

## 酪農・豆知識 第 79 号

## 第一胃における飼料の分解と通過速度

乳牛のような反芻動物には胃が 4 つあり、そのうち第一胃(ルーメン)が単胃動物には利用できない繊維成分や尿素などの非蛋白態窒素の利用、ビタミン B 群の合成などを行い、これが乳牛はじめとする反芻家畜の栄養生理上の特徴となっています。この第一胃の働きを理解し、その機能を最大限に生かすことが重要です。

## 1. 反芻・第一胃運動

第一胃の環境を維持し、消化吸収と深い関係があるものに、反芻、第一胃の運動があります。反芻は第一胃内容物の吐き戻しから始まり、約 1 分間の間に 50 回程度咀嚼し、再嚥下(飲み込む)をします。反芻は飼料摂取後 3~4 時間後に始まり、1 回約 30 分~60 分、次の採食まで断続的に持続します。1 日当たりの総反芻時間は 6~10 時間です。

反芻の機能として、唾液を第一胃の内容物と混合する、飼料を 10mm 以下まで微細化することなどがあります。反芻時間、反芻回数は、粗飼料の割合が多くなるほど増えます。乾草 1kg 当たりの反芻回数は、約 5000 回、時間としては 90 分程度です。また、飼料が穀物のみであるなど粗飼料の割合が少ない場合、あるいは、粗飼料を微粉した場合などは、極端に反芻回数が減り、また、そのパターンも異常になります。逆に、粗飼料の給与量が多く、それが 2 番草や暖地型牧草など粗剛で硬く、リグニン含量が高い場合などは、反芻時間、回数とも増える傾向にあります。

また、反芻行動には、環境要因も影響していることが考えられます。夜間の照明により反芻回数、時間が低下することが報告されており、また、乳牛が暑熱、移動等のストレスをうけているとき反芻回数、時間も低下することが報告されています。

第一胃の運動によって、内容物はよく攪拌され、pH、温度などの恒常性が維持されています。また、第一胃の運動は、内容物の移動にも関与しており、第三胃以下の下部消化管への内容物の移動量なども影響を与えています。第一胃運動の間隔は採食時で約 23 秒、反芻時に約 26 秒、休息時に約 29 秒であり、採食中の頻度が最も高くなっています。第一胃の運動は、第一胃内の pH が低くなるほど抑制され、血中のグルコース含量が高い場合も抑制されます。環境温度が高い場合も第一胃の運動は抑制されます。第一胃の運動を正常に保つためにも、粗飼料の質、給与量が重要な役割をはたしているほか、暑熱対策もまた第一胃の運動を正常に保つのに必要になっています。

## 2. 飼料の微細化

摂取された飼料は、採食時および反芻時における咀嚼によって、微細化されます。微細化は飼料の表面積を増加させます。飼料は、微生物がつくり微生物の体外で働く酵素によって繊維成分、でんぷんは糖類や低級脂肪酸(VFA)に、タンパク質はアンモニアにまで分解されます。このため、表面積が大きくなればそれだけ微生物の体外で働く酵素による分解を助けることとなります。

飼料は第一胃内の分解によって水溶性になります。または微細化は飼料が液体部分と同じ動きをすることにもなりますので第一胃から下部消化管への流出を容易にします。第一胃内の固形物は長さが 1.2mm 以下になると第三胃以下へ流出可能になります。

## 3. 飼料の分解速度

飼料の第一胃内での分解に影響をあたえる飼料側の要因としては、飼料片の大きさ(粒度)、繊維成分の分解では繊維成分の含量やリグニン化の程度、タンパク質の分解ではタンパク質の構造、飼料の加熱などの処理方法などがあげられます。また、飼料には第一胃内で速やか

に分解する区分、一定の分解速度をもって経時的に分解性される区分に分けられます。これらはそれぞれの飼料の特性を表すものです。これらの区分の割合、分解速度は、通常、飼料をポリエステル製の袋にいれ、第一胃内に浸漬し、経時的に取り出した場合の時間ごとの分解率から求めることができます。これを *in situ* 法といい、NRC 飼養標準 乳牛 2001 年版では第一胃内タンパク質の分解性を測定する *in situ* 法の標準推奨手順を示しています。

また、上記の第一胃内の環境が適切に保たれていることは、微生物の活性に深く関係しているため、飼料の分解に強く影響をあたえています。とくに、pH の低下は繊維成分の分解率の低下に関係しています。

#### 4. 通過速度

飼料の消化、利用に関しては、第一胃内容物の動き、とくに第一胃の通過速度（第四胃以降への流出速度）が重要です。第一胃の通過速度を考える場合、固形状のものの区分と液状のものの区分に分けて考える必要があります。

通常、固形物の第一胃内の通過速度は、1 時間当たり、全体量の 3～5% であり、第一胃内に滞留している時間は 20～30 時間です。また、粒子の大きさが大きいものについては、40 時間以上第一胃内に滞留する場合があります。

固形状のものの通過速度に影響を与えるものとして、飼料の細切、粉碎があります。給与される飼料が細かく切断されている場合は、短時間で粒子の大きさが通過可能になるので第一胃の通過速度が速くなります。乳牛の採食量が多く、第一胃に多くの飼料が存在する場合、第一胃から飼料を押し出す力が強く働くため、短時間に第三胃以降へ流出する飼料の量が多く、第一胃の通過速度が速くなります。第一胃運動が暑熱ストレス等で抑制されているときは、第一胃から飼料を押し出す力が弱くなり、飼料の通過速度が遅くなります。

第一胃内の液状部分の通過速度は 1 時間当たり全体量の 10～20% であり、滞留時間としては、5～10 時間です。液状部分の通過速度が速い場合、飼料の分解の結果生じた糖、アミノ酸および飼料中の水溶性の成分などが第一胃内の微生物に利用される以前に第三胃以下へ流出する部分が多くなります。

また、液状部分の通過速度が速いと、増殖速度の遅い微生物は増殖することができないため、第一胃内の微生物相そのものも変化します。飼料中の濃厚飼料割合が多い場合、液状成分の通過速度は大きくなるため上記のような変化が第一胃内に起こることが報告されています。

#### 5. 消化率

消化率とは、各栄養素について、飼料から摂取された量から、糞として排泄された量を差し引いたもの(消化吸收され、体内に取り込まれた量に相当する)を飼料として摂取した量で割ったものです。消化率は第一胃内の飼料の分解性と固形状のものの第一胃通過速度との両者の影響をうけています。通過速度が遅い場合、飼料の分解が進んだ段階で第一胃から第三胃以下に流失されますが、通過速度が速い場合、分解が十分に行われる以前に第三胃以降に流出されるため消化率は低下してしまいます。このため、飼料を細かく切断、粉碎している場合、消化率の低下が現れます。この現象は第一胃で主に分解される繊維成分の消化率において最も強く現れます。

以上のことは特に蛋白質の利用効率に大きな影響を与えます。第一胃内での蛋白質分解率は、第一胃での飼料の通過速度、乾物摂取量や乳量によって変化することが知られていますので、日本飼養標準 乳牛 2006 年版では、ガイドラインとして蛋白質の分解速度と通過速度との関係から求められる有効分解率をもとに蛋白質の要求量を求めています。

また、これからの季節、外気温が高まりますので、反芻、第一胃の運動、飼料の通過速度を適正に保つためにも効果的な暑熱対策が必要です。