

推奨研究

子牛の消化管細菌叢と成長

小池 聡

北海道大学大学院農学研究院

(〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目)

TEL : 011-706-2812

FAX : 011-706-2814

【はじめに】

動物の消化管内には多種多様な細菌が生息し、ヒト大腸内細菌は500種以上にのぼると考えられている。これら消化管細菌は宿主の栄養、免疫および生理機能の健全な働きに深く関わっている。通常、消化管細菌叢は健全なバランスを保っているが、それが崩れると様々な疾病の要因となる。そのため、ヒトの消化管細菌に関する研究は多くの研究者が精力的に取り組んでおり、情報が蓄積している。一方、ウシに代表される反芻家畜においても成畜の第一胃（ルーメン）内細菌叢の解析は数多く報告されており、少なくとも400種が複雑な生態系を形成していると考えられる。このような複雑な菌叢が絶妙なバランスで機能する事で効率の良い草食性栄養システムが構築されている。一方、反芻動物は単胃動物に比べて成長に伴う消化管構造の発達が複雑であり、発育に伴うルーメン細菌叢の変化に関する報告は限られている。以下、これまでにわかっている知見をまとめた上で今後の展望について考えてみたい。

【ルーメンの発達と細菌叢の変化】

子牛は生まれてから一週間ほど牛乳(代用乳)を与えてから徐々に固形飼料に切り替えて3ヶ月程度で離乳するのが一般的な飼養管理である。生後2週間ほどすると子牛は敷料の乾草を口に始め、3ヶ月後には本格的に牧草を食べ

始める。この間、胃構造は草食性に適応するべく急速に発達し(図1)、ルーメンの相対的発育(複胃に占めるルーメンの割合)は3ヶ月齢までつづく。それに伴い細菌叢も大きく変化する(図1)。子牛ルーメンには母獣との接触などにより出生直後から他種類の細菌が侵入する。ルーメン内細菌数は出生後すみやかに増加し、最初の数日は連鎖球菌や大腸菌が最優占種となる。生後2週間頃から乳酸菌群が増加し始め、3ヶ月頃に成牛と同じ程度の菌数になる。セルロース分解菌は早い段階で出現し、ほ乳中の生後1週目で検出されるようになる。牧草を十分に摂取した子牛では生後3ヶ月でセルロース分解菌数は成牛と同程度になる。また生後2ヶ月程度で菌叢のバランスは安定し(図1)、概ね菌叢構成は成牛と同じになると考えられる。

菌叢の変化は飼料分解に寄与するだけでなく、ルーメン乳頭の発達にも深く関わっている。粗飼料を摂取し始めるとルーメン壁が粗飼料により物理的刺激を受け、ルーメン乳頭の発達が促される。しかし、物理的刺激だけでは不十分で、そこにルーメン細菌の主要発酵産物である揮発性脂肪酸(VFA)が存在することでより乳頭の発達は促進される。したがって、細菌叢が粗飼料摂取に対応して変化することで、ルーメン機能の発達が適切に促され、その後の健全な成長につながる。つまり、ルーメン細菌と反芻動物は出生直後から共生関係にあり、ほ乳期か

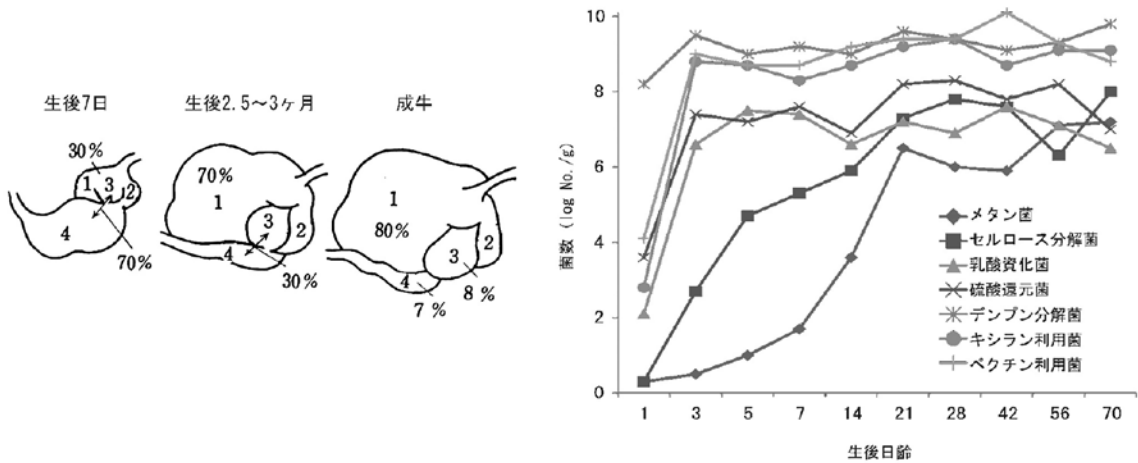


図1 生後日齢にともなう子牛のルーメン発達と細菌叢変化
(左図：畜産図説より引用 右図：Minatoら、1992のデータをもとに作成)

ら離乳を経て牧草主体の飼料を食べ始めるまでの間にいかにスムーズな細菌叢変化を促すかが最終的な反芻家畜生産性において重要である。

[消化管細菌叢と疾病]

生後1ヶ月以内の子牛では大腸菌感染による下痢や敗血症が死亡・淘汰の主な原因のひとつである。大腸菌は動物腸内の常在菌であり牛の消化管にも存在する。すべての大腸菌が病原性を有するわけではなく、特定の菌株が病原性を有する。成牛では大腸菌による感染症は散発的で、感染しても軽微な炎症でとどまるが、免疫系が十分に発達していない子牛では集団感染が起こることもある。

一方、成牛において近年とくに問題となっているのは濃厚飼料多給にともなうルーメン発酵異常が引き起こす代謝障害である。代表的な代謝障害疾病であるルーメンアシドーシスの発生機序を図2に示す。乳牛の乳量増加や肉牛の産肉量・脂肪交雑の向上を目的として牛の飼養管理は濃厚飼料を多給する傾向にある。穀物主体の濃厚飼料はルーメン分解性の高いデンプンの含量が高く、ルーメン内で急速に分解発酵を受ける。これにより産生される発酵産物(揮発性脂肪酸などの有機酸)がルーメン内に蓄積

し始め、ルーメンpHは低下する。多くのルーメン細菌は低pHに耐性がないため活性が落ちるのに対し、デンプン分解性の乳酸菌である *Streptococcus bovis* はpHの低下に影響を受けない。*S. bovis* のルーメン内での密度は通常1%以下であるが、濃厚飼料多給によるpH低下により他菌の活性が下がると急速に増加をはじめ。その結果、*S. bovis* の産生する乳酸によりルーメン内のpHはさらに低下し、*S. bovis* や他の乳酸菌がさらに増殖を続ける。こうしてルーメン内で大量に産生された乳酸が吸収されると血液のpHが低下しアシドーシスを引き起こす。

ルーメンアシドーシス発症牛は食欲減退、元氣消沈、ルーメン運動低下の症状を示し、重症になると起立不能となり昏睡状態に陥る。肥育後期に濃厚飼料の給与量が急激に増加する肉牛で特にルーメンアシドーシスの発症が問題となっており、オーストラリアのフィードロットではルーメンアシドーシスによる損失額は900万豪ドルと見積もられている。さらに、ルーメン内の乳酸増加はルーメン粘膜上皮細胞の代謝に悪影響を与え、不全角化症を引き起こす。組織が脆弱化したルーメン粘膜は飼料などの物理的刺激により容易に損傷し第一胃炎に発展する。ルーメン常在菌である *Fusobacterium*

*necrophorum*は損傷したルーメン粘膜から血管内へ侵入し、最終的に肝臓へ運ばれて肝腫瘍を引き起こす。

ルーメンアシドーシスや第一胃炎の予防にイオノフォア系抗生物質が有効であることが知られている。これは抗生物質がルーメン細菌叢を変化させることで乳酸産生量を減少させることによるものであり、細菌叢の適切なコントロールが疾病予防につながることを示している。

【健全な成長を図るためのアプローチ】

イオノフォア系抗生物質をはじめ、ルーメン細菌叢を変化させて発酵を制御する試みは精力的に続けられている。しかし効果の持続性や個体差など必ずしも一定の効果が得られないケースが多い。成牛では堅牢なルーメン細菌叢が形成されており、そのバランスを自由自在に変化させることが容易ではないことに起因する。そこで、ルーメン細菌が定着する前の若齢期を狙って細菌叢をコントロールすることができ

ば、ルーメン発酵制御につながる可能性が考えられる。以下に初期飼養条件の違いがルーメン細菌叢形成に及ぼす影響に関する一例を紹介する。

若齢期に高エネルギー飼料を摂取すると成長後もエネルギーの利用効率が高いまま維持されることが知られており、これは代謝生理的インプリンティングと呼ばれている。そこで14頭の子牛を2群に分け、10ヶ月齢まで対照区は通常ほ乳と乾草のみによる育成、処理区は高エネルギー飼料によるほ乳および育成を実施した。10ヶ月齢以降は両区ともにまったく同じ粗飼料のみで肥育した。その結果、27ヶ月齢において体重で約100kgの差が生じた。このような飼養条件で育てた牛のルーメン発酵パラメーターと細菌叢を解析したところ、同じ飼料を給与しているにもかかわらず27ヶ月齢時でもルーメン発酵および細菌叢は両区で異なっていた。この結果は初期の飼養条件により変化したルーメン細菌叢が成牛になっても維持され、

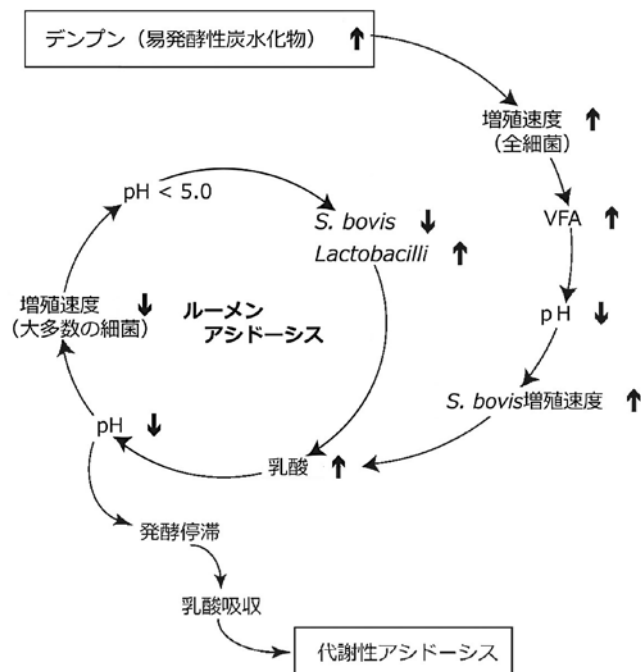


図2 反芻家畜におけるルーメンアシドーシスの発生機序 (Nocek, 1997を改変)

結果として発酵に影響を与えることを示している。今後、飼料添加物などにより子牛に望み通りのルーメン細菌叢を定着させることができれば、成牛のルーメン発酵制御につながるかもしれない。

[引用文献]

1. Bryant, M. P., Small, N., Bouma, C. and Robinson, I. 1958. Studies on the composition of the ruminal flora and fauna of young calves. *Journal of Dairy Science*. 41: 1747-1767.
2. Minato, H., Otsuka, M., Shirasaka, S., Itabashi, H. and Mitsumori, M. 1992. Colonization of microorganisms in the rumen of young calves. *Journal of General and Applied Microbiology*. 38: 447-456.
3. Nocek, J. E. Bovine acidosis: implications on laminitis. 1997. *Journal of Dairy Science*. 80: 1005-1028.
4. Shu, Q., Gil, H. S., Hennessy, D. W., Leng, R. A., Bird, S. H. and Rowe, J. B. 1999. Immunisation against lactic acidosis in cattle. *Research in Veterinary Science*, 67: 65-71.
5. 新版畜産図説, 1992, 新農業教育研究会編, 農業図書, 東京

Gastrointestinal microflora and growth in calf

Satoshi Koike

Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University
(Kita 9, Nishi9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan)