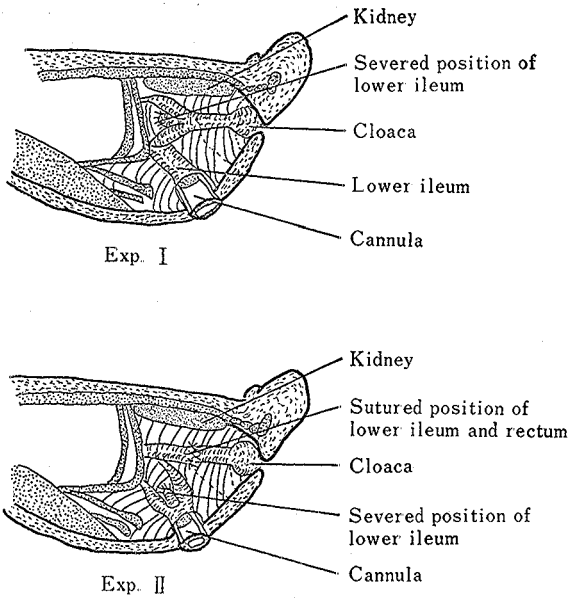


Fig. 8-2 Separation of ceca from the intestinal canal.

Exp. I: Cecal feces are collected through anus.

Exp. II: Cecal feces are collected through artificail anus.

ホモスルファミン 0.2 g を腹腔内に投入後、すべての切開部を縫合して手術を終了した。すなわち手術を終了した鶏は図8-2 (Exp. II) に示した通りであり、人工肛門からは盲腸内に排出された内因性盲腸糞のみが排出され、小腸を通過した内容物は総排泄腔より排泄することになる。なお手術終了後の鶏は直腸と回腸の縫合部で閉塞する可能性があるため、それを防止する目的で直径 6 mm のシリコンチューブを総排泄腔より腸の縫合部前まで挿入し、シリコンチューブの端を総排泄腔周辺の皮膚 2 か所に縫いつけた。手術後 5 日間は 1 日 1 羽あたりグルコース 30 g、ミルクカゼイン 7 g を団子状にして朝夕の 2 回に分けて強制給与した。その後は第 4 章第 1 節と同様のカゼイン 20% 配合半精製飼料を給与した。その間に排泄の順調でないものはリング液で浣腸した。手術後 23 日よりシリコンチューブを取り除き、試験飼料を給与した。盲腸手術鶏 10 羽の中から健康状態および排糞の順調なもの 4 羽を選び人工肛門のカニューレ周辺に付着した盲腸糞を取り除き、人工肛門部に採糞カバーを取り付け、25 ml 容ポリエチレン製採糞管を装着し、自然光線下（日の出 5 時 16~17 分、日没 19 時 4~3 分）で 3 日間にわたり排泄された盲腸糞を採取した。これと同時に未手術の対照鶏にも同一飼料を給与し、実験 I と同様に排泄された盲腸糞を 3 日間採取した。採取した盲腸糞は採糞管とともに 40°C で通風乾燥後再乾燥して乾物量を測定し、1 日あたりの排泄量を算出した。調査終了後の鶏は対照区は右腹部を切開し、盲腸分枝部を盲腸とともに鉗子ではさんで屠殺したのち試験区、対照区ともに盲腸内内容物を採取した。採取した盲腸糞および盲腸内内容物は全窒素および非蛋白態窒素を定量した。窒素の定量は第 4 章第 1 節と同様の方法で行った。

結果および考察

実験 I：小腸内内容物に由来しない盲腸糞の 1 日間における平均排泄回数および排泄量は表 8-19 に示した通りである。排泄回数では小腸内内容物の盲腸内流入を阻止した盲腸手術区と対照区はいずれも 1 日に約 3 回程度であって、両者間にはほとんど差がみられなかった。

一方の腸は人工肛門設着手術と同様に腹膜、腹筋、皮膚と縫合して体外に糞が出るようにした。従って、総排泄腔からは尿と内因性の盲腸糞のみが排泄され、人工肛門からは小腸よりの糞のみが排泄されることになる。

実験 II：実験 I では盲腸糞の排泄回数および排泄量を測定することができるが、これには尿の混入があるため、内因性盲腸糞、特に窒素成分の測定はできない。そのために実験 II においては、70 日齢時に 10 羽の鶏について小腸内容物の盲腸内流入阻止手術を行って盲腸糞のみを採取できるようにした。手術方法は、右腹部を上を保定し、季肋骨から恥骨にかけて切開し、次いで実験 I と同様に盲腸分岐部直前の回腸を 2 か所鉗子ではさみ、その中央部を切断した。盲腸側の切断部はタバコサック縫合して腹腔内にもどし、他端の切断部は直腸の中央部を切断してそれに縫合した。また盲腸側の直腸切断部は、人工肛門の設着と同様に体外に取り出した。

Table 8-19. Excretion of endogenous cecal feces in chickens
(Mean ± S E M for 6 birds)

	Frequency of excretion (per day)	Fresh cecal feces (g/day)	Dry cecal feces (g/day)
Intact (control) (A)	3.1±0.2	5.3±0.5	1.0±0.1
Operated# (B)	2.9±0.5	3.9±1.1	0.4±0.1*
(B)/(A) (%)	74.4	73.6	40.0

#: Operation was made as shown in Fig. 1 (Exp. 1).

*: Significantly different from control at 5% level.

新鮮盲腸糞の1日1羽あたり平均排泄量は盲腸手術区は3.9±1.1gであったのに対し、対照区は5.3±0.5gの排泄量となり、盲腸手術区は対照区の73.6%の排泄量であったが、統計処理の結果では両区間に有意差はみられなかった。盲腸手術鶏の盲腸糞は水分含量が高く、対照区81%に対して約90%となった。そのため盲腸手術鶏の乾燥盲腸糞量は0.4±0.1gで、対照区の1.0±0.1gに対して40%の排泄量となり有意差(p<0.05)がみられた。盲腸手術鶏の盲腸糞には尿の混入が多く、また早朝など盲腸糞の排泄量が多い時刻には尿の色が茶褐色を呈し、明らかに盲腸糞が尿中に溶解していることが認められた。しかもその混入量は個体および採取時によりかなりの変動があると考えられる。このことが、新鮮盲腸糞重の変動が大きくなった理由であろうと思われる。また乾燥糞中に尿由来の固型物が当然混入してくるので、本実験の数値をもって小腸内容物に由来しない盲腸糞を正確に判定することはできないが、いずれにしても通常の盲腸糞中には約40%が盲腸内に排出された内因性の分泌物であろうと考えた。

実験 II: 実験 I では主として内因性の盲腸糞の排泄回数と排泄量の概数を得ることができたので、次に盲腸内に排出する窒素成分を測定するために、盲腸を他の腸管から分離して、盲腸内への排出物のみを含む盲腸糞を採取した。その結果得られた盲腸糞およびその含有窒素成分量は表8-20に示した通りである。すなわち、1羽あ

Table 8-20. Excretion of endogenous cecal feces and cecal nitrogen in chickens
(Mean ± S E M)

Excretion of cecal feces (gDM/bird/day)	Nitrogen content of dry cecal feces (%)		Nitrogen content of dry cecal contents (%)		Nitrogen excretion per day (mg)			
	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Total nitrogen	Non-protein nitrogen	Total nitrogen	Non-protein nitrogen		
Intact (control) (A) (5 birds)	0.62±0.11*	—	—	—	7.72±0.12 ^c	7.31±0.19	47.9±0.2	45.3±0.4
Operated (B) (4 birds)	0.25±0.04**	9.14±0.18	8.52±0.08	9.36±0.24***	9.08±0.18**	23.4±1.0**	22.7±0.7**	
(B)/(A)	40.3			121.2	124.2	48.9	50.1	

a: Excreted from cloaca. b: Excreted from artificial anus shown in Fig. 1 (Exp. 11).

c: Collected from ceca after killing.

*, **: Significantly different from control at 5 and 1% level, respectively.

たり1日間に排泄された盲腸糞の乾物量は、盲腸手術区で0.25±0.04g、対照区では0.62±0.11gとなり、盲腸手術区は対照区の約40%と有意(p<0.01)に少なく、実験 I で得られた結果とほぼ一致した。本実験の対照区では盲腸糞のみを集めることができなかったが、盲腸内へ排出した成分のみからなる盲腸糞の乾物中における全

窒素および非蛋白態窒素含量は、第4章第1節に示した小腸内容物由来の成分を含んだ盲腸糞よりも高い値を示した。すなわち、第4章で得られた値は全窒素で7.86%、非蛋白態窒素で7.81%となったが、内因性由来の盲腸糞では9.14%および8.52%である。しかしこの両者は、供試鶏および飼料などの条件が異なるので、直接比較することはできない。第4章第1節に示したように盲腸内容物と盲腸糞の成分含量にはほとんど差がみられなかったことから、盲腸内容物中の成分含量を比較してみた。すなわち、盲腸内容物中の全窒素は $9.36 \pm 0.24\%$ となり盲腸糞中の全窒素と有意な差はみられず、また対照区の盲腸内容物は $7.72 \pm 0.12\%$ となり、盲腸手術区の小腸内容物の混入しない盲腸内容物の82%程度となった。また非蛋白態窒素についても全窒素と同様の傾向を示した。このように対照区の盲腸糞中の窒素含量が低くなった原因は、窒素含量の低い小腸内容物が盲腸内に流入したためであろうと考えられる。

盲腸内容物中の窒素含量に盲腸糞の排泄量を乗じたものを便宜的に1日間における盲腸糞中の窒素排泄量とすると、盲腸手術区は $23.42 \pm 0.92 \text{ mg}$ となり対照区($47.86 \pm 0.23 \text{ mg}$)の49%となった。非蛋白態窒素ではそれぞれ22.7および45.3 mgとなり、内因性の排泄量は全排泄量の50%となった。しかし、盲腸糞中の盲腸内排出量の占める割合は乾物量で約40%であった。そこで、盲腸糞の排泄量と盲腸内容物中の窒素含量から、盲腸内に流入した小腸内容物の窒素含量を算出すると、小腸内容物の乾物中全窒素で6.6%、非蛋白態窒素は6.1%程度となった。この値は第4章第1節の小腸遠位端内容物の2倍前後の値となる。BROWNE⁴⁷⁾およびAKERSTER⁶⁵⁾によると、盲腸には粗繊維の少ない流動体および微粒子のみが流入するとしており、第4章第1節、第3節でも盲腸のバルブ機構により選択的に粘液物質および微粒子のみが盲腸内に流入すると推論した。本実験の盲腸内容物中の窒素含量および盲腸糞の排泄量から推察した結果においても、盲腸内には小腸から窒素含量の高い流動状、あるいは微細粒子を主とした部分のみが流入するものと判断される。

要 約

単冠白色レグホーン種雄に盲腸遊離手術を行い、慣用配合飼料に魚粉を添加した粗蛋白質35.2%の飼料を給与し、内因性盲腸糞の排泄回数、排泄量および窒素含量について調査した。

盲腸分岐部直前の小腸を切断し、人工肛門を設着して総排泄腔からは内因性の盲腸糞と尿のみが排泄されるように手術した鶏の1日間における盲腸糞の排泄回数は、約3回で対照区とほとんど変らなかった。盲腸糞の排泄量は、新鮮物で盲腸手術区は対照区の73.6%であったが、乾物量では40%となった。

直腸と小腸遠位端を縫合し、総排泄腔からは腸糞と尿が排泄され、遊離した盲腸は人工肛門を設着して内因性盲腸糞のみが採取できるように手術した。内因性盲腸糞の排泄量は乾物量で対照区の40%であった。内因性の盲腸糞および盲腸内容物中の全窒素と非蛋白態窒素量は対照区よりも高く、盲腸内容物で全窒素が1.21倍、非蛋白態窒素は1.24倍となった。盲腸糞中に排泄される窒素成分の約50%が盲腸内に排出されたものであった。

第6節 総 括

盲腸内容物の含窒素物はほとんどが非蛋白態窒素であり、盲腸糞中に排泄された窒素成分量と血液中の窒素成分量との間に正の相関関係がみられることから、盲腸糞中に排泄される窒素成分は内因性の窒素に由来するものがあると第7章までの結果から推論した。すなわち、盲腸内のpHは盲腸内への分泌物により決定され、しかも血液のpHと盲腸内pHは並行して変化した。また盲腸に分布する血管を切断すると盲腸糞の排泄量が減少したことなどである。本章においては、盲腸内に排出する物質を直接採取し、盲腸の排出機能をより直裁的に解明しようと試みたものである。

まず腸管環流法により、1時間あたりの盲腸内窒素成分の分泌量を測定して、小腸内への分泌量と比較すると

同時に、血液中の窒素成分量との関係についても検討した。

成育期別における盲腸内窒素成分の分泌量は成育の初期ほど多く、次いで75~80日齢の雄に慣用配合飼料とそれに魚粉30%を配合した飼料を給与した場合と、5日間絶食した鶏について盲腸内への窒素成分の分泌量を測定してみると、配合飼料給与鶏よりも絶食鶏の方が多く、また魚粉配合飼料給与鶏は絶食鶏よりもさらに多く分泌した。また75~80日齢の雄にカゼイン0%、10%、20%および30%配合した半精製飼料を給与したところ、盲腸内への窒素成分の分泌量はカゼイン0%の方が10%区よりも多かったが、カゼイン配合飼料ではカゼイン含量の多いものほど多く分泌した。以上いずれの実験においても、盲腸には小腸よりも著しく多く分泌された。盲腸内への窒素成分の分泌量と血液中の窒素成分含量とは並行的に推移し、また絶食鶏以外では盲腸糞の排泄量ともよく一致する傾向を示した。TASAKI and OKUMURA⁴⁸⁾ および OKUMURA and TASAKI⁴⁹⁾ の報告した血液中の窒素値および尿中への排泄量とも一致する関係が得られた。以上の諸点より、盲腸は腎臓における排泄機能を補完する役割を果たしているものと推論した。

80日齢の雄の血管内にL-グルタミン酸を0%、10%、20%および40%含む溶液を体重1kgあたり5mlずつ注入すると、盲腸内への全窒素の分泌量は、L-グルタミン酸の注入により特にめだつた影響はみられなかったが、尿酸態およびアンモニア態窒素については、L-グルタミン酸の注入により有意に増加し、L-グルタミン酸の注入量と盲腸内への分泌量との間には正の相関関係がみられた。これに対し、小腸内への尿酸態およびアンモニア態窒素の分泌はL-グルタミン酸の注入により影響を受けることは全くなかった。また100日齢の雌と300日齢の雄に $[2-^{14}C]$ 尿酸を血管内に注入すると、乾燥腸1gあたりで盲腸は小腸の6~13倍多く分泌した。

次いで、盲腸からの窒素成分以外の物質の排出を調査するため、排泄経路の異なる診断用、治療用薬物3種類と、低毒性の殺虫剤を血管内に注入して盲腸内への排出量を測定した。まず100日齢の雄に肝機能検査用の $[^{35}S]$ *Sulphobromophthalein* を注入すると、該物質は盲腸内に多く排出され(乾燥腸1gあたりで盲腸には小腸の6.5倍多く排出した。)通常の抗生物質である $[7-^3H]$ *Tetracyclin* は注入量を2倍にすると排出量は2.7倍となり、盲腸全体では小腸全体の1~3倍の排出量となった。サルファ剤の *Sulfisoxazolom* は注入量を増加すると盲腸内への排出量は有意に増加したが、小腸内への排出量は注入量による影響がみられず、盲腸全体への排出量は全小腸の1~3倍となった。低毒性の $[^{14}C]$ *Carbaryl* の盲腸内への排出量は、注入量を2倍にすると排出量も2倍となり、盲腸全体では小腸全体の約3倍の排出量となった。

以上の結果は、体内における窒素の代謝産物および各種薬物が盲腸内に排出されることから、盲腸には排泄機能のあることを示すものである。これら盲腸内へ排出される物質は血液により盲腸へ運搬されるものであるため、これを実証するために70~75日齢の雄の盲腸に分布する血管を段階的に切断し、含窒素物の盲腸内へ排出する量を調査した。その結果、盲腸狭部に分布する前および後腸間膜動・静脈の盲腸枝の切断では窒素成分の排出に決定的な影響は与えなかったが、盲体部に広く分布する前および中間回盲腸動・静脈の切断により有意に排出量が減少した。このような盲腸内に内因的に排出される物質が盲腸糞中に占める割合を調査してみると、乾物換算で盲腸糞の約40%を占めることがわかった。盲腸内に内因的に排出された物質は窒素量が多く、これを全盲腸からの排出量に換算すると、1日間に盲腸糞中に排泄される窒素成分の約50%が内因的に盲腸内へ排出されることになる。

以上の結果を総合して考えると、盲腸糞の一部は小腸より流入した微細物質により占められるが、約40%相当量は血液の窒素代謝産物および異状成分が排泄されたものであると考えられ、盲腸には腎臓の排泄機能を補完する作用があるものと考えられる。

第9章 総 括

鶏の盲腸機能に関する研究は従来多く行われているが、なかでも飼料の消化、吸収および飼料効率など栄養面に関するものが多い。しかし、その結果は研究者間により相反する意見があり、それらの研究報告からは盲腸が栄養面で能動的な活動をしていると断定することは困難である。従って、盲腸機能を各種の面から探究し、特に栄養面に関する寄与がどの程度あるかを解明しようとして本研究を計画した。盲腸機能の解明に際しては、主として盲腸除去による各種機能の変化を調査することによって検討した。その結果、鶏の盲腸は飼料の消化吸収器官として栄養面で重要な役割を果たしているものではなく、むしろ体内で産生された内因性物質あるいは外来異物の排泄器官として、腎臓の機能がある程度補完する機能を有するとの結論を得た。その概要について述べる。次のようである。

盲腸の成長、産卵に果たす役割については、盲腸機能を阻止する手術方法および手術の程度をかえて調査したが、成長、産卵、飼料摂取量および飼料効率などに対照区と全く差がみられなかった。また雛の盲腸に分布する血管あるいは神経を切断してもその影響はみられなかった。

鶏の盲腸は全腸に占める割合が比較的大きいにもかかわらず、盲腸を結紮しても成長、産卵および飼料効率に影響のみられないことは、飼料の消化吸収に盲腸は影響を与えないものと考えた。しかし、鶏の一生を通じてある特定の時期、あるいは疾病その他の外的、内的な異常状態が生じたときに異常な代謝状態の下では重要な働きをしているのではないかと考えられる。その手掛かりを得るために、まず成育期別における盲腸の発達と盲腸糞の排泄量と排泄回数を調査した。体重 100 g あたりの十二指腸、小腸（十二指腸を除く）、盲腸および直腸の重量、長さはいずれも初生時が最も大きく、面積では孵化後10日が最大値を示したがその後は急激な低下がみられ、70日齢以降はほぼ恒常的な値を示した。なお飼料（幼雛用、中雛用、大雛用および成鶏用）を切り替えた鶏は盲腸重が軽くなった。小腸に対する盲腸の割合は30日齢から90日齢までが大きかった。盲腸糞の排泄量は30日齢および60日齢は多かったが、90日齢以降は半減した。排泄回数は30日齢から120日齢まで順次減少した。このことから、盲腸は成育の初期に旺盛な働きをしている可能性が示唆された。一方、盲腸糞は小腸内容物の流入物によるとされていることから、絶食時には当然その排泄量が変わるものと考えられる。さらに盲腸糞は早朝に多く排泄されることから神経支配をうけているものと思われる。それらを確かめるために、絶食時との関係を終日明と暗とに対して盲腸糞の時刻別排泄の様相を48時間調査した。自然条件下での24時間絶食後は、対照区と同様の排泄パターンを示し、排泄量は1/2に減少したが腸糞に対する割合は著しく増加した。また排泄回数は対照区と変らなかった。終日明にすると深夜に盲腸糞の排泄がみられ、腸糞、盲腸糞ともに排泄量は増加したが排泄回数は変らなかった。また終日暗にすると盲腸糞の排泄ピークが遅れて午前10時～12時となり、1回あたりの排泄量は増加したが、排泄回数は対照区の約1/2に減少した。絶食時における盲腸内容物の経時的変化は各時刻ともに給食時よりも少なく、時刻別排泄量の推移とよく一致した。盲腸糞の排泄パターンは光条件により異なることから神経支配を受けること、盲腸糞の排泄量は成育の初期で蛋白質の要求量の大きい時期に多く排泄すること、また絶食時にも相当量排泄されることなどから、雛の盲腸に分布する血管および神経を切断して、盲腸糞排泄の様相を自然条件下で2昼夜にわたり調査した。前、中間、後回盲腸動・静脈に付随する神経の切断は、早朝に大きな排泄ピークはみられず、深夜に若干排泄がみられた。盲腸に分布する前、中間、後回盲腸動・静脈とそれに付随する神経を切断すると、盲腸糞の排泄量および排泄回数は対照区よりも減少の傾向を示した。さらに盲腸に分布する全血管と神経を切断すると、盲腸糞の排泄は全て途絶した。このことは盲腸糞の排泄に前、後腸管膜動・

静脈の盲腸枝とそれに付随する神経が関係すると考えられる。盲腸糞が小腸からの流入物によるとすれば、消化性の低い飼料と高い飼料を給与すると盲腸内容物の成分に差が生じ、また盲腸糞が内因性物質に由来するとすれば、蛋白質レベルの異なる飼料を給与すると盲腸糞の排泄量、特に窒素成分に影響があると考えられる。そこでフェザーミール添加飼料と同程度の蛋白質量となるようにカゼインを添加した半精製飼料を給与した結果、腸糞の排泄量はカゼイン添加飼料の約2倍に増加することを観察し、さらに盲腸糞の排泄量は約1/2に低下した。小腸遠位端内容物および盲腸内容物の一般成分および窒素成分を測定すると、消化性の悪いフェザーミール添加飼料給与時の小腸遠位端内容物は粗蛋白質含量が著しく高かったが、盲腸内容物では両飼料ともに粗蛋白質含量が高く、また粗繊維含量は著しく低かった。しかし、両飼料間には各成分とも差がみられなかった。盲腸内容物の窒素化合物は大部分が非蛋白態窒素であり、尿酸態およびアンモニア態窒素は小腸遠位端内容物の2.3および10倍となった。1日間における成分別排泄量は、フェザーミール添加区の腸糞で粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分がカゼイン添加区よりも有意に多く、可溶無窒素物および粗繊維は有意に少なかった。盲腸糞中に排泄される一般成分の量は、いずれの成分もフェザーミール添加区はカゼイン添加区の1/2程度であったが、窒素成分では1/3~1/4に減少した。

人工肛門装着鶏に慣用配合飼料とカゼイン13%を含む半精製飼料を給与し、1昼夜に排泄された腸糞と小腸遠位端内容物、盲腸糞と盲腸内容物の一般成分ならびに窒素成分を比較した結果、飼料あるいは成分のいかんにかかわらず両者間に有意差はみられなかった。なお、カゼインを蛋白源とする蛋白質レベルの異なる飼料を給与すると、カゼイン含量が高くなるに従って盲腸糞の排泄量および排泄回数は有意に増加した。小腸遠位端内容物の一般成分および窒素成分はカゼイン含量による差がみられたが、盲腸内容物ではその差はみられず、1日間に腸糞に排泄された窒素成分はカゼイン含量が高くなるに従って増加したが可溶無窒素物では逆に低下した。盲腸糞の排泄はいずれの成分もカゼイン含量が高くなるに従って有意に増加し、特にカゼイン20%以上の添加により急激に増加した。血液中の窒素成分はカゼイン含量に比例して高くなり、盲腸糞の排泄量および盲腸糞中に排泄された窒素成分量との間に正の相関関係がみられた。

絶食時の盲腸内容物の窒素成分を経時的に調査した結果、乾物中の全窒素では給食時よりも高い値を示した。1日間の変化では盲腸糞の排泄ピークの大きかった後では少し低下し、夜間は変化も少なくまた個体差も少なかった。小腸遠位端内容物の窒素成分は盲腸内容物よりも著しく低い値を示した。盲腸内容物中の窒素成分で尿素態窒素以外は絶食、給食ともに昼間は夜間よりも変動が大きく、絶食による特異的な差はみられなかった。また小腸遠位端内容物の尿酸態および尿素態窒素は時刻別変動が大きく、特に盲腸糞排泄後の盲腸内容物中の窒素成分が小腸遠位端内容物よりも数倍も高いことから、小腸遠位端内容物の盲腸への流入はわずかずつ行われ、内因性物質に由来するものがあることが示唆された。

盲腸内容物の粗繊維含量を経時的に調査すると、小腸遠位端および直腸内容物は採取時刻により若干の差はみられたが、両部位間には全く差がなかった。盲腸内容物の粗繊維含量は極めて少なく採取時刻によりかなりの差がみられた。飼料中に混入した酸化クロムは小腸遠位端および直腸内容物では両部位間、採取時刻による差は全く認められなかったが盲腸内容物では採取時刻による差が著しく大きかった。また粗繊維含量の異なる飼料を給与した鶏の盲腸内容物中の粗繊維含量は、小腸遠位端および直腸内容物に比しておよそ1/10であった。この結果から、小腸遠位端内容物が盲腸内に流入する際に低繊維部分が選択的に流入するものと考えられた。

盲腸内容物のpHが飼料条件によりいかなる影響を受けるかについて調べた結果、給与飼料により差がみられ、全粒小麦単独給与の場合に最も大きな低下があり、慣用配合飼料にHClあるいは半精製飼料にL-リジンを添加した場合にも低下する傾向がみられた。小腸遠位端内容物のpHは盲腸内容物のpHに比し常に高い値を示し

たが、半精製飼料給与時においてのみ例外的に両者が近似の値を示した。自由採食、強制給餌、絶食および絶食後再給餌など給餌条件の違いによって盲腸内容物の pH には明らかな差は認められず、1 日間の時刻別による盲腸内容物の pH は自由採食あるいは絶食のいかににかかわりなく極めて恒常的な値を示した。盲腸粘膜の部位別 pH では、盲腸尖部が高く、盲腸の恒常的 pH 6.8 に近い値を示した。慣用配合飼料に HCl および NaHCO_3 添加飼料を給与すると、小腸遠位端内容物の pH は飼料による差がみられなかったが、盲腸内容物および血液は HCl 添加により有意に低下し、 NaHCO_3 添加は慣用配合飼料と HCl 添加の中間値を示した。また血液の pH と盲腸内容物の pH は並行的であった。盲腸および小腸遠位端内容物を嫌氣的に振盪培養すると、開始後 3 時間までは pH は下降しそれ以後は一定値を示したが、いずれも盲腸内容物の pH より低い値であった。盲腸内への分泌物の pH と盲腸内容物の pH は近似の値を示し、盲腸内分泌物の pH と血液の pH は並行的に推移した。燐酸緩衝液の pH をかえて盲腸および小腸内を環流すると、盲腸では酸性側からアルカリ性側への変化がその逆の変化よりも強く、また盲腸の緩衝能は小腸のそれに比べて著しく大きかった。これらのことから、盲腸内の pH は盲腸内への分泌物により決定され、しかも血液の pH により影響されることが明らかになった。

過去の研究報告からは盲腸が飼料の消化吸収に大きな役割を果たしていると考えられるが、一応それを追試する目的で盲腸の両側および片側を結紮した鶏に飼料の種類をかえて給与し消化率を測定した。その結果、いずれの成分も対照区に比して差がみられず、また盲腸の尖部、盲腸 2/3、盲腸基部より切断あるいは盲腸に分布する血管および神経を切断しても飼料の消化率には差がみられなかった。盲腸には飼料の消化吸収能のないことはだいたい分かったが、さらに詳細に調べるために 7 日齢と 105 日齢の盲腸粘膜および内容物より酵素液と盲腸内容物の溶解液を調製し、カゼイン、デンプン、CMC、脱脂綿、ろ紙粉末の分解能を *in vitro* で測定した。その結果、粘膜組織にはいずれの分解能もみられなかったが、内容物にはカゼイン、デンプンの高い分解能が認められた。しかし、繊維質についてはほとんどその分解能がみられなかった。一方、盲腸からの栄養分の吸収機能について、腸管環流法により L-メチオニンとグルコースの吸収能を調査したが、盲腸からの吸収能はみられなかった。また粗繊維の消化に果たす役割をさらに詳しく調べるために、盲腸切除鶏に対して飼料中に含まれる粗繊維の種類あるいは粗繊維含量の異なる飼料を給与し、粗繊維および各繊維素の消化率を測定したが、盲腸切除による影響は全くみられなかった。

盲腸の結紮あるいは切除により水分摂取量および水分排泄量がその切断程度に応じて増大したが、水分出納には差がみられず、増大した排泄水分は主として糞中に排泄された。しかし、制限飲水にすると飼料摂取量、水分出納ともに盲腸切除による影響はみられなかった。このことは、盲腸の水分吸収が能動的でないことを示すものであり、著者は人工肛門設着鶏で飲水量の増大することを経験しているところから、盲腸切除による飲水量の増大は一部飲水中枢をコントロールする神経の切断によるものではないかと考えた。そこで盲腸に分布する血管と神経および神経のみを切断した結果、盲腸切除と同様に水分摂取量および水分排泄量が増加した。従って、盲腸切除による飲水量の増大はむしろ神経を介して飲水中枢になんらかの働きがなされ、その結果飲水量が増大したものである。

以上の諸実験を通じて、鶏の盲腸は飼料の消化吸収および水分吸収など栄養面で能動的な活動をしているとは考えられない。これに対し、盲腸に分布する血管の切断により盲腸糞の排泄量が減少したこと、盲腸内の pH は盲腸内への分泌物により決定され、しかも血液の pH と盲腸内 pH は並行的な変化を示したこと、また盲腸内容物の含窒素物はほとんどが非蛋白態であり、盲腸糞中に排泄された窒素成分量と血液中の窒素成分量との間に正の関連がみられたことなどから、盲腸は排泄器官としての働きをしているのではないかと考えられる。そこで盲腸内に分泌する物質を直接採取して盲腸の排泄機能をより直裁的に解明するために、腸管環流法により盲腸

内に分泌する窒素成分量を測定し、これを小腸内への分泌量と比較した。まず成育期別にみると、盲腸内への窒素成分の分泌量は成育の初期ほど多かった。次いで慣用配合飼料とそれに魚粉30%を配合した飼料を給与した場合と5日間絶食した鶏のそれと比較すると、盲腸内への窒素成分の分泌量は、配合飼料給与鶏よりも絶食鶏の方が多く、また魚粉配合飼料給与鶏は絶食鶏よりもさらに多く分泌した。またカゼインを0%、10%、20%および30%配合した半精製飼料を給与したところ、盲腸内への窒素成分の分泌量はカゼイン0%区は10%区よりも多かったが、カゼイン配合飼料ではカゼイン含量の多いものほど多く分泌した。以上いずれの環流実験においても、盲腸内には小腸よりも著しく多く窒素成分が分泌した。さらに盲腸内窒素成分の分泌量と血液中の窒素成分量とは並行的に推移した。血管内に窒素成分を注入すると、盲腸内への窒素成分の分泌量は注入量が増加するに従って増加したが、小腸内への分泌量は血管内窒素成分の注入による影響はみられなかった。次いで盲腸から窒素成分以外の物質の排出を調査するために、排泄径路の異なる診断用、治療用薬物3種類と低毒性の殺虫剤を血管内に注入するといずれも盲腸内に多く排出され、尿路によって排泄される薬物は特に盲腸内に多く排出された。このように、体内における窒素の代謝産物および各種薬物が盲腸内に多量に排出されることから、盲腸には排泄機能のあることが証明された。これらの盲腸内へ排出される物質は当然血液により盲腸へ運搬されるものと考え、盲腸に分布する血管を段階的に切断し、含窒素物の盲腸内への排出量を調査した。その結果、盲腸狭部に分布する前および後腸間膜動・静脈の盲腸枝の切断では窒素成分の排出には決定的な影響を与えないが、盲腸体に広く分布する前および中間回盲腸動・静脈の切断により有意に排出量が減少し、この血管が盲腸内への排出物を運搬する主要な働きをしていることが判明した。さらに盲腸内に内因的に排出される物質が盲腸糞中に占める割合を調査すると、乾物換算で盲腸糞の約40%を占めることが分かった。また、盲腸内に内因的に排出された窒素量は盲腸糞中に排泄される窒素量の約50%にも達した。

以上の実験結果を総合して考えると、鶏の盲腸は飼料の消化、吸収に関与するとしてもその役割は非常に少なく、むしろ体内の代謝産物および異常成分を体外に排泄することによって、腎臓の排泄機能を補完する作用を有しているものと考えられる。

謝 辞

本実験を行うにあたり、実験の遂行、論文の構成などに対して、名古屋大学教授田先威和夫博士より懇篤な指導ならびに援助を賜り、かつ同大学助教授柴田章夫博士、同大学奥村純市博士、横田浩臣博士からは助言ならびに援助を賜った。また同大学教授保田幹男博士、佐藤孝二博士、同大学助教授藤岡俊健博士、同大学渡辺徹博士、元同大学教授五島治郎博士、元同大学大島俊三氏、東京大学助教授西田隆雄博士より貴重なる助言を賜った。なお香川大学教授中広義雄博士、井上宏博士、谷利一博士、十河村男博士、同大学助教授大島光昭博士、梅田裕氏、島根大学藤原勉博士より多大の助言あるいは援助を賜った。ここに銘記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) MANGOLD, E., (1934) Digestion and Utilization of Crude Fiber. *Nutr. Abstr. Rev.*, **3**: 647-656.
- 2) RADEFF, T., (1928) Über die Rohfaserverdauung beim Huhn und die hierbei dem Blinddarm zukommende Bedeutung. *Biochem. Z.*, **193**: 192-196.
- 3) HENNING, H. J., (1929) Die Verdaulichkeit der Rohfaser beim Huhn. *Landbouwk. Versuchsw. Sta.*, **108**: 253-286.
- 4) THORNBURN, C. C. and J. S. WILLCOX, (1965) The Ceca of the Domestic Fowl and Digestion of the Crude Fibre. I. Digestibility Trials with Normal and Caecectomised Birds. *Br. Poultry Sci.*, **6**: 23-31.

- 5) 海塩義男, (1943) 家畜飼養, p. 45-46. 共立出版. 東京.
- 6) TSCHERNIAK, A., (1936) Digestion by Hens of Cell Wall Materials in Fodder (Lignin, Pentosan, Cellulose, and Crude Fibre). *Nutr. Abstr. Rev.*, **6**: 1127.
- 7) KAUPP, B. F. and J. E. IVEY, (1922) Digestible Nutrients of Poultry Feeds as Determined by Laboratory Feeding Tests. *Poultry Sci.*, **2**: 1-9.
- 8) DANILOVA, A. K., A. S. SOLUN, N. I. CHLEBNIKOV, and B. A. POLIAKOV, (1935) Digestibility of Poultry Feeds. *Nutr. Abstr. Rev.*, **4**: 681.
- 9) HALNAN, E. T., (1949) Architecture of the Avian Gut and Tolerance of Crude Fibre. *Br. J. Nutr.*, **3**: 245-253.
- 10) 勝木辰男, 半杭邦男, 紺野 耕, (1967) 鶏の盲腸機能に関する研究. I. 盲腸剔除の消化率におよぼす影響. 日畜会報特別号, **38**: 5-6.
- 11) HUNTER, J. E., A. J. DURANT and A. G. HOGAN, (1930) Studies on Pathology and Physiology of Caecal Pouches of Turkeys (2). Utilization of Food by Turkeys with Abligated Caeca. *Univ. Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.*, **136**.
- 12) NESHEIM, M. C. and K. J. CARPENTER, (1967) The Digestion of Heat-damaged Protein. *Br. J. Nutr.*, **21**: 399-411.
- 13) NISAN, Z. and E. ALUMOT, (1963) Role of the Cecum in the Utilization of Raw Soybean in Chicks. *J. Nutr.*, **80**: 299-304.
- 14) OLSON, C. Jr. and F. C. MANN, (1935) Physiology of the Caecum of the Domestic Fowl. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, **87**: 151-159.
- 15) THORNBURN, C. C. and J. S. WILLCOX, (1965) The Caeca of the Domestic Fowl and Digestion of the Crude Fibre. II. Experiments in vivo with Fistulated Birds, and the Artificial and Isolated Caecum in vitro. *Br. Poultry Sci.*, **6**: 33-43.
- 16) PAYNE, W. L., R. R. KIFER, D. G. SNYDER and G. F. COMBS, (1971) Studies of Protein Digestion in the Chickens. I. Investigation of Apparent Amino Acid Digestibility of Fish Meal Protein Using Cecectomized, Adult Male Chickens. *Poultry Sci.*, **50**: 143-150.
- 17) HERPOL, C. et G. VAN GREMBERGEN, (1967) Activite Proteolytique du Systeme Digestif de Gallus Domesticus. *Z. Vergl. Physiol.*, **57**: 1-6.
- 18) LE BARS, H., G. MONSALLIER, M. J. FARGEAS and C. SEVREZ, (1963) Absorption from the Cecum in Birds. *Compt. Rend. Soc. Biol.*, **157**: 401-404.
- 19) JACKSON, J. T., G. F. MANGAN, L. J. MACHLIN and C. A. DENTON, (1955) Absorption of Vitamin B₁₂ from the Cecum of the Hen. *Proc. Soc. expt. Biol. Med.*, **89**: 225-227.
- 20) 高橋直身, 井上 猛, 友田 仁, (1966) 鶏の盲腸消化にかんする研究. 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**: 290-294.
- 21) MAYHEW, R. L., (1934) Studies on Coccidiosis (7). Effects of Starvation and Removal of the Caeca. *Poultry Sci.*, **13**: 360-369.
- 22) 窪田大作, 森本 宏, (1964) 鶏の盲腸除去が飼料の消化におよぼす影響. 日本万国家禽学会秋季大会講演要旨, 45-46.
- 23) MCLAUGHLIN, A. R., (1931) PH of the Alimentary Tracts of Fowl, Cat and Rabbit. *Science*, **73**: 191-192.
- 24) ASHCRAFT, D. W., (1932) The Effects of Feeding Varied Rations upon the Hydrogen Ion Concentration of the Intestinal Contents of the Domestic Fowl. *Am. J. Physiol.*, **101**: 2-3.
- 25) BEACH, J. R., (1925) *Hilgardia*, **1**: 145. (Cit. *World's Poultry Sci. J.* **29**: 252. 1973)
- 26) MUSSCHL, F. E., M. J. BLISH and C. W. ACKERSON, (1973) Effect of Dietary and Environmental Factors on the PH of the Intestinal Tract. *Poultry Sci.*, **12**: 120-123.
- 27) MAYHEW, R. L., (1935) The Hydrogen Ion Concentration of the Digestive Tract of the Fowl. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, **86**: 148-152.
- 28) HELLER, V. G. and R. PENQUITE, (1936) Effect of Minerals and Fibers on Avian Intestinal PH. *Poultry Sci.*, **15**: 397-399.
- 29) WINGET, C. M., G. C. ASHTON and A. J. CAWLEY, (1962) Changes in Gastrointestinal PH Associated with Fasting in the Laying Hen. *Poultry Sci.*, **41**: 1115-1120.

- 30) BUCKNER, G. D., W. M. INSKO and A. H. HENRY, (1944) Does Breed, Age, Sex, or Laying Conditions Effect the PH of the Digestive Tract System of Chickens. *Poultry Sci.*, **33**: 457-461.
- 31) 藤田 裕, (1968) 鶏ヒナの消化管内細菌によるアンモニア産生について。I. L-アルギニンからのアンモニア産生。家禽会誌, **5**: 136-140.
- 32) HERPOL, C. and G. VAN GREMENBERGEN, (1967) La Signification du PH Dans le Tube Digestif de Gallus Domesticus. *Annl. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **6**: 495.
- 33) FARNER, D. S., (1942) The Hydrogen Ion Concentration in Avian Digestive Tracts. *Poultry Sci.*, **21**: 445-450.
- 34) HEWITT, E. H. and L. SCHELKOPF, (1955) PH-Values and Enzymatic Activity of the Digestive Tract of the Chicken. *Am. J. Vet. Res.*, **16**: 576-579.
- 35) HUHTANEN, C. N. and J. M. PENSACK, (1965) The Development of the Intestinal Flora of the Young Chick. *Poultry Sci.*, **44**: 825-830.
- 36) ANNISON, E. F., K. J. HILL and R. KENWORTHY, (1968) Volatile Fatty Acids in the Digestive of the Fowl. *Br. J. Nutr.*, **22**: 207-216.
- 37) 帆足喜久雄, 長野慶一郎, 宇野宝蔵, 安川正敏, (1970) ニワトリの腸管内の揮発性脂肪酸。医学と生理学, **81**: 231-235.
- 38) 渡部英一, (1975) 産卵鶏の消化管内揮発性脂肪酸とその構成について。日畜会報, **46**: 133-139.
- 39) 渡部英一, 千葉 亮, (1968) 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.
- 40) RÖSELER, M. (1929) Die Bedeutung der Blinddärme des Haushuhnes für die Resorption der Nahrung und Verdauung der Rohfaser. *Z. Tierzücht. Zücht. Biol.*, **13**: 281-310.
- 41) 池田三義, (1957) 鶏コクシジウム症の感染機序に関する研究。V. E. tenella 感染の臓器特異性。日獣誌, **19**: 105-112.
- 42) HERRICK, C. A. and S. A. EDGAR, (1947) Some Relationships between Cecal Function and Coccidiosis of Chickens. *Poultry Sci.*, **26**: 105-107.
- 43) 高橋直身, 井上 猛, 後藤正幸 (1967) 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給排泄物の成分について。日畜会報, **38**: 495-498.
- 44) 大島俊三, 五島治郎, (1972) ラジオテレメーターによる鶏呼吸運動および腸管運動の日内リズムの観察。名古屋大学環研年報, **XXIII**: 17-20.
- 45) 安川正敏, (1956) 大腸運動に関する研究。VII. 鶏の大腸運動。日獣誌, **21**: 1-10.
- 46) FARGEAS, M. J., H. LEBARS and C. SEVREZ, (1964) Study of Caecal Motility in the Fowl by the Permanent Fistula Technique. *Nutr. Abstr. Rev.*, **34**: 340.
- 47) BROWNE, T. G., (1922) Observations on the Digestive System of the Fowl. *J. Comp. Path.*, **35**: 12-32.
- 48) TASAKI, I. and J. OKUMURA, (1964) Effect of Protein Level of Diet on Nitrogen Excretion in Fowls. *J. Nutr.*, **83**: 34-38.
- 49) OKUMURA, J. and I. TASAKI, (1969) Effect of Fasting, Refeeding and Dietary Protein Level on Uric Acid and Ammonia Content of Blood, Liver and Kidney in Chickens. *J. Nutr.*, **97**: 316-320.
- 50) TASAKI, I. and N. TAKAHASHI, (1966) Absorption of Amino Acids from the Small Intestine of Domestic Fowl. *J. Nutr.*, **88**: 359-365.
- 51) 三宅正明, 唐澤陽介, 篠塚昭夫, (1952) 分娩時出血に対する Vitamin K の影響について。臨婦産, **6**: 486.
- 52) NEIVERT, H., R. ENGELBERG and L. A. PIRK, (1948) Nasal Hemorrhage. Studies of Ascorbic Acid, Prothrombin and Vitamin K. *Arch. Otolaryngol.*, **47**: 37-45.
- 53) 西田隆雄, 白泳 基, 保田幹男, (1969) 鶏の比較解剖学的並びに局所解剖学的研究。LVIII. 腺胃および筋胃の血管分布。日獣誌, **31**: 51-70.
- 54) 白泳 基, 西田隆雄, 保田幹男, (1969) 鶏の比較解剖学的並びに局所解剖学的研究。LVII. 鶏における脾臓の血管分布。日獣誌, **31**: 241-251.
- 55) 一色 泰, 中広義雄, (1978) 飼料の消化に果す鶏盲腸の役割。香大農学報, **29**: 211-281.
- 56) 一色 泰, (1977) 鶏の盲腸が成長・産卵に果す役割。香大農学報, **29**: 23-33.
- 57) 生態学懇談会, (1972) 生態学実習, 第8版, p. 114. 朝倉書店. 東京.
- 58) 斉藤道雄, (1951) 家畜飼育学, p. 478. 養賢堂. 東京.

- 59) LAWRENCE, J. V., J. E. FISCHER, T. S. SUTTON and H. H. WEISER, (1956) Adaptation of the Rat to a High Lactose Diet Effect of the Size of the Cecum. *Ohio. J. Sci.*, **56**: 87-92.
- 60) SHEARER, I. J. and A. C. DUNKIN, (1968) Caecum Enlargement in the Lactose-fed Pig. *N. Z. J. agric. Res.*, **11**: 923-926.
- 61) ASANO, T., (1969) Modification of Cecal Size in Germfree Rats by Long-term Feeding of Anion Exchange Resin. *Am. J. Physiol.*, **217**: 911-918.
- 62) 中広義雄, (1966) 鶏における飼料の消化率測定法に関する研究. 香大農学紀, **22**: 38-41.
- 63) 一色 泰, (1964) 鶏の品種別における N の Retention と体重増加の関係について. 日畜学会関西支部大会講演要旨, **41**: 12-13.
- 64) LOESCHE, W. J., (1968) Accumulation of Endogenous protein in the Cecum of the Germfree Rat. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, **129**: 380-384.
- 65) AKESIER, A. R., R. S. ANDERSON, K. J. HILL and G. W. OSBALDISON, (1967) A Radiographic Study of Urine Flow in the Domestic Fowl. *Br. Poultry Sci.*, **8**: 209-212.
- 66) 森本 宏, (1960) 家畜栄養学, p. 105-109. p. 162. 養賢堂. 東京.
- 67) KENT, P. W. and P. DRAPER, (1968) Biosynthesis of Intestinal Mucins. Sialic Acids of Sheep Colonic Epithelial Mucin. *Biochem. J.*, **106**: 293-299.
- 68) VELU, J. G., D. H. BAKER and H. M. SCOTT, (1971) Protein and Energy Utilization by Chicks fed Graded Levels of a Balanced Mixture of Crystalline Amino Acids. *J. Nutr.*, **101**: 1249-1256.
- 69) A. O. A. C., (1965) Official Methods of Analysis of the A. O. A. C., 10th ed., p. 327-334. Washington, D. C.
- 70) A. O. A. C., (1965) Official Methods of Analysis of the A. O. A. C., 10th ed., p. 744-745. Washington, D. C.
- 71) HENRY, R. J., C. SOBEL and J. KIM, (1957) Modified Carbonate-Phosphotungstate Method for the Determination of Uric Acid and Comparison with the Spectrophotometric Uricase Method. *Am. J. Clin. Path.*, **28**: 152-160.
- 72) 奥田拓道, 藤井節郎, (1966) 血中アンモニア直接比色定量法. 最新医学, **21**: 622-627.
- 73) 一色 泰, 中広義雄, 佐野年弘, (1977) 鶏の盲腸機能に関する研究. XVII. 盲腸から排泄されるミネラルにおよぼす飼料の影響. 家禽会誌 (秋季大会号), **14**: 70.
- 74) 藤田 裕, (1968) 鶏ヒナの消化管内細菌によるアンモニア産生について. II. 消化管内アンモニア濃度および腸球菌数におよぼす抗生物質の影響. 家禽会誌, **5**: 142-146.
- 75) KARASAWA, Y., I. TASAKI, H. YOKOTA and F. SHIBATA, (1973) Effect of Infused Glutamine on Uric Acid Synthesis in Chickens Fed High and Low Protein Diets. *J. Nutr.*, **103**: 526-529.
- 76) 小宮山鉄郎, 上野孝志, 宮園幸男, (1977) 痛風系統および非痛風系統の造成. 家禽会誌, **14**: 15-18.
- 77) 倉田自章, 岩田卓造, (1958) 生化学領域における光電比色法. 尿素 (ジアセチルモノオキシウム法). 化学の領域増刊, **34**: 53-57. 南江堂. 東京.
- 78) 一色 泰, 田先威和夫, 中広義雄, (1975) 鶏に対する乳酸菌の給与がアンモニア産生に及ぼす影響. 家禽会誌, **12**: 93-95.
- 79) POLIN, D., E. R. WYNOSKY, M. LOUKIDES and C. C. PORTER, (1967) A Possible Urinary Backflow to Ceca Revealed by Studies on Chicks with Artificial Anus and Fed Amprolium-C¹⁴ or Thiamine-C¹⁴. *Poultry Sci.*, **46**: 88-93.
- 80) BELL, D. J. and T. P. BIRD, (1966) Urea and Volatile Base in the Cecum and Colon of the Domestic Fowl, the Problem of the Origin. *Comp. Biochem. Physiol.*, **18**: 735-744.
- 81) MCNAB, J. M. and D. W. F. SHANNON, (1972) Studies on the Process of Digestion in the Fowl, Dry Matter and Total Nitrogen. *Br. Poultry Sci.*, **13**: 495-502.
- 82) 田先威和夫, 桜井 斉, (1964) 鶏のエネルギー代謝に関する研究. II. 餓餓時の代謝. 日畜会報, **35**: 18-25.
- 83) 奥村純市, 伊藤敏行, (1974) 無炭水化物, 無脂肪飼料給与時の鶏の空室排泄. 家禽会誌, **11**: 1-5.
- 84) 赤堀文昭, 松本勝人, 荒井 研, (1968) 家禽の消化管運動に関する研究. III. 鶏の筋胃運動に及ぼす絶食の影響について. 日獣学会 (66回講演要旨), **30**: 194-195.
- 85) 斉藤道雄, 木部久衛, (1956) 鶏の飼料通過に関する研究. 日畜会報, **27**: 105-114.

- 86) AKEDO, H., T. SUGAWA, S. YOSHIKAWA and M. SUDA, (1960) Intestine^{Al} Absorption of Amino Acids. I. The Effect of Vitamin B₆ on the Absorption of L-Amino Acids Through the Intestine. *J. Biol. Chem.*, **47**: 124-131.
- 87) OKUMURA, J. and I. TASAKI, (1968) Urinary Nitrogen Excretion in Fowls Fed Acid or Alkali. *J. Nutr.*, **95**: 148-152.
- 88) PLIMMER, R. H. A. and J. L. ROSEDALE, (1922) Distribution of Enzymes in the Alimentary Canal of the Chicken. *Biochem. J.*, **16**: 23-26.
- 89) BOLIN, D. W., R. P. KING and E. W. KLOSTERMAN, (1952) A Simplified Method for the Determination of Chromic Oxide (Cr₂O₃). *Science*, **116**: 634-635.
- 90) 森本 宏, (1971) 動物栄養試験法. p. 294. 養賢堂. 東京.
- 91) 日本分析化学会, (1961) 分析化学便覧. p. 750. 丸善株式会社. 東京.
- 92) 福井作蔵, (1961) 生物化学実験法. (A-1 還元糖の定量法). p. 19-20. 東京大学出版会. 東京.
- 93) HESS, W. C. and M. X. SULLIVAN, (1943) The Cystein, Cystine, and Methionine Content of Proteins. *J. Biol. Chem.*, **151**: 635-642.
- 94) CHASE, B. W. and H. B. LEWIS, (1934) Comparative Studies of the Metabolism of Amino Acids. IV. The Rate of Absorption of Leucine, Valine, and Their Isomers from the Gastrointestinal Tract of the White Rat. *J. Biol. Chem.*, **106**: 315-321.
- 95) YOKOTA, H. and I. TASAKI, (1970) Site and Rate of Intestinal Absorption of Various Amino Acids in the Chicken in situ. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **41**: 209-215.
- 96) SAITO, K., K. HOMMA and J. GOTO, (1960) Absorption of Glucose in the Everted Small Intestine. *Jap. J. Vet. Sci.*, **22**: 103-109.
- 97) GOLDEN, W. R. C. and C. N. H. LONG, (1942) Absorption and Disposition of Glucose in the Chick. *Am. J. Physiol.*, **136**: 244-249.
- 98) DOUGALL, H. W., (1958) The Estimation of Crude Fibre in Fodders and Concentrates. *Nutr. Abstr. Rev.*, **28**: 1002.
- 99) 右田伸彦, 米沢保正, 近藤民雄, (1968) 木材化学下. p. 7-20. 共立出版. 東京.
- 100) 右田伸彦, (1950) 木材ホルセルロースについて. *林産化学*, **5**: 1-14.
- 101) JIS, (1963) P. 8011. 1962 日本規格協会. 東京.
- 102) DREE, C., (1933) The Method of Cellulose Chemistry. p. 364-367. Chapman and Hall, Ltd., London.
- 103) PHILLIPS, T. G., M. E. LOUGHLIN and V. G. SPRAGUE, (1954) Chemical Composition of Some Forage Grasses. I. Changes with Plant Maturity. *Agron. J.*, **64**: 361-369.
- 104) HUTANUWATR, N., F. C. HINDS and C. L. DAVIS, (1974) An Evaluation of Methods for Improving the in vitro Digestibility of Rice Hulls. *J. Anim. Sci.*, **140**: 140-148.
- 105) MÜLLER, W. J., (1956) Feasibility of the Chromic Oxide and Lignin Indicator Methods for Metabolism Experiments with Growing Chickens. *J. Nutr.*, **58**: 29-36.
- 106) HALNAN, E. T., (1928) Digestibility Trials with Poultry. *J. agric. Sci. Camb.*, **18**: 634-641.
- 107) HALNAN, E. T., (1944) Digestibility Trials with Poultry. II. Digestibility and Metabolisable Energy of Raw and Cooked Potatoes, Potato Flakes, and Dry Potato Slices and Shreds. *J. agric. Sci. Camb.*, **34**: 139-154.
- 108) ELLIS, G. H., G. MATRONE and L. A. MAYNALD, (1946) A 72 Percent H₂SO₄ Method for the Determination of Lignin and its Use in Animal Nutrition Studies. *J. Anim. Sci.*, **5**: 285-289.
- 109) ARIYOSHI, S. and H. MORIMOTO, (1956) Studies on the Nitrogen Metabolism in the Fowl. I. Separation of Urine for the Nutritional Balance Studies. *Bull. Natn. Inst. Anim. Ind., Chiba, G.* **12**: 37-43.
- 110) KARE, M. R. and J. BIELY, (1948) The Toxicity of Sodium Chloride and its Relation to Water Intake in Baby Chicks. *Poultry Sci.*, **27**: 751-758.
- 111) WHEELER, R. S. and E. C. JAMES, Jr., (1950) The Problem of Wet Poultry House Litter: Influence of Total Deitary Protein and Soybean Meal Content on Water Intake and Urinary and Fecal Water Elimination in Growing Chicks. *Poultry Sci.*, **29**: 496-500.
- 112) PATRICK, H., (1955) Influence of Protein Source on Consumption and Excretion of Water and Excreta Voided by Broiler Chicks. *Poultry Sci.*, **34**: 155-157.

- 113) YOSHIDA, A. and K. ASHIDA, (1962) Protein Utilization and Caloric Intake of Rats with Fatty Liver Due to an Amino Acid Imbalance. *Agric. Biol. Chem.*, **26**: 56-60.
- 114) 勝沼信彦, 市原 明, (1970) 代謝調節. p. 89-90. 朝倉書店. 東京.
- 115) 日本化学会編, (1962) 実験化学講座. 続2. 分離と精製. p. 229-331. 丸善株式会社. 東京.
- 116) ボールドウィン, (1969) 動的生化学. 第3版. p. 266. 岩波書店. 東京.
- 117) 日本薬局法, (1965) 注解. p. 716-719. 南江堂. 東京.

Nutritional and Physiological Studies on the Function of Ceca in Chickens

Yutaka ISSHIKI

Summary

Ceca of chickens are situated at the boundary between lower ileum and colon. In adult chickens, they form a pair (right and left) with length of 15–18 cm. The ceca excrete sticky and chocolate-colored materials, as cecal feces, into the intestinal lumen several times a day. Since the ceca contain a high microbial population, it has been generally considered that they are able to digest fibrous materials in feeds and their functions are probably comparable to those of the rumen of ruminant animals. Therefore, particular attention has been paid to the role of the ceca in digestion and absorption of nutrients and in the feed efficiency in chickens. The results reported by many workers as yet, however, have been too controversial to conclude that there is a positive function of the ceca in the digestion of feeds in chickens.

In the present study, the first experiment was made to clarify the extents of possible contribution of ceca on the digestion of feeds in chickens. The technique of cecectomy was mainly used for this purpose, and some physiological changes of cecectomized chickens were compared with those of non-cecectomized chickens. The results suggested that the ceca of chickens have little importance in digestion and absorption of nutrients of feeds and their functions reside in other physiological aspects in chickens. In the second experiment, the physiological functions of ceca in chickens were further investigated using various techniques, and the following results were obtained.

After various treatments to injure the functions of ceca, such as cecal ligation, cecectomization and neurectomization or severance of blood vessels, the growth rate, egg production, and feed intake or feed efficiency were investigated. The results showed that the growth rate, egg production and feed efficiency were not affected by cecal ligation, even though the ceca occupy a fairly large proportion of the chicken intestine. This result again indicates that the ceca have little importance in digestion of feeds in chickens. On the other hand, studies on relationships between the extents of cecal development and the volume and frequency of cecal feces excretion at various growth stages of chickens suggested that the ceca has some function in the early growth stages of chickens.

It may be assumed that the excretion of cecal feces would be decreased by starving if the contents of ceca were derived directly from those of the small intestine. The excretion of cecal feces was in fact reduced to a half when chickens were starved, though the frequency and pattern of cecal feces excretion were similar to those of the unstarved-control chickens. In general, the excretion of cecal feces begins at early morning (about 4:00 o'clock) and entirely stops after 18:00. However, in the chickens exposed to continuous lighting, the excretion of cecal feces was observed even at mid-night and its amount increased slightly. On the other hand, under continuous darkness, the most frequent excretion was observed between 10:00 and 12:00, and its amount per excretion was larger than that of the control chickens but total excretory frequency per day decreased to a half of that of the control chickens. When the blood vessels and nerves distributed over the ceca were partially severed,

the excretion of cecal feces decreased, and no excretion was observed when the cecal blood vessels and nerves were completely severed. The excretion increased as levels of digestible proteins in feeds increased, and its increases were parallel with the increases of nitrogen contents in blood.

As described above, the cecal feces are excreted even in starved chickens. Total nitrogen levels in cecal contents were higher in the starved condition than in the feeding condition, although, as expected, the nitrogen levels slightly decreased after the excretion of the cecal feces. Furthermore, the nitrogen levels in the cecal contents were markedly higher than those in the small intestine of the starved chickens. This suggested that the direct flow of intestinal digesta into the cecal lumen was very small, and the cecal nitrogen mainly originated from endogenous nitrogen. Crude fiber in cecal contents was measured in relation to the different feeds containing various amounts of crude fibers. The crude fiber contents in lower small intestinal digesta were the same as those in rectal contents but the crude fiber in the cecal contents was very low, being about 10% of that of lower small intestinal or rectal contents. This may indicate that only the low fibrous materials in intestinal contents selectively flow into the cecal lumen.

The pH values of cecal contents were fairly constant under various feeding conditions and were generally lower than those of the contents of lower small intestine. However, when the semi-purified diets were given, pH values of cecal contents was exceptionally similar to those of contents of lower small intestine. The pH values of cecal mucosa was the highest at the apex, showing almost constant pH value of 6.8. When HCl or NaHCO₃ was added to the diets, however, pH values of the contents of lower small intestine did not decrease, whilst those of cecal contents decreased significantly in parallel with those of blood. These results may indicate that the cecal contents at least partially originated from blood contents.

The role of ceca on the digestion of specified feeds was further studied by changing the methods or degree of cecectomy. The digestibility of crude fiber was not affected by cecectomy at various levels of fiber contents in feeds. Furthermore, the ability of cecal mucosa or cecal contents to digest casein, starch, carboxymethyl cellulose, defatted cotton and cellulose powder was measured. When the absorption of L-methionine and glucose by the ceca was investigated using an intestinal perfusion technique, the positive absorption shown by small intestine, was not observed in the ceca. Water intake and excretion by chickens increased during cecal ligation or cecectomy, but water balance was not affected by the treatments. It appeared that the increases of water excretion were mainly due to increases of moisture contents in fecal materials. Similarly water intake and excretion increased when the cecal neurectomy was made. These results suggest that the increase of water intake in cecectomized chickens was not due to decrease of water absorption by the ceca, but was due to a disturbed nervous system.

From the results above, it is suggested that the ceca of chickens may function as an excretory organ rather than a digestive organ. Therefore, a series of experiments was carried out to measure the nitrogen secreted into the ceca. The nitrogen secretion into the ceca occurred largely during the early stages of chicken growth and in starved chickens. When chickens were fed with diets containing various levels of casein, the nitrogen secretion into the ceca was greater with a casein-free diet than a 10% casein-containing diet. With diets containing more than 10% casein, nitrogen secretion increased with increases of casein levels in diets. The nitrogen secretion into ceca was much greater than that into small intestine. The nitrogen secreted into ceca was mainly composed of non-protein nitrogen, and the ratios

of non-protein nitrogen to total nitrogen in cecal secreta were very similar to those in cecal contents. Furthermore, the nitrogen contents secreted into the ceca changed in parallel with those in blood. When nitrogenous materials were injected intravenously, the cecal nitrogen secretion increased with increases of amounts of the injection, though there was no increase of nitrogen secretion into the small intestine. Furthermore, when certain drugs were intravenously injected, the excretion of the drugs into the ceca was more than into the small intestine. These results again suggest that the substances excreted into the ceca are transported through circulating blood. To further clarify the transport of substances from blood into the ceca, the nitrogen excretion into ceca was investigated after severing certain blood vessels draining the ceca. The results indicated that the blood vessels responsible for the transport of materials into the ceca were arteria ileocecalis media, arteria ileocecalis cranialis, vena ileocecalis media, and vena ileocecalis cranialis. It was also shown that the ratios of total substances endogenously excreted into ceca to total cecal feces was about 40% by dry weight, and the nitrogen excreted was about 50% of total nitrogen in the cecal feces.

From the results shown above, it was concluded that the main function of chicken ceca is to excrete certain normal metabolites and unusual materials out of the body rather than to digest feed, and this function of ceca may assist the function of kidney as an excretory organ.

香川大学農学部紀要

- 第1号 幡 克 美：アカマツ材の成分並びにパルプ化に関する研究（1955年3月）
- 第2号 内 藤 中 人：植物成長ホルモンに関する植物病理学的研究 特に植物病原菌に及ぼす影響について（1957年10月）
- 第3号 松 沢 寛：アオムシコマユバチの生態に関する研究（1958年3月）
- 第4号 梶 明：和紙原料の醗酵精練に関する研究（1959年3月）
- 第5号 森 和 男：傾斜地蜜柑園経営の構造分析（1960年3月）
- 第6号 玉 置 鷹 彦：ガラク並びに池泥の研究（1960年3月）
- 第7号 上 原 勝 樹：傾斜地開発利用に関する物理気象的研究（1961年3月）
- 第8号 桑 田 晃：オクラとトロロアオイとの種間交雑およびそれらより育成された種々の雑種ならびに倍数体に関する研究（1961年9月）
- 第9号 中 潤三郎：甘藷の生育過程に関する作物生理学的研究（1962年3月）
- 第10号 斉 藤 実：香川県及び北愛媛県の地質について（1962年3月）（英文）
- 第11号 小 杉 清：グラジオラスの生産と開花に関する研究（1962年9月）（英文）
- 第12号 吉 良 八 郎：貯水池の滞砂に関する水理学的研究（1963年2月）
- 第13号 野 田 愛 三：禾穀類の根鞘に関する研究（1963年3月）
- 第14号 川 村 信一郎：豆類のデンブンの研究（1963年3月）（エスペラント文）
- 第15号 浅 野 二 郎：種子の耐塩性を中心とした海岸地帯におけるアカマツおよびクロマツ林の成立に関する研究（1963年3月）
- 第16号 山 中 啓：乳酸菌のペントース・イソメラーゼに関する研究（1964年8月）（英文）
- 第17号 葦 沢 正 義：香川県における葡萄の旱害に関する研究（1964年3月）
- 第18号 谷 利 一：カキ炭疽病の病態生理学的研究，とくに罹病果実の病徴発現にあずかるペクチン質分解酵素の役割（1965年3月）
- 第19号 樽 谷 隆 之：カキ果実の貯蔵に関する研究（1965年3月）
- 第20号 狩 野 邦 雄：ラン種子の発芽培地に関する研究（1965年3月）（英文）
- 第21号 山 本 喜 良：コモンベッチおよびその近縁種の雑種に関する研究（1965年3月）
- 第22号 中 広 義 雄：鶏における飼料の消化率測定法に関する研究（1966年10月）
- 第23号 井 上 宏：ナツダイダイの果実発育に関する研究，とくに水腐病の発生機構を中心として（1967年3月）
- 第24号 宮 辺 豊 紀：異常乳の生成と塩類均衡とくにカゼイン磷酸カルシウムに関する研究（1967年8月）（英文）
- 第25号 十 河 村 男：樹皮リグニン及び樹皮フェノール類に関する研究（1971年9月）
- 第26号 大 島 光 昭：赤クローバーサイレージ中の窒素栄養源に関する研究（1971年11月）（英文）
- 第27号 辰 巳 修 三：林木葉部中におけるカルシウムの化合形態とその生理に関する基礎的研究（1974年11月）
- 第28号 樽 谷 勝：ブドウの葉脈黄変による早期落葉の研究（1974年12月）
- 第29号 倉 田 久 男：カボチャ・スイカの性の分化におよぼす日長および温度の影響に関する研究（1976年3月）
- 第30号 鎌 田 萬：中小河川治水計画に適用する計画降雨の合理的算定法に関する研究（1976年6月）

- 第31号 山本弘幸：エンバク冠さび病の抵抗性発現機構に関する研究（1978年3月）
- 第32号 岡本秀俊：テントウムシの摂食の生態に関する実験的研究（1978年3月）
- 第33号 山崎徹：*p*-ヒドロキシフェニル並びにシリングルリゲニンに関する研究（1978年9月）
（英文）
- 第34号 市川俊英：イネを加害する4種の同翅亜目頸吻群昆虫の配偶行動に関する研究（1979年2月）（英文）
- 第35号 吉田博：農業生産共同組織の展開・構造・運営に関する研究（1980年3月）

Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University

- No. 1 Katsumi HATA: Studies on the Constituents and Pulping of "Akamatsu" (*Pinus densiflora* SIEB et ZUCC) Wood (March, 1955)
- No. 2 Nakato NAITO: Phytopathological Studies Concerning Phytohormones with Special Reference to Their Effect on Phytopathogenic Fungi (October, 1957)
- No. 3 Hiroshi MATSUZAWA: Ecological Studies on the Branconid Wasp, *Apanteles glomeratus* (March, 1958)
- No. 4 Akira KAJI: Studies on the Retting of Plant Fiber Materials for Japanese Paper Manufacture (March, 1959)
- No. 5 Kazuo MORI: An Analytical Study on the Structure of the Mandarin Orange Growing Orchard Farm in a Sloping Land Region (March, 1960)
- No. 6 Takahiko TAMAKI: Studies of Garaku Paddy Soil and Reservoir Deposits (March, 1960)
- No. 7 Masaki UEHARA: Physical and Meteorological Studies on the Cultivation and Utilization of Slope Land (March, 1961)
- No. 8 Hikaru KUWADA: Studies on the Interspecific Crossing between *Abelmoschus esculentus* MOENGH and *A. Manihot* MEDIC and the Various Hybrids and Polyploids Derived from the Above Two Species (September, 1961)
- No. 9 Junzabro NAKA: Physiological Studies on the Growing Process of Sweet Potato Plants (March, 1962)
- No. 10 Minoru SAITO: The Geology of Kagawa and Northern Ehime Prefectures, Shikoku, Japan (March, 1962) (in English)
- No. 11 Kiyoshi KOSUGI: Studies on Production and Flowering in Gladiolus (September, 1962) (in English)
- No. 12 Hachiro KIRA: Hydraulical Studies on the Sedimentation in Reservoirs (February, 1963)
- No. 13 Aizo NODA: Studies on the Coleorhiza of Cereals (March, 1963)
- No. 14 Sin'itiro KAWAMURA: Studoj pri Ameloj de Legumenoj (March, 1963) (in Esperanto)
- No. 15 Jiro ASANO: A Study on the Formation of Pine Forests on Seaside Areas, giving due Consideration to the Salt Resistance of the Seeds (March, 1963)
- No. 16 Kei YAMANAKA: Studies on the Pentose Isomerases of Lactic Acid Bacteria (August, 1963) (in English)
- No. 17 Masayoshi ASHIZAWA: Studies on the Drought Damage of Grape Trees in the Region of Kagawa Prefecture (March, 1964)
- No. 18 Toshikazu TANI: Studies on the Phytopathological Physiology of Kaki Anthracnose, with Special Reference to the Role of Pectic Enzymes in the Symptom Development on Kaki Fruit (March, 1965)
- No. 19 Takayuki TARUTANI: Studies on the Storage of Persimmon Fruits (March, 1965)
- No. 20 Kunio KANO: Studies on the Media for Orchid Seed Germination (March, 1965) (in English)
- No. 21 Kiyoshi YAMAMOTO: Studies on the Hybrids among the *Vicia sativa* L. and its Related Species (March, 1966)
- No. 22 Yoshio NAKAHIRO: Studies on the Method of Measuring the Digestibility of Poultry Feed (October, 1966)
- No. 23 Hiroshi INOUE: Studies on the Fruit Development of Natsudaidai (*Citrus Natsudaidai* HAYATA), with Special Reference to Water Spot Injury (March, 1967)
- No. 24 Toyoki MIYABE: Studies on the Production and the Salt Balance in Relation to Calcium Phosphocaseinate of Abnormal Milk (August, 1967) (in English)
- No. 25 Murao SOGO: Studies on the Bark Lignin and Bark Phenolic Compounds (September, 1971)
- No. 26 Mitsuaki OHSHIMA: Studies on Nutritional Nitrogen from Red Clover Silage (November, 1971) (in English)
- No. 27 Shuzo TATSUMI: Fundamental Studies of the Chemical Forms of Calcium and Their Metabolisms in the Tree Leaves (November, 1974)
- No. 28 Masaru KURETANI: Studies on the Early Summer Defoliation of Grape Vines Caused by Vein-yellowing (December, 1974)

— iv —

- No. 29 Hisao KURATA: Studies on the Sex Expression of Flowers induced by Day-length and Temperature in Pumpkin and Watermelon (March, 1976)
- No. 30 Takashi KAMADA: Studies on the Rational Estimation of Rainfall for Design Flood (June, 1976)
- No. 31 Hiroyuki YAMAMOTO: Study on the Mechanism of Resistance Expression in the Crown Rust Disease of Oat (March, 1978)
- No. 32 Hidetoshi OKAMOTO: Laboratory Studies on the Food Ecology of Aphidophagous Lady Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) (March, 1978)
- No. 33 Toru YAMASAKI: Studies on *p*-Hydroxyphenyl- and Syringyl Lignins (September, 1978) (in English)
- No. 34 Toshihide ICHIKAWA: Studies on the Mating Behavior of the Four Species of Auchenorrhynchous Homoptera which Attack the Rice Plant (February, 1979) (in English)
- No. 35 Hiroshi YOSHIDA: A Study of the Development, Structure and Management of Co-operative Groups (March, 1980)

昭和55年2月18日印刷 昭和55年3月31日発行

香川県木田郡三木町

香川大学農学部

印刷所 大学印刷株式会社

広島市十日市町二丁目3番23号

電話 広島 31-4231番(代)