



Title	牛副次生産物、特に消火器のコラーゲンに関する組織学的研究
Author(s)	中村, 富美男; 北村, 恵子; 岡村, 可奈子; 近藤, 敬治
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 17(4), 451-463
Issue Date	1991-10-05
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12137
Type	bulletin (article)
File Information	17(4)_p451-463.pdf



[Instructions for use](#)

牛副次生産物，特に消化器のコラーゲンに 関する組織学的研究

中村富美男・北村恵子・岡村可奈子・近藤敬治

(北海道大学農学部畜産学科皮革製造学教室)

(平成3年5月9日受理)

A Histological Study of the Collagen in Bovine By-products, particularly in Digestive Organ

Fumio NAKAMURA, Keiko KITAMURA,

Kanako OKAMURA and Keiji KONDO

(Department of Animal Science, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

I. 緒 言

家畜の屠場副産物は、医療品、化粧品および食品等の生体資源としての利用が大いに期待されており、最近ではペットフードの原料としての需要も急増している。しかし、今日実用化されている副次生産物の利用形態は、副産物個々あるいは構成成分個々の生体資源としての潜在的な高付加価値性を必ずしも有効に発揮してはいない¹⁾。例えば、コラーゲンは、人工臓器の支持体や生化学材料および機能性食品や化粧品素材としての高度利用がはかられているが、現在抽出材料として用いられているのは皮および骨にしかすぎない²⁾。

コラーゲンは結合組織の主成分であり、動物体構成タンパク質の25%を占め、皮や骨以外の屠場副産物にも多量に含まれている³⁾。しかし、家畜消化器等に含まれているコラーゲンの特性に関する研究報告はきわめて少なく、利用に際して必要な知見は、まだ不十分である^{2,4,5,6)}。そこで本報では、牛消化器コラーゲンに関する組織学的知見を得るために、まず去勢子牛を用い、走査型電子顕微鏡による立体構造と、免疫組織化学的手法による型別コラーゲンの局在を調べた。

II. 材料および方法

1. 供試材料

北海道大学農学部附属農場畜産第二部において飼育された6-7カ月齢のホルスタイン種去勢子牛2頭を供試し、同場畜産製造部で屠殺解体後直ちに試料を採取した。摘出した舌、胃(第一胃、第二胃および第三胃)、小腸(空腸)、大腸(直腸)および肝臓を、走査型電子顕微鏡(SEM)用には3mm角程度に切り、直ちに固定し、光学顕微鏡下の免疫組織化学(蛍光抗体法)用には5mm角程度に切り、使用時まで液体窒素中に保存した。

2. 細胞消化・走査電顕法⁷⁾

コラーゲン細線維束網の三次元的構築像は、大谷らによって報告された細胞消化・走査電顕法⁷⁾に従って観察した。

各試料は2.5%のグルタルアルデヒドを含む0.1Mのリン酸緩衝液pH7.3を用い、4℃で2日間浸漬固定した。蒸留水で洗浄した組織片は、10%のNaOH水溶液に室温で3-7日間浸漬し、アルカリ処理した。幾分膨潤し、黄褐色となった組織片を蒸留水に移し、室温で放置した。細胞要素が完全に除去され、帯白色透明のコラーゲン細線維網のみとなるまで、蒸留水を1日に1-2回交換した。各組織から抽出したコラーゲン細線維網を1%タンニン酸水溶液に3時間浸漬した後、蒸留水で洗浄し、1%オスミン酸水溶液を用い、4℃で2時間浸漬固定した。エタノール系列で脱水し、100%の段階で、tert-ブチルアルコールに置換し、凍結乾燥した。

乾燥した試料を、両面テープで金属試料台に接着し、金蒸着後、加速電圧19KVでSEM (JSM-T20, JEOL) によって観察した。

3. 蛍光抗体法⁸⁾

各試料はOCTコンパウンド (Tissue-Tec, MILES) で包埋し、凍結横断切片 (厚さ10 μ m) をクリオスタット (Minotome, DAMON) を用いて作成した。切片は10%ホルマリンを含むpH7.4のリン酸緩衝塩溶液 (PBS) によって室温で5分間固定後、1%Triton X-100を含むPBSで5分間処理し、PBSで洗浄した。前処理を終わった切片は10%の正常山羊血清を含むPBSで非特異結合部をブロック後、ケラチン、ラミニン、フィブロネクチン、I, IIIおよびIV型コラーゲンに特異的な抗血清を各々第一抗体として反応させた。0.05%のTween 20を含むPBS (T-PBS) とPBSで切片を洗浄後、第二抗体としてAnti-Rabbit IgG Fluorescein-conjugated goat IgG (Cappel) を反応させた。T-PBSとPBSで洗浄し、Perma Fluor (Lipshow) で封入後、蛍光顕微鏡で観察した。

第一抗体として用いた各抗血清は、抗原を家兎に免疫して作成したが、抗原に用いた各標品の純度および各抗血清の特異性について既に報告している^{8,9)}。

III. 結 果

1. 消化管のSEM像

消化管は、内腔側から粘膜、粘膜下織、筋層および漿膜に大別されているが、細胞要素を除去した試料の横断面SEM像は、粘膜固有層から粘膜筋板、粘膜下組織および筋層を経て漿膜まで連続した立体的なコラーゲン細線維束網を示した (Fig. 1, 3B, 4C)。特に、粘膜固有層と粘膜筋板の区別は困難であった (Fig. 1)。粘膜下組織は、血管や脂肪組織が多いためにコラーゲン細線維束が疎であったが、筋層は内輪走筋、外縦走筋共に粘膜固有層や漿膜と同程度の比較的高密度にコラーゲン細線維束が存在していた。平滑筋層の縦断面では平行な線維状構造が、横断面では網目状の構造が各々観察された。全層を通じ、コラーゲン細線維が大きく束ねられた太いコラーゲン線維は観察されず、波状の細かいコラーゲン線維による無定形網目状三次元構造が観察された。これら Fig. 1 の第二胃横断面で観察されたSEM像は、他の胃においても共通していた。

一方、Fig. 1 上部に見られた粘膜固有層表面像は、各胃で異なっていた (Fig. 2)。

粘膜上皮と基底膜が除去されているにも関わらず、コラーゲン細線維で形成された粘膜固有層表面は各胃内腔面の特徴的形態像を示した (Fig. 1, 2A, 2C)。第一胃腹囊乳頭、第二胃小葉乳頭および第三胃小葉乳頭には各々さらに小さな起伏が存在し、独特の様子がコラーゲン細線維によって形成されていた。

粘膜固有層表面のコラーゲン細線維は、内部とは異なり、細線維が隙間なく密集し、膜状を呈していた。この膜状構造には細かな起伏が観察され (Fig. 2B)、膜に密度の高い立体感を付与していた。粘膜固有層表面の密度と厚さは、第一胃が最も高かった。

空腸腔側の輪状ヒダには、粘膜固有層のコラーゲン細線維によって形成された未処理標本類似の指状の絨毛と陰窩が観察された (Fig. 3A)。粘膜固有層表面は非常になめらかな織布状のコラーゲンシートで形成されており、膨らみのある無数の小さな起伏が観察された (Fig. 3C)。横断面における粘膜固有層のコラーゲン細線維束網は、粘膜下組織および筋層とは連続していたが、その外観は異なっていた (Fig. 3B)。粘膜下組織および筋層では、細いコラーゲン細線維束による三次元網目構造が観察されたのに対して、粘膜固有層では、さらに細い細網線維の立体構造が観察された。

直腸腔側では、直腸横ヒダに無数に存在するほぼ均一な陰窩像を反映した海綿様構造が観察された (Fig. 4A)。海綿様粘膜固有層表面のコラーゲンシートは、小腸同様のなめらかな織布状を呈し、波打った皺襞を有していた (Fig. 4B)。また、コラーゲンシートの陰窩間には、無数の大きさの異なる小さな窓様の穴が観察された。横断面においては、粘膜下組織と筋層は同じ大きさのコラーゲン細線維束による無定形三次元網目構造を示した (Fig. 4C)。このコラーゲン細線維束の太さは、胃よりも細く空腸より太かった。粘膜固有層も無定形三次元網目構造を示したが、構成しているコラーゲン細線維束は、粘膜下組織より細いが空腸の細網線維より太かった。

2. 消化管の抗体染色像

上皮細胞の指標タンパク質であるケラチンに対する抗体によって、第一胃乳頭の粘膜上皮全体が染色



Fig. 1. A SEM view of the reticulum of holstein steer treated with the cell-maceration method.

The upper portion shows the surface of the lamina propria (LP) of one cellulae reticuli with some papillae reticuli (PR). A three-dimensional random network of collagen fibrillar bundles extends from the lamina propria to the tunica serosa (TSe) in the cross section. TSu tunica submucosa; ICM inner circular muscles; OLM outer longitudinal muscles; BV blood vessel. $\times 60$. The abbreviations of following figures are the same as this figure.

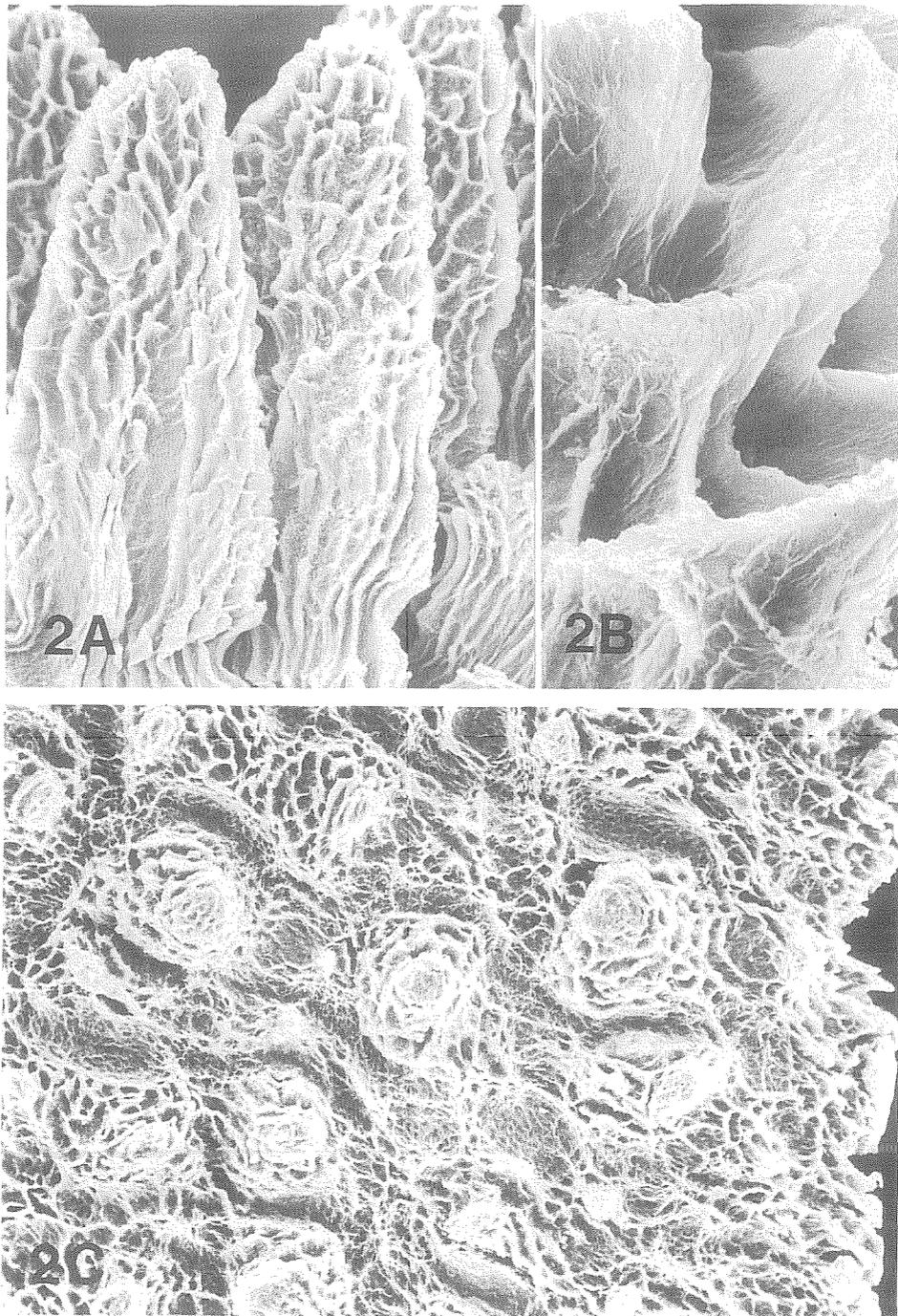


Fig. 2. SEM views of the papillae ruminis and the laminae omasi of holstein steer treated with the cell-maceration method.

A At a low magnification, the foliate papillae in ventral sac of rumen show some mountain-chain-like pleats. $\times 45$. **B** A closer view of a part of Figure 2A showing the furrowed dense collagen fibrillar sheet constituting a pleat of papillae ruminis. $\times 450$. **C** The surface of the lamina propria of one laminae omasi shows the many rose-like structures of papillae omasi. $\times 60$

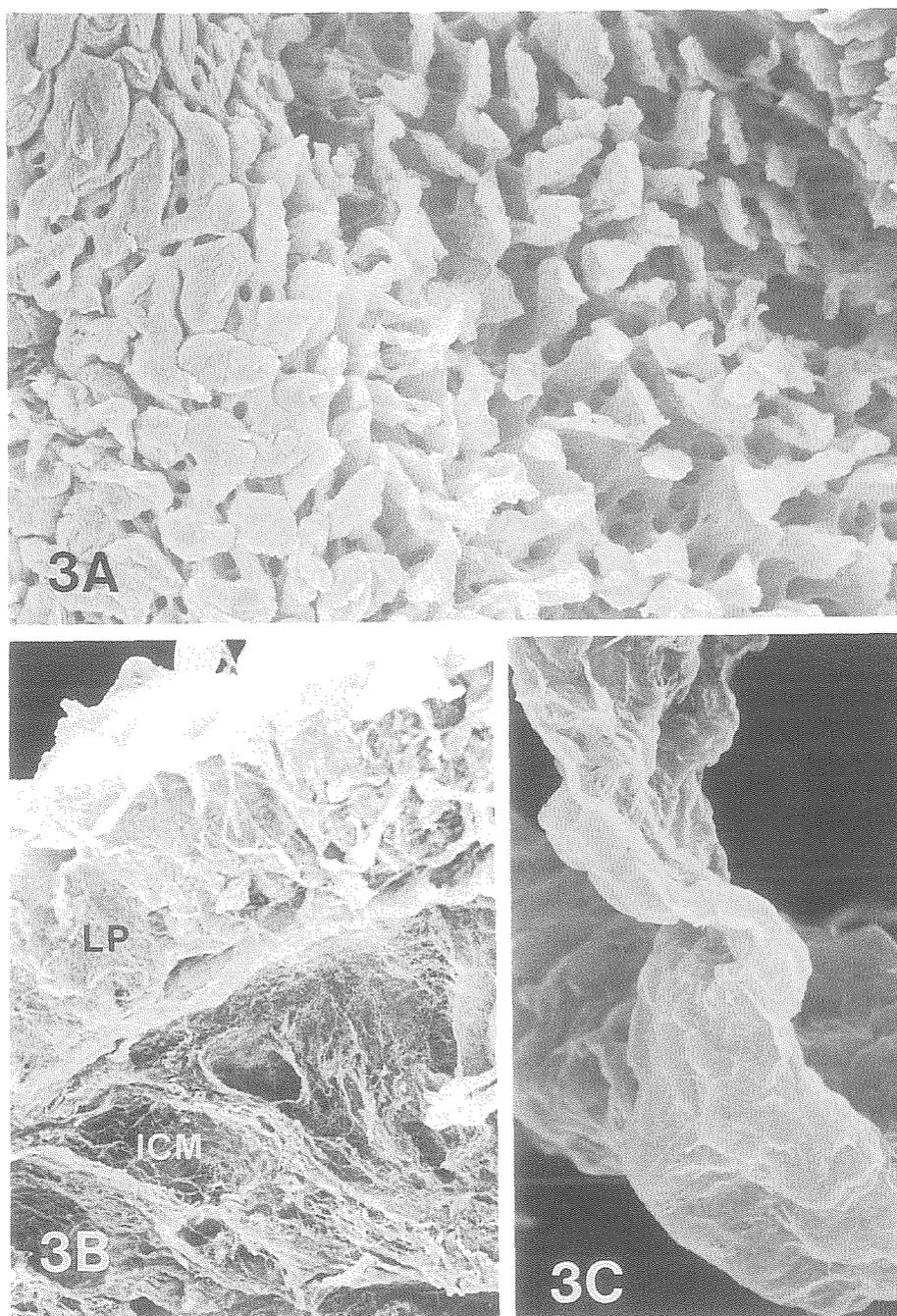


Fig. 3. SEM views of the jejunum of holstein steer treated with the cell-maceration method.

A At a low magnification, the external appearance of the villous connective tissue fibers resembles that of non-treated villi intestinales. $\times 45$. **B** In a cross section, the three-dimensional random network of thinner collagen fibrillar bundles of lamina propria suggests that the lamina propria of the small intestine is a kind of reticular tissue¹⁰. $\times 60$. **C** A closer view of a part of Figure 3A showing the flared thin collagen sheet underlying the basal lamina of the villous epithelium. $\times 600$

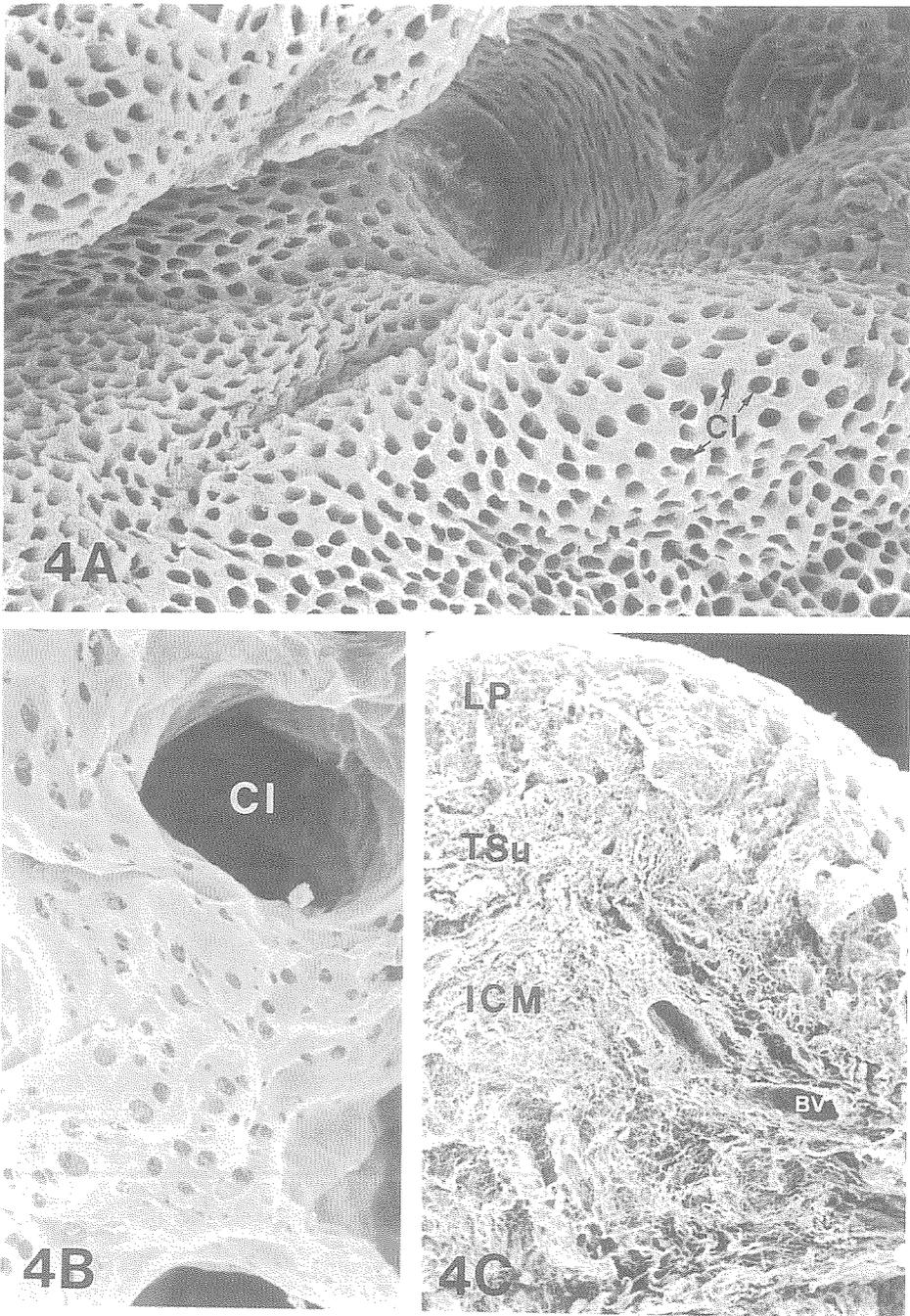


Fig. 4. SEM views of the rectum of holstein steer treated with the cell-maceration method.

A At a low magnification, the external appearance of the connective tissue fibers outside the cryptae intestinales (CI) shows a spongy structure. $\times 45$. **B** A closer view of a part of Figure 4A showing the pleated collagen sheet constituting the surface of the lamina propria of the rectum. The collagen fibrillar sheet possesses numerous fenestrae of various sizes between the crypts. $\times 600$. **C** In a cross section, the continuous collagen fibrillar bundles constitute the random three-dimensional network of lamina propria, tunica submucosa and tunica muscularis. $\times 60$

された (Fig. 5A)。このケラチン抗体による粘膜上皮の染色像は、他の消化管においても共通していた。

線維性結合組織の主成分である I 型コラーゲンに対する抗体によっては、ケラチン抗体とは対照的に、第一胃乳頭の粘膜固有層が染色された (Fig. 5B)。I 型コラーゲン抗体は、粘膜下組織、筋層および漿膜とも陽性反応を示し、この染色像はいずれの消化管でも共通していた。最も強く I 型コラーゲン抗体によって染色されたのは、粘膜下組織と筋間結合織であり、粘膜固有層と平滑筋細胞周囲は弱染色であった (Fig. 6B)。

間充織コラーゲンと同じ局在を示すフィブロネクチンに対する抗体によっては、粘膜固有層から漿膜まで染色されたが、粘膜筋板と平滑筋細胞周囲が強く染色されたのが特徴的であった (Fig. 5C)。

粘膜筋板と平滑筋細胞周囲は、ラミニンおよび IV 型コラーゲン抗体によっても強く染色された (Fig. 5D, 5E, 6C, 6D)。基底膜の指標タンパク質であるラミニンと IV 型コラーゲンに対する抗体による染色像は、いずれの消化管でも一致しており、粘膜上皮と固有層間の接合部および血管周囲も強く染色された (Fig. 5D, 5E, 6C, 6D)。

細網線維の主構成成分である III 型コラーゲンに対する抗体によっては、粘膜固有層および筋間結合織が強く染色され、粘膜下組織や平滑筋細胞周囲も染色された (Fig. 5F, 6A)。

3. 付属器官

1) SEM 像

舌横断面では、上皮が除去されむき出しになった粘膜固有層のコラーゲン細線維が形成する無数の糸状乳頭が観察された (Fig. 7)。粘膜固有層と粘膜下組織のコラーゲン細線維束は一体化して比較的高密度に存在しており、波状層板構造を呈していた。一方、横紋筋層では、筋小束および筋束を囲んでいたコラーゲン細線維束が観察されたが、密度は固有層より低かった。肝臓断面のグリソン鞘には高密度にコラーゲン細線維束が存在しており、その中に小葉間静脈、動脈および胆管が観察された (Fig. 8A)。ディッセ腔内には、グリソン鞘に連続したコラーゲン細線維束網が迷路状に肝小葉を満たしており、有窓の中心静脈においてのみコラーゲン細線維束による三次元網目構造が欠けていた。細く束ねられたディッセ腔の多量のコラーゲン細線維は、ヘアピン

状に屈曲していた (Fig. 8B)。

2) 抗体染色像

舌横紋筋層の筋内膜、血管周囲および粘膜上皮下の基底膜が IV 型コラーゲン抗体によって染色され、糸状乳頭内の発達した血管網が観察された (Fig. 9A)。III 型コラーゲン抗体によっては、粘膜固有層、粘膜下組織および筋間結合織が染色され、この染色像は I 型コラーゲン抗体と同じであった (Fig. 9B)。粘膜固有層と粘膜下組織では、I 型コラーゲン抗体による波打った太い線維状の染色像が観察された (Fig. 9C)。

肝実質細胞はケラチン抗体によって染色され (Fig. 10A)、細胞間は III 型コラーゲン抗体によって染色された (Fig. 10C)。I 型コラーゲン抗体によっては、中心静脈から放射された線維状の染色像が (Fig. 10B)、IV 型コラーゲン抗体によっては細胞間をぬう様な網目状の染色像が観察された (Fig. 10C)。

IV. 考 察

コラーゲン構築物が家畜消化器の上皮以外の部位に存在していることはよく知られていた¹⁰⁾がコラーゲンが三次元的に、どのように分布し、どの程度存在するのかは、線維化したコラーゲンのみの標本を調製する方法がなく明らかにされなかった^{11,12)}。しかし、本研究の SEM 観察試料作成に用いたアルカリ処理・細胞消化法が、最近コラーゲンの立体構築を解明する有力手段として大谷によって報告された^{7,11,12)}。従って、本実験結果の SEM 像は、牛の副次生産物、特に消化器におけるコラーゲン細線維束網の三次元的構築像を初めて示したものである。

コラーゲン細線維束網は、いずれの消化器においても、粘膜固有層から漿膜に至るまで連続した三次元的分布を示し、その密度は想像以上であった。このことは、結合組織の主成分であるコラーゲンが細胞外骨格として牛消化器を支持していること⁷⁾をあらためて確認させた。また、粘膜固有層、特に表面像の各消化器における多様な形態は、コラーゲンが単なる支持組織ではなく、器官の形態形成や組織の機能発現に重要な役割を演じていること⁸⁾を支持するものであった。

三次元的に構築されたコラーゲン細線維束網の多様性は、型別コラーゲンの局在と深く関わってい

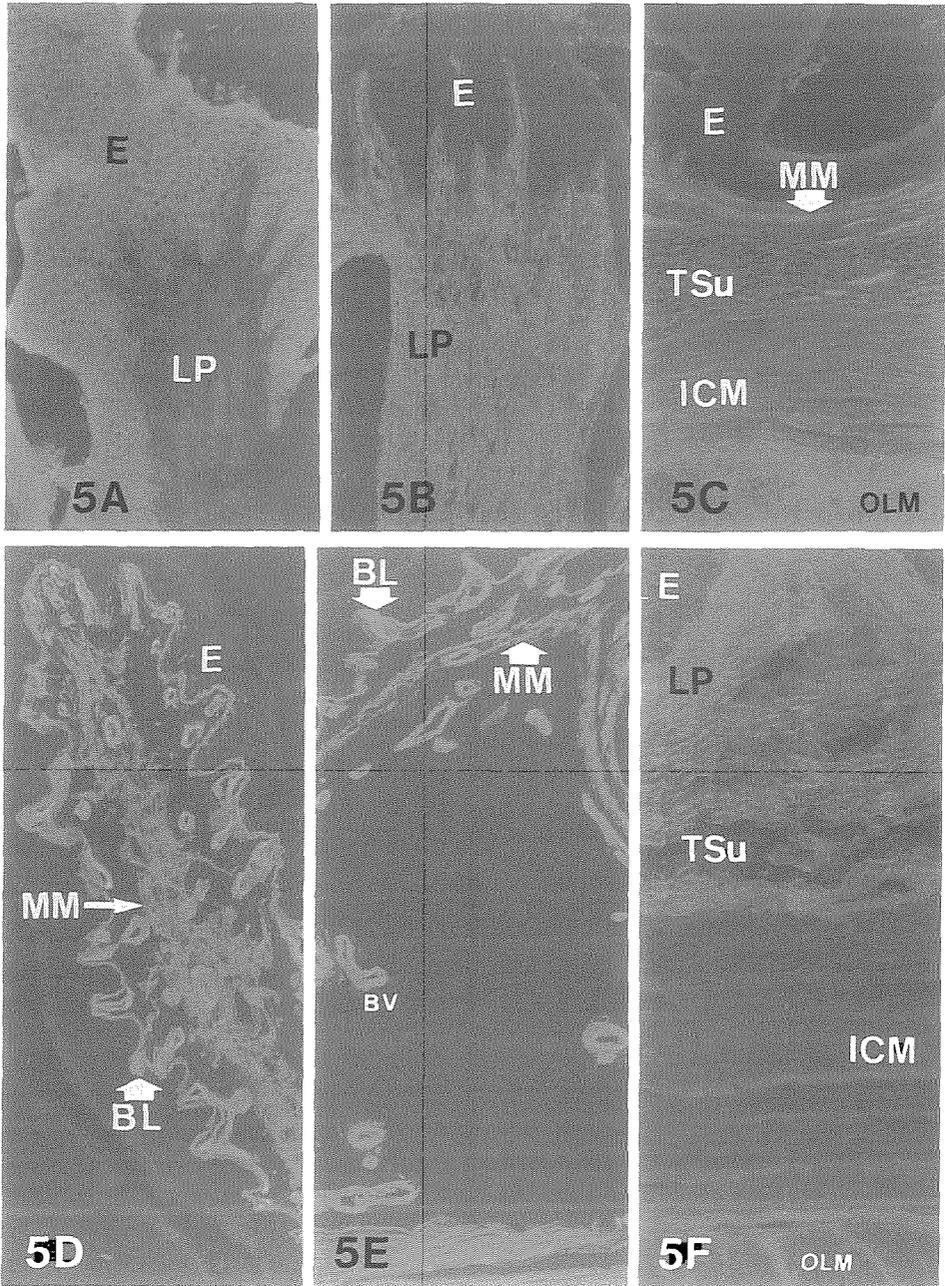


Fig. 5. Immunofluorescent localization of collagen types I, III and IV on the frozen cross sections from rumen of holstein steer.

A Epithelium (E) immunostained with anti-keratin serum. **B** Lamina propria immunostained with anti-type I collagen serum. **C** Lamina propria, muscularis mucosae (MM), tunica submucosa and tunica muscularis immunostained with anti-fibronectin serum. **D** and **E** Basal lamina (BL) underlying the epithelium, muscularis mucosae and blood vessels immunostained with anti-laminin and type IV collagen sera respectively. **F** Lamina propria, tunica submucosa and tunica muscularis immunostained with anti-type III collagen serum. $\times 70$. Frozen cross sections from reticulum and omasum showed the same immunofluorescent localization of collagen types I, III and IV as rumen.

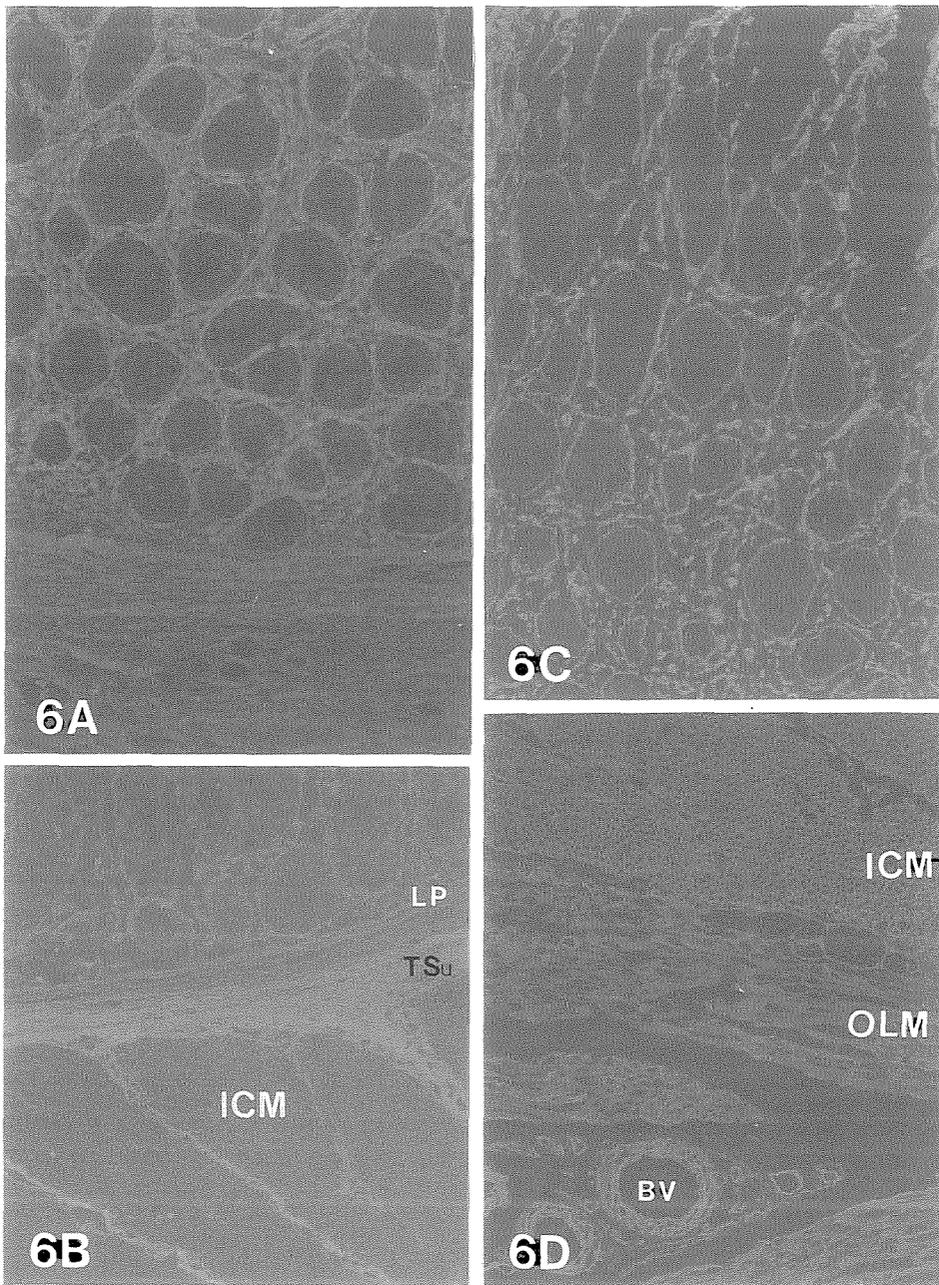


Fig. 6. Immunofluorescent localization of collagen types I, III and IV on the frozen cross sections from rectum of holstein steer.

A Honeycombed lamina propria immunostained intensely with anti-type III collagen serum. **B** Weakly immunostained lamina propria, intensely immunostained tunica submucosa and inter-tunica muscular connective tissue with anti-type I collagen serum. **C** and **D** Intensely immunostained epithelial-connective tissue junction and the circumference of smooth muscle cells with anti-type IV collagen serum. $\times 70$. Frozen cross sections from jejunum showed the same immunofluorescent localization and staining intensity of collagen types I, III and IV as rectum.

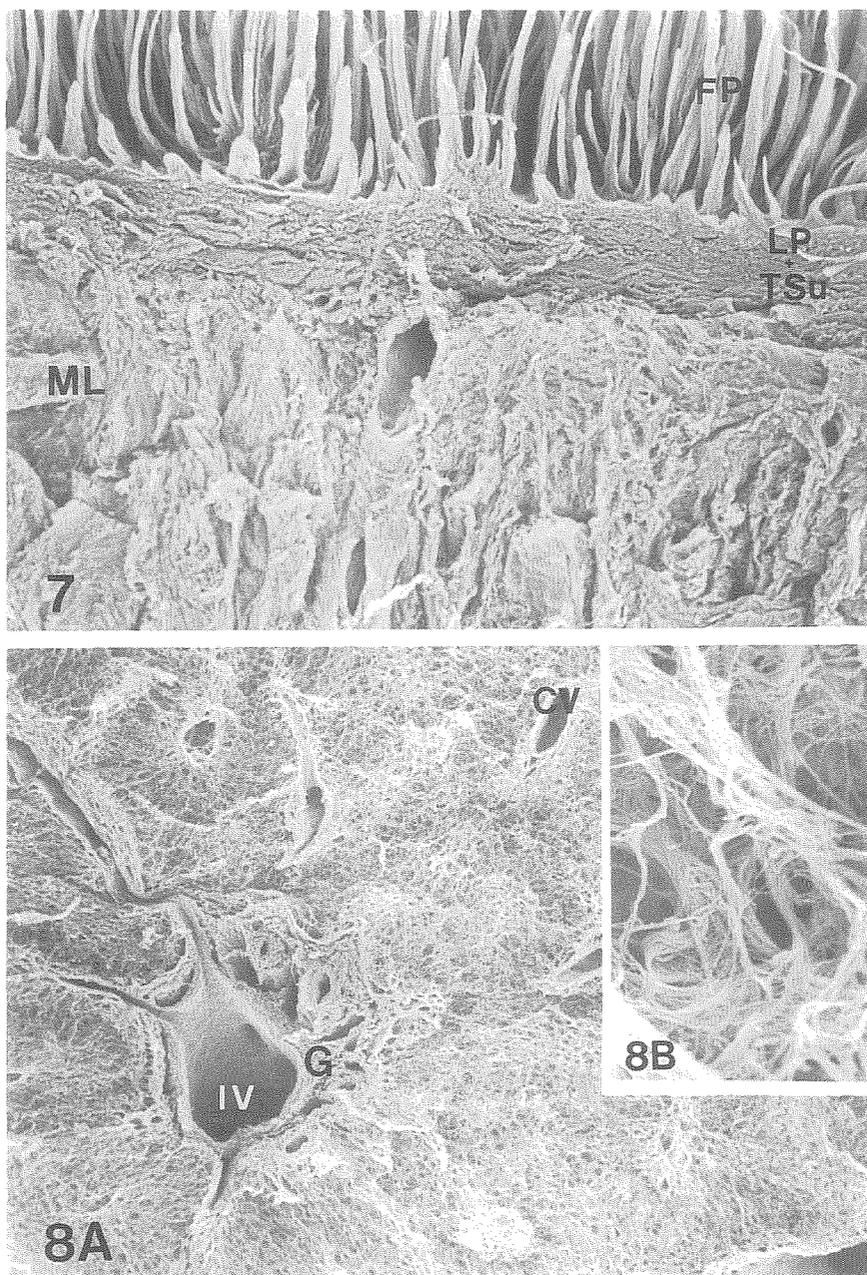


Fig. 7. A SEM view of the tongue of holstein steer treated with the cell-maceration method.

In a cross section, under the numerous filiform papillae (FP) densely woven collagen plates of lamina propria and tunica submucosa (LP+TSu) are piled up on the collagen fibrillar network of the muscular layer (ML). $\times 40$

Fig. 8. SEM views of the liver of holstein steer treated with the cell-maceration method.

A At a low magnification, dense collagen fibrillar bundles of *Glisson's* sheath (G) show the pores of an interlobular vein (IV), artery and bile duct. The lattice fibers in *Disse's* space fill in the lobules except central vein (CV) and show a maze-like collagen fibrillar network. $\times 40$. **B** A closer view of a part of Figure 8A showing the branching and twisting collagen fibrilles forming a loose network. $\times 2,250$

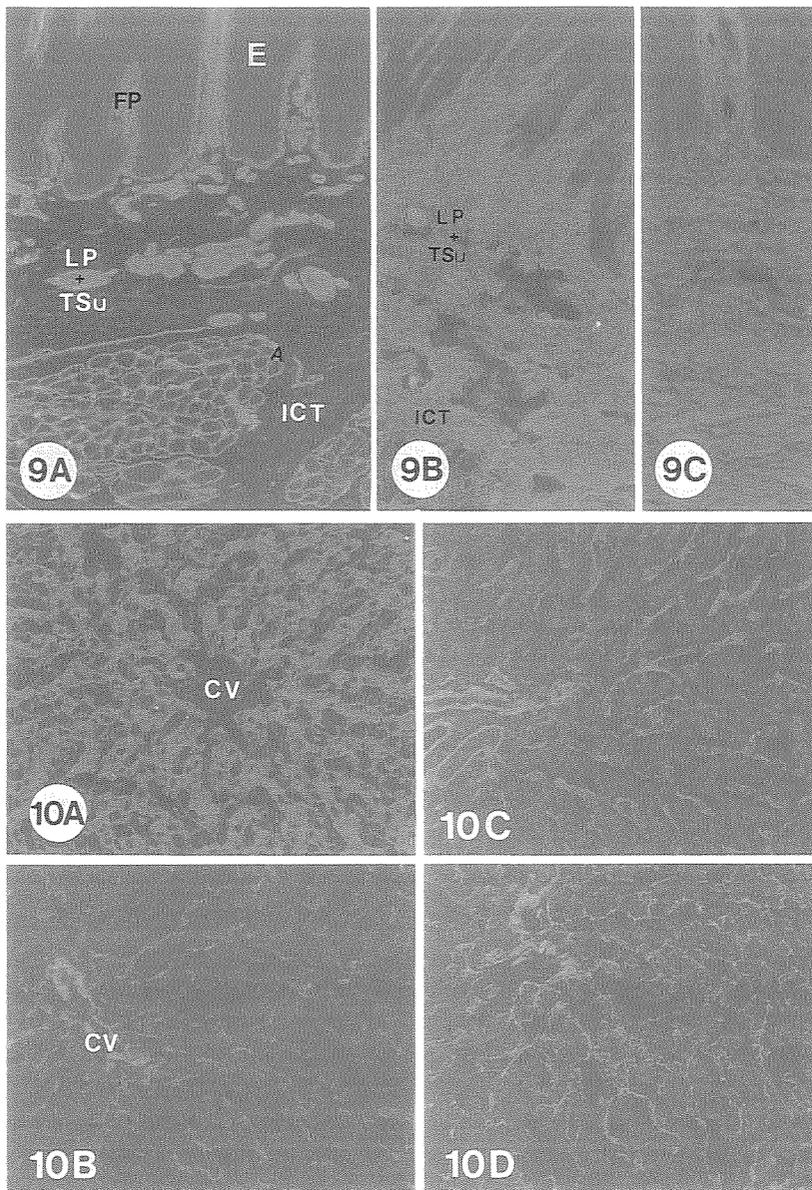


Fig. 9. Immunofluorescent localization of collagen types I, III and IV on the frozen cross sections from tongue of holstein steer.

A Basal lamina underlying the epithelium (E), blood vessel and endomysium immunostained with anti-type IV collagen serum. FP filiform papillae. $\times 60$. **B** Intermuscular connective tissue (ICT), lamina propria and tunica submucosa (LP+TSu) immunostained with anti-type III collagen serum. $\times 60$. **C** Waved connective tissue fibers of lamina propria and tunica submucosa immunostained with anti-type I collagen serum. $\times 120$

Fig. 10. Immunofluorescent localization of collagen types I, III and IV on the frozen cross sections from liver of holstein steer.

A Hepatic cell cords immunostained with anti-keratin serum. CV central vein. **B** Radiated intralobular connective tissue fibers immunostained with anti-type I collagen serum. **C** Lattice fibers in *Disse's* space immunostained with anti-type III collagen serum. **D** Intercellular network immunostained with anti-type IV collagen serum. $\times 60$

た。より細いコラーゲン細線維束で形成されていた消化管粘膜固有層は、I型コラーゲン抗体によっては強染されなかったのに対して、III型コラーゲン抗体では強染され、粘膜固有層の細網線維はIII型コラーゲンを多く含むこと^{10,13,14)}が示唆された。一方、粘膜下組織はI型コラーゲンを多く含むことが明かとなったが、これら両層は連続した立体構築を示しており、コラーゲンが各消化管で線維形成を行う場合の自在性^{15,16)}が示唆された。類似の組織像は肝臓においても観察され、I型コラーゲンは肝小葉の基本骨格を形成し、III型コラーゲンは迷路状の網目骨格を形成していた。さらに、IV型コラーゲンは肝実質細胞周囲に局在しており、これら多型コラーゲンの多様な線維形成と局在が、細胞消化法によりはじめて明かとなった肝臓の三次元的コラーゲン細線維束網¹²⁾を構築していた。

上記の様な各消化器におけるコラーゲンの線維形成に当たっての多様性と自在性は、他の副次生産物、本実験に供試した牛の皮や骨においても、消化器官とは異なる組織像として観察されている(中村ら、未発表)。すなわち、結合組織の主構成成分であるコラーゲンは、存在する器官あるいは部位によってその組織化学的形態像を変化させる自在性と多様性を有していることが本研究によって明かとなった。しかし、家畜副産物を高度に利用するに当たっては、副産物個々および構成成分個々の生化学的特性についてのより多くの知見を得る必要がある。さらに、消化管コラーゲンをルーメンバイパス等の家畜医用器材の生体材料として用いる場合には、牛消化管から抽出したコラーゲンがどのような線維形成を示すのか、また、上皮細胞にどのような影響を及ぼすのか等をモデル系を用いて検討しなければならない。

V. 要 約

家畜副次生産物の有効利用に資するために、牛消化器コラーゲンの三次元立体構築を細胞消化・走査電顕法により、型別コラーゲン局在を間接蛍光抗体法によって調べた。得られた結果の大要は以下の通りであった。

1. 牛消化管のコラーゲン細線維束網は、横断面SEM像において、粘膜固有層から粘膜筋板、粘膜下組織および平滑筋層を経て漿膜まで連続した無定形の三次元的構築を示した。

2. 各消化器のコラーゲン細線維束は、細かったが、疎性結合組織であるにもかかわらず比較的密に存在していた。

3. 粘膜固有層表面のコラーゲン細線維は、シート状を呈し、各消化管の内腔面形態を反映した特有の幾何学的模様を示した。

4. 消化管粘膜固有層はIII型コラーゲン抗体によっては強く免疫染色されたが、I型コラーゲン抗体によっては弱染された。

5. 粘膜下組織および筋間結合織はI型コラーゲン抗体によって強く免疫染色され、粘膜筋板、血管、平滑筋細胞周囲および上皮・間充織接合部の基底膜存在部位はIV型コラーゲン抗体によって強染された。

謝 辞

本研究の実施に際して御協力いただいた北海道大学農学部附属農場畜産第二部および同場畜産製造部の方々に深謝します。

引用文献

1. OCKERMAN, H. W. and HANSEN, C. L.: Animal by-product processing. 11-16, ELLIS HORWOOD, Chichester, 1988
2. 宮田暉夫: バイオマテリアルとしてのコラーゲン, 藤本大三郎編 細胞外マトリックスのバイオサイエンスとバイオテクノロジー, 323-366, アイビーシー, 1990
3. HAY, E. D.: Extracellular matrix. *J. Cell Biol.*, **91**: 205s-223s. 1981
4. ORBERG, J., BAER, E. and HILTNER, A.: Organization of collagen fibers in the intestine. *Conn. Tissue Res.*, **11**: 285-297. 1983
5. KLEIN, L., EICHELBERGER, H., MIRIAN, M. and HILTNER, A.: Ultrastructural properties of collagen fibrils in rat intestine. *Conn. Tissue Res.*, **12**: 71-78. 1983
6. KOMURO, O.: The lattice arrangement of the collagen fibres in the submucosa of the rat small intestine: scanning electron microscopy. *Cell Tissue Res.*, **251**: 117-121. 1988
7. OHTANI, O., USHIKI, T., TAGUCHI, T. and KIKUTA, A.: Collagen fibrillar networks as skeletal frameworks: A demonstration by cell-maceration/scanning electron microscope method. *Arch. Histol. Cytol.*, **51**: 249-261.

- 1988
8. 中村富美男・大杉次男： 筋肉内コラーゲンのラットの成長に伴う変化. 日本畜産学会報, **59**: 997-1003. 1988
 9. 中村富美男・久保康明・盛本秀喜・大杉次男： 成長期ラットにおける皮膚構成成分の局在と抽出性. 皮革化学, **35**: 83-90. 1989
 10. 星野忠彦： 畜産のための形態学. 12-104. 川島書店, 1990
 11. OHTANI, O.: Three-dimensional organization of the connective tissue fibers of the human pancreas. A scanning electron microscopic study of NaOH treated tissues. *Arch. Histol. Jap.*, **50**: 557-566. 1987
 12. 大谷 修： 走査電顕による膠原細線維網観察のためのアルカリ処理試料作製法. 生体の科学, **40**: 145-149. 1989
 13. SNODGRASS, M. J.: Ultrastructural distinction between reticular and collagenous fibers with an ammonical silver stain. *Anat. Rec.*, **187**: 191-206. 1977
 14. MONTES, G. S. and JUNQUEIRA, L. C. U.: Histochemical localization of collagen and of proteoglycans in tissues. in NIMNI, M. E. ed. *Collagen: Vol. II Biochemistry and biomechanics*. 41-72, CRC Press, Boca Raton, 1988
 15. KEEN, D. R., SAKAI, L. Y., BACHINGER, H. P. and BURGESSON, R.: Type III collagen can be present on banded collagen fibrils regardless of fibril diameter. *J. Cell Biol.*, **105**: 2393-2402. 1987
 16. VEIS, A. and PAYNE, K.: Collagen fibrillogenesis. in NIMNI, M. E. ed. *Collagen: Vol. I Biochemistry*. 113-137, CRC Press, Boca Raton, 1988

and the localization of type I, III and IV collagens in the digestive organs of holstein steer were studied by the use of the cell-maceration/scanning electron microscope (SEM) method and the indirect immunofluorescence method.

The results are summarized as follows.

1) The SEM views of cross sections of the digestiveduct showed the three-dimensional random network of collagen fibrillar bundles extend from the lamina propria to the tunica serosa including the muscularis mucosae, tunica submucosa and the tunica muscularis.

2) In each digestive organ, the loose connective tissue collagen fibrillar bundles were fine but relatively dense.

3) The surface collagen fibrils of the lamina propria of the digestiveduct presented a sheet-like structure and the geometrical figures resembled the specific morphologies of each part of the digestiveduct cavity.

4) The lamina propria of the digestiveduct was intensely immunostained with anti-type III collagen but weakly immunostained with anti-type I collagen.

5) The tunica submucosa and inter-tunica muscular connective tissue of digestiveduct were intensely immunostained with anti-type I collagen. The epithelial-connective tissue junction, muscularis mucosae and the circumferences of blood vessels and smooth muscle cells in tunica muscularis were intensely immunostained with anti-type IV collagen.

6) The collagen in the digestive organs of holstein steer was quite varied concerning the three-dimensional fibrillogenesis and the localization of its different types.

Summary

The architecture of the collagen fibrillar network