

微生物の発酵槽としてのルーメン環境

第一胃内では、そこに生息する微生物による消化機能に最適な環境が維持されていなければなりません。維持しなければ生産に影響を与えます。第一胃内の環境要因としては、pH(酸性かアルカリ性かの指標)、酸化還元電位(好気性か嫌気性かどうかの指標)、浸透圧(水が組織に入り込みやすいかどうかの指標)、温度、内容量が主なものとなっています。

1. pH

第一胃内 pH には、微生物の活動、第一胃壁からの物質の吸収、飲水、第一胃内での存在する物質の濃度、唾液の分泌量等が関与しています。

第一胃のさまざまな機能に関与しているすべての化学反応は、微生物が体外に出す酵素および体内に存在する酵素によって行なわれています。各々の酵素にはその酵素がもっとも良く働く pH があり、ほとんどが弱酸性(pH6~7)で最も活性が高くなっています。そのため、第一胃内の pH は、通常、弱酸性(pH6~7)に維持されていなければなりません。

1) 揮発性脂肪酸とアンモニア

飼料の分解の結果生じる酢酸、プロピオン酸、酪酸などの揮発性脂肪酸は酸性でルーメン内の pH を低下させる作用をもっています。逆に、蛋白質の分解および尿素などの非蛋白態窒素化合物から生じるアンモニアは pH を上げる作用を有しています。これら揮発性脂肪酸やアンモニアはルーメン壁から吸収されますが、これらの生成速度に違いがあり、一般に飼料の摂取後 pH は低下し、その後、次第に上昇する傾向を示します。

2) 唾液

唾液は pH の変化を和らげる緩衝能をもつアルカリ性の溶液で、揮発性脂肪酸の産生によって酸性に傾きがちなルーメン pH を高める(中和する)働きがあります。唾液にはナトリウムイオン、重炭酸イオンが重炭酸ナトリウム(重曹)として多く含まれ、この他リン酸イオン、カリウムイオン、塩素イオンも含まれています。その分泌量は、成牛で 1 日当たり 100~200 リットルになります。人の唾液には消化酵素が含まれていますが、牛の唾液には含まれていません。

唾液の分泌には咀嚼、反芻が関与しており、粗飼料不足の場合は咀嚼回数が低下し、これに伴って唾液分泌量が低下し、pH 低下に対する緩衝能力が低下します。乳牛が暑熱ストレスを受けている場合も、唾液分泌量、重炭酸イオン含量の低下が起り、pH 低下に対する緩衝能が低下します。

3) 揮発性脂肪酸の吸収

揮発性脂肪酸は第一胃壁から速やかに吸収され、吸収後、血流によって運ばれ、乳生産等に利用されます。このように、ルーメン胃壁からの揮発性脂肪酸の吸収によっても、ルーメン内の揮発性脂肪酸の濃度が保たれるようになっています。また、第 3 胃以降への内容物が流出することも、ルーメン内の揮発性脂肪酸の濃度を一定にして pH を保つことに寄与しています。

4) pH が低下した場合

通常、ルーメン内の pH は一定の範囲内に維持されていますが、分解が早く発酵が容易な糖類、でんぷん質を多く含む濃厚飼料を多く給与した場合、pH が低下してしまう場合があります。そのような場合、第一胃内の微生物の種類、機能が変化し、とくに繊維成分の分解に関与する微生物が影響を強くうけます。その結果、繊維成分の消化率の低下がおこりルーメンの発酵はプロピオン酸主体のものとなり、乳脂肪の原料となる酢酸の比率が低下します。この結果、乳脂率の低下がみられ、酪農経営上重大な問題になってしまいます。さらにルーメン内の pH が低下した場合はルーメン内に乳酸が蓄積してしまい、ルーメンの運動の停止、微生物の死滅、乳牛の食欲減退がおこるアシドーシスという状態になります。このような状

態が続くとルーメンの表面が角化し、ルーメンパラケラトシスという状態を経て、肝臓に膿がたまる肝膿瘍という病気になってしまいます。

また、乳牛に多く発生する第4胃変位の原因の一つとして、ルーメン内 pH の低下があるとされています。ルーメン内の pH を正常に保つためには、濃厚飼料の多給を避け、適切な粗濃比での飼料を給与すること、粗飼料の切断長を長くすること、急に濃厚飼料の給与量を増加させないこと、給与回数を増やすこと、TMR を活用することなどがあげられますが、一番大切なことは良質な粗飼料を十分給与することです。

また、乳牛が暑熱ストレスをうけているときはルーメンの pH が低下しやすいので、通風、夜間の飼料給与、水の噴霧、飲用水の確保などの暑熱対策もルーメン内の pH を正常に保つために必要になっています。また、ルーメン内の pH の低下を防止し、繊維成分の消化率、乳脂肪率を正常に保つために重炭酸ナトリウムなどの緩衝剤を給与することが行なわれていますが、効果については一定の結果は得られていません。

2. 酸化還元電位

乳牛のルーメン内は、酸素がない嫌気の状態になっています。そのため、飼料の消化、分解に関与している微生物は、酸素があると生存できない嫌気性であり、第一胃内の嫌気度の指標である酸化還元電位は低く維持されていなければなりません。第一胃内の酸化還元電位は、 -250mv 程度であり、著しい嫌気状態にあります。第一胃内には飼料、飲水からの酸素の流入、血液から酸素が入ってきますが、第一胃内に進入した酸素は通性嫌気性細菌（酸素があってもなくても生活できる細菌）によって消費され、嫌気状態が維持されています。さらに、飼料の消化・分解過程で生じる水素等の還元物質も嫌気性の維持に関与しています。第一胃内で発生する水素がメタンの形で排泄され、嫌気状態が必要以上に進むことを防止しています。

3. 浸透圧

第一胃内の浸透圧もまた、第一胃内微生物の活性、物質の存在形態等に関与しています。浸透圧は、通常、 $250\sim 350\text{mosm}$ （血液の浸透圧よりやや低い）の間で推移しています。浸透圧を上げる要因としては、第一胃液への飼料からのミネラル溶出、飼料の分解、消化による揮発性脂肪酸、アンモニアの発生、唾液からのナトリウムイオン、重炭酸イオン、塩素イオン、リン酸イオン等の供給があります。第一胃液中の揮発性脂肪酸、アンモニア、各種ミネラルは第一胃壁からの吸収、第3胃以降への流出によって第一胃液から除去され、第一胃内の浸透圧は維持されているほか、飲水による希釈も浸透圧を低める作用をもっています。

4. 温度

第一胃の温度は $38.5^{\circ}\text{C}\sim 39.5^{\circ}\text{C}$ で推移しており、体温より $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高いのが常態です。この範囲外では微生物の活性が低下してしまいます。第一胃内で発生する熱は、飼料の消化過程において発生する発酵熱です。第一胃内で発生した熱は血液によって運ばれ最終的には体表面から、体外へ放出されています。また、飲水、飼料の摂取も第一胃の温度を下げる作用をもっています。このように第一胃内で発生する熱と排泄される熱、飼料、水の温度上昇に使われる熱とが釣りあっているため、第一胃の温度はほぼ一定の範囲内で推移しています。

5. 内容物

第一胃内の内容量は、通常、体重の $10\sim 20\%$ の間で推移しています。飼料摂取により増加し、微生物の消化による分解・消失、第3胃以降への流出によって減少します。

このようにルーメンは絶妙な物質収支で微生物の活動を最適にするようにコントロールされています。このコントロールを乱す最も大きな要因は飼料の給与です。むやみな濃厚飼料の給与などルーメン環境に悪影響を及ぼす飼料給与を控えるような細心の注意が必要です。