

総説

## 消化管環境の制御による家畜生産性の向上と代謝障害の予防

小林泰男

北海道大学大学院農学研究院  
〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目  
TEL & FAX : 011-706-2476  
E-mail: kyas@anim.agr.hokudai.ac.jp

### 【要約】

ルーメンは牛などの反芻家畜が有する巨大な前胃発酵槽で、共生する微生物の機能により植物体（主として繊維質などの構造的炭水化物）を分解発酵し、宿主である牛の栄養源に転換する。概してこれら微生物群は安定的に存在するものの、近年の高生産性志向から穀物を主体とする飼養体系の導入により、ルーメン生態系の攪乱・破綻が生じやすくなっている。これらは発酵異常とそれにもなう代謝障害を引き起こすが、代表的なものが慢性の鼓脹症やアシドーシスである。急性と異なり、死に至ることはないものの、食欲不振や成長・生産の低下が長期にわたり、経済的な損失は大きい。発症メカニズムは完全解明されていないものの、多くは特定の微生物の異常増殖や消失がみられ、治癒はそれらの回復に要約されるため、ルーメン微生物相の安定化が予防の鍵といえる。本稿では、鼓脹症とアシドーシスについて、発症の経緯と原因、予防や治療法について記述する。

**キーワード：**ルーメン、微生物相、発酵、鼓脹症、アシドーシス

### 【はじめに】

ウシに代表される反芻家畜は、ルーメンと呼ばれる巨大な消化発酵槽である前胃を有し、多種多様な微生物群が共生・機能することで、草食による生命維持が可能となっている。この微生物相は細菌、プロトゾアおよび真菌から成る複合系である [12] が、生態（生息数）的にみて全バイオマスの約 50% [1] が、また機能（遺伝子発現）的にみて遺伝子発現の 90% が細菌である [2] ことから、細菌が最もメジャーで重要な構成員である。そのうち培養可能なものが全体の 10% 程度で、大半が難培養性のもので占められ、少なくとも細菌種は 4000-5000 にのぼると推定され、極めて複雑な複合生態系を構成している [11]。それゆえに、飼料の変動

に適切に対応でき、数日から数週の適応期間を経て、新しい飼料に最も適合した安定的な微生物生態系が成立する。野生の反芻動物が大きく季節変動する飼料条件に適合できるのは、ひとえにルーメン微生物、とくに細菌叢の適応性の柔軟性の所以である [8, 24]。

この菌叢の安定的変化を保証するのが構成員の多様性であるが、菌叢にもしばしば回復しづらい異常や破綻が訪れる。契機は、草食動物における本道を逸脱したような飼料条件に曝されることに由来することが多い。例えば、濃厚飼料の多給であり、その長期継続である。こういった飼養体系は高度な家畜生産性にフォーカスした近年の畜産では常識的になっており、ルーメン菌叢の破綻、異常発酵の継続は、家畜体に大きなストレスとなり、生産寿命の短縮、ひいては経営損失につながるため、早期発見、予防と治療に努める必要がある。本稿ではルーメン発

受理：2019年4月13日

酵に由来する代謝障害として鼓脹症 (bloat) とアシドーシス (acidosis) を取り上げ、これらの発症機序、予防および治療について述べる。

鼓脹症とアシドーシスは共通の誘発要因 (穀物多給) があるので併発する場合もあるが、アシドーシスにみられる低 pH やプロトゾアの消失は、鼓脹症で必ずみられるわけではなく、低 pH は鼓脹発症の必須条件ではない [5]。したがって両者は分けて考える必要がある。ちなみに2019年4月現在で文献検索をすると、“rumen AND bloat” で107編、“rumen AND acidosis” で648編の学術論文が、それぞれ表示される。いずれも初発文献は1950年代に遡る。一方、“rumen AND SARA” (SARA, sub-acute acidosis: 亜急性アシドーシス) で検索すると、143編がヒットし、いずれも直近17年限定となる。つまり、研究対象として鼓脹症もアシドーシスも60年以上にわたり扱われている課題であり、とくに近年はSARAが注視されていることがわかる。

### 【鼓脹症の発症機序】

鼓脹症には、栄養価の高いマメ科牧草の草地へ放牧した時に発生する pasture bloat と濃厚飼料多給を特徴とする肥育牛に発生する feedlot bloat があるが、後者はわが国の肥育牛の疾病の3割近くを占める。ルーメンでは常時各種のガス (主に二酸化炭素とメタン) がルーメン発酵の最終産物としてつくられる (二酸化炭素 45-70%、メタン 25-30%)。ルーメンで生成したガスは主としてあいきで排出される (10-50L/時) ため、何らかの原因であいき反射が抑制、阻止されるとたちまちガスはルーメンに蓄積し、膨張したルーメンは腹腔のみならず胸腔をも圧迫する。食滞から昏倒、呼吸困難まで症状は軽微なものから重篤なものまで多岐にわたる。

ルーメン内容物は起泡性があるが、通常、泡は消えやすく量も多くない。しかし鼓脹症ではタンパク質様の薄膜にガスが閉じ込められた泡が形成されるため泡は強固で消えにくく、本来あいきで排出される遊離ガス層の形成はおこらない。また泡沫のためにルーメン内容物の容積が増大し、しだいにルーメンは膨張する。このように鼓脹症はルーメン内容物中に安定な泡沫

が発生することが主因で発症する。実験的にも飼料条件を操作し (大麦、大豆粕、アルファルファミールなどを高比率で配合)、泡沫性状をつくり、発症を誘起することが可能である。発症の直因は、泡沫を安定化する (消泡に阻害的に働く) 粘張物質であり、pasture bloat では、牧草中の可溶性蛋白質、脂質、タンニンおよびサポニンなどが関与すると考えられている一方、フィードロット鼓脹症では、ルーメン内容物の粘張度が微生物由来の多糖類の濃度と相関することから、これが泡沫形成物質であると考えられている。とくに *Streptococcus bovis* がこういった粘性多糖を生成するので、主な起因菌と考えられている [4]。本菌は実際濃厚飼料多給時にルーメン内で存在比率をあげる。一方、飼料形状から見た場合、濃厚飼料の粒度が細かいほど、また粗飼料の長さが短いほど鼓脹症の発生率は高く、重症となりやすい。動物側の要因としては、ルーメン内揮発性脂肪酸濃度の上昇に起因するルーメン運動、あいき反射、唾液分泌の抑制などが考えられており、唾液中のある種のムコ蛋白質が本症発症の重要な要因である可能性も指摘されている。

以上のように鼓脹症、とくにわが国で問題となっている feedlot bloat は、主に飼料条件とそれに対応するルーメン微生物相の適応関係のほころびから生じる問題であるため、破綻の起きないような、もしくは破綻を修復するような予防・治療策が必要となる。ただし、同一の飼養管理条件でも発症する個体としない個体がみられるので、家畜の遺伝的な素質が発症に関係していることも指摘されている [5]。

### 【鼓脹症の予防・治療】

本症の予防のためには、マメ科植物や濃厚飼料の多給を避けることが重要であるが、後者は現状の肥育体系では避けて通れないところである。そのため、症徴の早期発見と対処が望ましい。加速度センサをルーメン内に留置し、収縮運動をモニタリングすることで、鼓脹症の診断や早期発見が可能となっている [18]。しかしながら、普及応用を考えると道のりは遠い。

一方、飼料添加物などの活用という予防策がより現実的となっている。これまでにルーメン発酵制御剤として鼓脹症に有効なものはいくつ

か知られているが、モネンシンやサリノマイシンといったイオノフォア抗生物質が特に有効であることは古くから指摘されている [6, 21]。しかし EU でこれら成長促進剤としての抗生物質が撤廃され、世界的にこれらの使用は頭打ちになる一方、代替物の探索が活発になっている。その中で鼓脹に有用と認められるものが、中鎖脂肪酸である。とくにラウリン酸にルーメンでの泡沫形成の抑制や消泡効果があるとの報告がある (表 1) [23]。最近では、メタン低減効果で注目されたカシューナッツ (*Anacardium occidentale* L.) の殻液 [22] において、ラウリン酸と同様のルーメン液の物理性改善効果が報告されている (表 2) [10]。カシューナッツ殻液を調合した鼓脹症の予防・治療用の製剤がすでに国内で開発され、市販されており、鼓脹症の予防以外にも有益な効能 (抗アシドーシス等) が報告されている。ラウリン酸やカシューナッツ殻液は、いずれも鼓脹症の有力な起因菌とされる *S. bovis* の生育抑制効果を有し、本菌の異常増殖や粘性物質の生成を抑制する。カシューナッツ殻液の作用の本体は殻液に含まれるアルキルフェノールであるアナカルド酸の界面活性作用であり、これが選択的な抗菌効果を保証している [14]。*S. bovis* は 200ppm のカシューナッツ殻液存在下で菌細胞表面が崩壊し、増殖不能となることが電顕観察で明らかである (図 1) [13]。ヒノキから抽出されたヒノキチオールに

も抗鼓脹効果があり、特に有機酸混合物 (クエン酸主体) との併用で、ルーメン液の消泡が促進される [9]。以上のように、いくつかの抗鼓脹効果のある素材がみつかり、野外での効果の検証と普及が急がれる。

### 【アシドーシスの発症機序】

ルーメンアシドーシスには急性 (acute rumen acidosis, ARA) と亜急性 (SARA) がある。牛が易発酵性の炭水化物を多量に摂取した場合にルーメン内で *Lactobacillus* や *S. bovis* などの乳酸生成菌が大量に増殖し、乳酸がルーメン内に蓄積することで pH が 5 以下になるとともに、食欲喪失、乳量激減、横臥、起立不能などの臨床症状を示すのが ARA である。SARA においては乳酸の蓄積はわずかながらも揮発性脂肪酸濃度が高まり、pH 低下を招く。重篤な臨床症状はないものの、飼料摂取量の低下、蹄葉炎、パラケラトシス、肝膿瘍、下痢、乳脂率の低下などが生じるため、成長や生産成績の低下に大きく関わってくる。実際の現場では ARA よりも SARA の頻度が高く、長期にわたることが多いため、特に乳牛において問題化している。泌乳初期および中期の泌乳牛において、各々 19% および 26% が SARA に罹患し、その経済損失は罹患牛一日当たり 1.12 米ドルと推定されている [3]。周産期における飼料の変化、とくに泌乳ピークに向けての濃厚飼料給与増加

表 1 ラウリン酸給与が肥育牛ルーメン液の物理指標に及ぼす影響 (Yabuuchi et al., 2007)

物理指標	ラウリン酸給与レベル (g/d/head)			P 値
	0	25	50	
粘度 (cP)	4.71	3.29	3.17	0.09
IVI* (%)	27.1	26.1	25.7	0.72
sIVI** (%)	23.5	17.1	15.0	0.0001

\* Ingesta volume increase (泡沫形成度)

\*\* Stable ingesta volume increase (泡沫安定度)

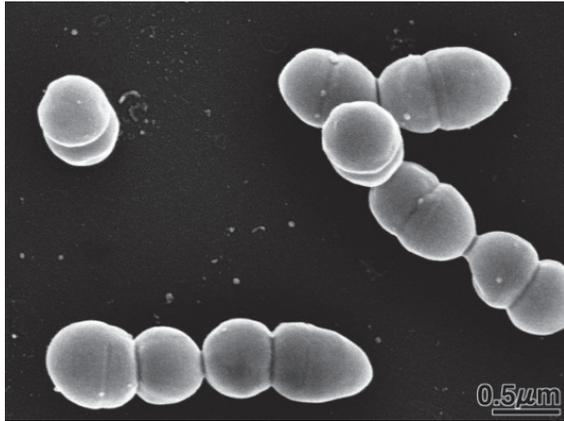
表 2 カシューナッツ殻液 (CNSL) 給与がめん羊ルーメン液の物理指標に及ぼす影響 (Kang et al., 2018)

物理指標	給与前	低 CNSL 期 *		高 CNSL 期 **		給与中止		P 値
		Week 1	Week 2	Week 1	Week 2	Week 1	Week 2	
粘度 (cP)	4.5	3.6	2.8	2.4	2.8	2.8	3.6	0.045
IVI (%)	7.7	6.7	3.5	1.7	1.8	6.2	6.8	0.006
sIVI (%)	6.3	5.8	2.8	1.3	1.2	4.5	5	0.004

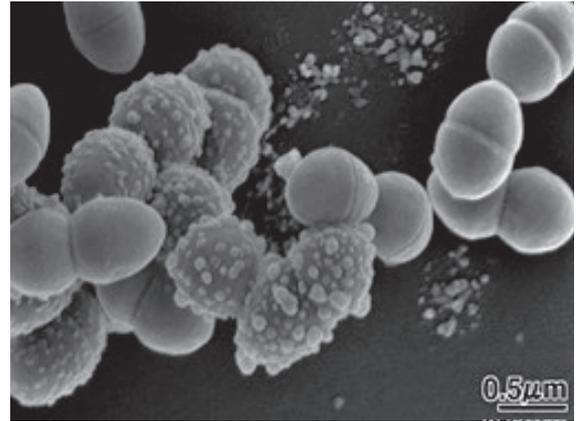
\* 2g/100kg 体重

\*\* 4g/100kg 体重

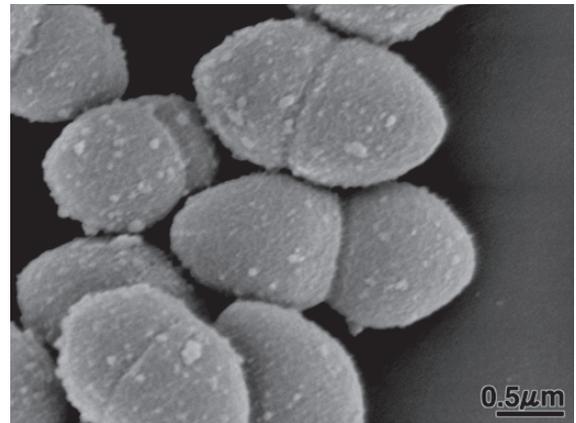
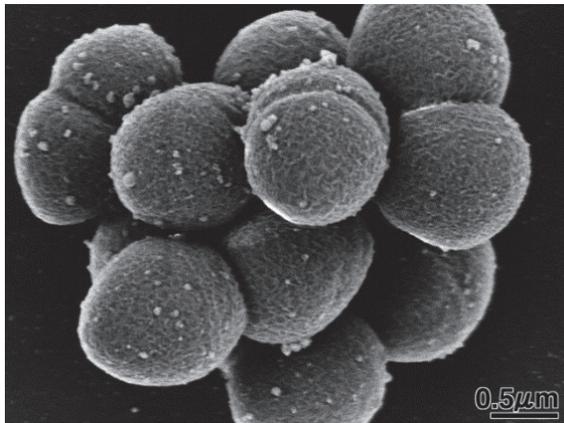
無添加



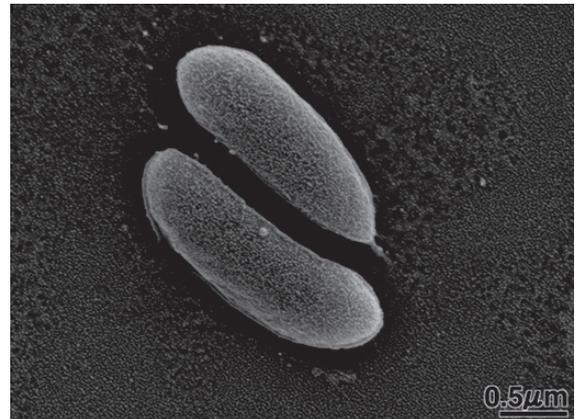
カシュー殻液添加



*Streptococcus bovis*



*Megasphaera elsdenii*



*Selenomonas ruminantium*

図1. カシューナッツ殻液暴露時 (200μg/ml) のルーメン細菌の形態変化  
乳酸生成菌 (*S. bovis*) には細胞表面に著しい損傷が生じ生育阻害がおこるが、乳酸利用菌 (*M. elsdenii* および *S. ruminantium*) には変化がなく通常どおり増殖する

にルーメン微生物相の適応が不調に終わった場合に発症することが多い。肥育牛においてもSARAは発症し、前掲の鼓脹症（慢性）との併発もある。実際起因菌のひとつ（*S. bovis*）は両者で重複する。

SARAの定義は「pH5.6以下が一日あたり3時間」または「pH5.8以下が5-6時間以上」となっている。このようなルーメンpHの閾値は、でんぷん等の発酵性炭水化物の急激な発酵を回避するための保留場となる微生物（プロトゾア）や、ルーメンで生じた乳酸を消費する細菌（主要なものとして *Megasphaera elsedenii* および *Selenomonas ruminantium* が知られる）の活性維持と大きく関りあっている。上記の閾値以下の時間が長くなると、これらの微生物が活性を下げ、または死滅し、正常な微生物相の維持は困難となり、アシドーシスが発症する。これにともない脆弱角質化したルーメン上皮から細菌やエンドトキシン（死滅した菌から遊離）が侵入し、肝膿瘍や蹄葉炎などの関連疾患につながる[16]。蹄葉炎の遠因として、ルーメン微生物相の一部破綻によるビオチン生成の不足も考えられる。泌乳牛におけるSARAの発症は、乳脂肪率や乳量の低下、繁殖成績の低下、二次的な代謝障害の増加といった経済的損失を生むが、予防や治療のための抗菌剤を安易に使えない（乳出荷の停止などのため）。そのため、長期継続使用できる安全かつ有効な飼料素材や添加物の開発（後述）が待たれている。ARAおよびSARAの乳酸生成および同利用性のルーメン微生物、詳細な代謝経路などについては、三森の総説[15]に詳しい。SARA全般を記載したその他の総説[7]も参考にされたい。

### 【アシドーシスの予防・治療】

長時間のpH低下につながらないように、良好なルーメン環境を維持するためには、乳酸や揮発性脂肪酸の生成速度と生成量の適正化を図る必要がある。しかしエネルギー要求の高い泌乳初期や脂肪の高度沈着を図る肥育末期には、穀物主体の飼養体系にならざるを得ない。そこで現実的には起因となる特定のルーメン微生物の増殖を抑える策がとられる。代表的なのが抗生物質の添加給与であった。ポリエーテル系イオノフォア抗生物質であるモネンシンやラサロシ

ドは起因菌である *Lactobacillus* と *S. bovis* 双方の生育を阻害するため、アシドーシス予防・治療に極めて有効と言える[17]。ただし、前述の通り抗生物質の継続給与利用は今世紀初頭から見直されており、世界的に代替物の探索が展開中である。REPLACEやRUMENUPといったEUプロジェクトはこの流れにあり、500種以上の植物およびその抽出物のルーメン微生物相および発酵に対する制御機能が評価された。抗アシドーシス効果のある植物抽出物について、添加培養液のpH安定性や乳酸生成量から評価したところ、*Lactuca sativa* (lettuce) と *Urtica dioica* (stinging nettle) が優れていることが見いだされた。ただしこれらハーブのルーメン微生物に対する有効成分は不明である。

生菌製剤としてアシドーシスに有効とされるのが酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) で、ルーメンpHの安定化および乳酸利用菌の賦活化などがその作用機序として知られる[7]が、これらに加えて、酵母による溶存酸素消費を通してルーメンの嫌気度が向上したことが間接的に好影響を与えているとも考えられる。ルーメン由来の乳酸利用菌 (*Selenomonas* や *Megasphaera*) の投与も試験的にはあるものの、短期的な効果しか期待できない可能性がある[20]。その他の有用飼料素材として、鼓脹症の項で記載したカシューナッツ殻液を候補としてあげておきたい。本素材はモネンシンと類似の抗菌スペクトラムを有し、ルーメンの有力な乳酸生成菌 (*S. bovis*) に対し生育阻害を及ぼす一方、乳酸利用菌 (*M. elsedenii* や *S. ruminantium*) への阻害作用はない(図1)[19]ため、アシドーシスに対する有用な予防策に使える可能性がある。ただし、穀物多給条件でのカシューナッツ殻液投与例がないため、同条件での給与試験で効能を実証する必要がある。

### 【おわりに】

鼓脹症とアシドーシスはいずれも牛本来の主飼料ではない穀物の多給により派生する代謝障害である。障害は、まず主要消化器官であるルーメンの主役たるルーメン微生物相の攪乱に始まり、各種発酵産物の過生成、排出阻害や蓄積を経て、肝臓その他の体組織に対する負荷へと進行する。したがって予防・治療にあたっては、

発症の第一ステップである微生物相の攪乱を回避／緩和する措置が肝要である。候補素材がすでにあり、家畜生産現場に受け入れられやすい措置としては、安全な抗菌素材を含む飼料の開発が現段階では第一選択であろう。一方、家畜の遺伝特性とルーメン微生物相の関連が指摘され始めた今、近未来の対応戦略として、ルーメンに攪乱の生じにくい家畜個体の選抜なども考えられる。

### 【謝辞】

本稿に記載した知見の一部は、小林が代表者である科学研究費・基盤 (B) 18H02322 (2018-2021)、同 23380156 (2011-2013)、同 20380146 (2008-2010)、農水省・新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 (2008-2010) の成果によるもので、ここに深謝します。

### 【引用文献】

- [1] Allison, M. J. 1993. Microbiology of the rumen and small and large intestines, In *Dukes' Physiology of Domestic Animal* 11th edition, Swenson, M. J. and Reece, W. O. (Eds.) Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press, Ithaca and London. pp. 417-427.
- [2] Brulc, J. M., Antonopoulos, D. A., Miller, M. E., Wilson, M. K., Yannarell, A. C., Dinsdale, E. A., Edwards, R. E., Frank, E. D., Frank, J. M., Emerson, J. B., Wacklin, P., Coutinho P. M., Henrissat, B. K., Nelson, E. and White, B. A. 2009. Gene-centric metagenomics of the fiber-adherent bovine rumen microbiome reveals forage specific glycoside hydrolases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106: 1948-1953.
- [3] Enemark, J.M. 2008. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review. *Vet. J.* 176: 32-43.
- [4] Herrera, P., Kwon, Y.M., Ricke, S.C. 2009. Ecology and pathogenicity of gastrointestinal *Streptococcus bovis*. *Anaerobe.* 15: 44-54.
- [5] 星野貞夫. 1983. 牛の鼓脹症と反芻胃性状. 日畜会報. 54: 153-164.
- [6] 星野貞夫・脇田正彰・小林泰男・大久保正彦・中嶋隆文・清水良彦・高野司郎・工藤英彦. 1986. 鼓脹症牛の第一胃性状およびサリノマイシン投薬に治療効果. 日畜会報. 57: 833-841.
- [7] Humer, E., Petri, R.M., Aschenbach, J.R., Bradford, B.J., Penner, G.B., Tafaj, M., Sudekum II, K.-H. 2018. Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 101: 872-888.
- [8] Ichimura, Y., Yamano, H., Takano, T., Koike, S., Kobayashi, Y., Tanaka, K., Ozaki, N., Suzuki, M., Okada, M., Yamanaka, M. 2004. Rumen microbes and fermentation of wild sika deer on the Shiretoko peninsula of Hokkaido island, Japan. *Ecol. Res.* 19:389-395.
- [9] Ishii, J., Omura, H., Mitsui, T., Eguchi, N., Ueno, T., Goto, H., Ito, H. 2012. Effects of a combination of hinokitiol ( $\beta$ -thujaplicin) and an organic acid mixture on ruminal fermentation in heifers fed a high-grain diet. *Anim. Sci. J.* 83: 36-42.
- [10] Kang, S., Suzuki, R., Suzuki, Y. Koike, S., Nagashima, K. Kobayashi, Y. 2018. Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. *Anim. Sci. J.* 89:1549-1555.
- [11] Kobayashi, Y. 2006. Inclusion of novel bacteria in rumen microbiology: needs for basic and applied science. *Anim. Sci. J.* 77: 345-385.
- [12] 小林泰男. 2008. 反芻動物消化器官における微生物の増殖, 微生物増殖学の現在・未来 (福井作蔵 編), 地人書館, 東京. pp.284-297.
- [13] 小林 泰男, 2012. 新しいルーメン発酵調節物として期待されるカシュー殻液製剤, MP アグロジャーナル. 7月号: 15-18.
- [14] Kobayashi, Y., Oh, S., Myint, H., Koike, S. 2016. Use of Asian selected agricultural byproducts to modulate rumen microbes and fermentation. *J. Anim. Sci. Biotech.* 7: 70.
- [15] 三森真琴. 2012. 亜急性アシドーシスにおけるルーメン微生物の動態. 日獣会誌. 65: 503-510.
- [16] 元井霞子. 2004. ルーメン環境の変化と反芻動物の疾病. 新ルーメンの世界 (小野寺良次監修・板橋久雄 編). 農山漁村文化協会. 東京. pp. 560-593.
- [17] Nagaraja, T.G., Avery, T.B., Bartley E.E., Glitzer, S.J., Dayton, A.D. 1981. Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid and monensin. *J. Anim. Sci.* 53: 206-216.
- [18] Nogami, H., Arai, S., Okada, H., Zhan, L., Itoh, T. 2017. Minimized bolus-type wireless sensor node with a built-in three-axis acceleration meter for monitoring a cow's rumen conditions. *Sensors (Basel).* 17: 687.
- [19] Oh, S., Suzuki, Y., Hayashi, S., Suzuki, Y., Koike, S., Kobayashi, Y. 2017. Potency of cashew nut shell liquid in rumen modulation under different dietary conditions and indication of its surfactant action

- against rumen bacteria. *J. Anim. Sci. Technol.* 59: 27.
- [20] Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R. 1998. Acidosis in cattle – a review. *J. Anim. Sci.* 76: 275-286.
- [21] Sakauchi, R., Hoshino, S. 1981. Effect of monensin on ruminal fluid viscosity, pH, volatile fatty acids and ammonia levels, and microbial activity and population in healthy and bloated feedlot steers. *Z. Tierphysiol. Tierernahrg. u. Futtermittelkde.* 46: 21-33.
- [22] Watanabe, Y., Suzuki, R., Koike, S., Nagashima, K., Mochizuki, M., Forster, R.J., Kobayashi, Y. 2010. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. *J. Dairy Sci.* 93: 5258-5267.
- [23] Yabuuchi, Y., Tani, M., Matsushita, Y., Otsuka, H., Kobayashi, Y. 2007. Effects of lauric acid on physical, chemical and microbial characteristics in the rumen of steers on a high-grain diet. *Anim. Sci. J.* 78: 387-394.
- [24] Yamano, H., Ichimura, Y., Sawabe, Y., Koike, S., Suzuki, Y., Kobayashi, Y. 2019. Seasonal differences in rumen bacterial flora of wild Hokkaido sika deer and partial characterization of an unknown bacterial group possibly involved in fiber digestion in winter. *Anim. Sci. J.* in press.

## Improvement of ruminant productivity and prevention of metabolic disorder by regulating gut microbiota

Yasuo Kobayashi

Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University  
060-8589 Kita 9 Nishi 9, Kita-ku, Sapporo, Japan  
Tel/Fax: +81-11-706-2476  
E-mail: kyas@anim.agr.hokudai.ac.jp

### **[Abstract]**

The rumen is a huge microbial residence of ruminant animals in which active fermentation occurs via symbiotic microbial activity. These microbes convert hardly digestible plant materials into beneficial fermentation products such as volatile fatty acids as energy source for host animals. Although the microbiota is a fairly stable ecosystem, recent feeding system using a high grain diet focusing on higher animal productivity often causes abnormal rumen fermentation leading to metabolic disorders known as bloat and acidosis. These disorders do not directly cause animal death, but reduce appetite and hamper normal growth and production for a long period of time, which could be a significant risk factor in farm economy. Although the mechanisms involved in bloat and acidosis have not been fully clarified, increase and/or decrease in abundance for specific group of rumen microbe are often observed. Therefore, regulation of these microbes to stably maintain rumen ecosystem is a key for the prevention and cure of the above rumen disorders. This mini-review describes cause, occurrence, prevention and cure of bloat and acidosis in cattle.

**Keywords:** acidosis, bloat, fermentation, microbiota, rumen