

# 泌乳牛におけるアミノ酸バランスと 乳生産・窒素排せつ量との関係

北海道立根釧農業試験場

酪農第一科長

扇

勉

乳牛のたんぱく質栄養に関する研究の進展は著しく、飼料のルーメン内分解性や通過速度、さらには鶏や豚のようにアミノ酸レベルでの栄養充足を考慮したモデルが提案されるようになってきた。特に高泌乳牛では乳たんぱく質の原料となるアミノ酸の供給源として、微生物たんぱく質だけでは十分ではなく、非分解性たんぱく質も重要であると考えられるようになってきた。

一方、乳合成を制限するアミノ酸に関する研究では、メチオニンおよびリジンが第1、あるいは、第2制限アミノ酸となり、フェニールアラニン、スレオニン、ヒスチジン、アルギニン、イソロイシンも制限アミノ酸となりうることが示されている。そこで、著者らは牧草サイレージ主体飼養で制限アミノ酸となり得るメチオニンを保護アミノ酸製剤として添加した試験および魚粉の給与試験を実施したので、それらの成績を中心に制限アミノ酸給与による乳たんぱく質生産の向上効果について述べます。

さらに、近年、畜産分野においても環境への窒素負荷量の低減が求められていることから、ルーメン内窒素バランスや非分解性たんぱく質のアミ

ノ酸組成を考慮して飼料設計することにより、どの程度ふん尿への窒素排せつ量を低減できるかについて述べたい。

## 1 飼料中たんぱく質の分解性とアミノ酸バランス

乳牛が摂取する飼料中たんぱく質はルーメン内微生物により分解される分解性たんぱく質と、分解をまぬがれ第4胃に達する非分解性たんぱく質に分けられる。分解性たんぱく質はルーメン内微生物によりペプチド、アミノ酸およびアンモニアに分解される。ルーメン内微生物はこれらのアミノ酸、アンモニアおよび炭水化物から微生物たんぱく質を合成する。微生物たんぱく質のアミノ酸組成(表1)は、給与飼料の違いによる差は少なく、牛乳中たんぱく質のアミノ酸組成に近い。したがって、ルーメン内微生物は飼料たんぱく質や非たんぱく質態窒素を良質なたんぱく質に変換する役割を果たしており、乳たんぱく質合成のためのアミノ酸供給源として最も重要である。

一方、非分解性たんぱく質のアミノ酸組成は飼料の種類により大きく異なる(表1)。魚粉の非分

牧草と園芸・平成9年(1997)10月号

目次

第45巻第10号(通巻536号)



生育中のF<sub>1</sub>トウモロコシ

- 府県向・今から播ける飼料作物……………表②
- 泌乳牛におけるアミノ酸バランスと乳生産・窒素排せつ量との関係……………扇 勉…1
- 暖地低標高地帯でのイネ科牧草の初冬追播技術……………佐藤 健次…5
- 府県向・今からでも間に合う自給飼料作物栽培のポイント……………八谷 寿…8
- スイートコーン新品種「ララミー112」の特性と栽培の要点……………松田 政志…12
- ウインターオーバーシード用品種ラインアップ……………表③
- 新酵素「アクレモ」入りスノーラクト-L乳酸菌……………表④

表1. 牛乳中, 組織中, 反すう胃内微生物体および飼料中非溶解性たんぱく質のアミノ酸組成(O'CONNORら,1993)(g/100g)

	牛乳中	組織中	微生物体	飼料中非溶解性たんぱく質		
	たんぱく質	たんぱく質	たんぱく質	魚粉	加熱大豆	血粉
メチオニン	2.71	2.0	2.6	2.8	1.0	1.1
リジン	7.62	6.4	7.9	7.1	5.8	9.3
ヒスチジン	2.74	2.5	2.0	2.3	3.0	6.5
フェニールアラニン	4.75	3.5	5.1	4.3	4.8	7.9
スレオニン	3.72	3.9	5.8	4.2	3.6	4.7
ロイシン	9.18	6.7	8.1	7.0	7.2	13.4
イソロイシン	5.79	2.8	5.7	4.5	4.6	0.9
バリン	5.89	4.0	6.2	4.8	4.9	9.1
アルギニン	3.40	6.6	5.1	7.2	6.4	5.0

解性たんぱく質中のアミノ酸組成は牛乳中たんぱく質のアミノ酸組成に近いが, 加熱大豆および血粉はメチオニン含量が少なく, 血粉はリジン, ヒスチジン含量が多い。したがって, 非分解性たんぱく質の供給を考える場合には, 給与割合や非分解率ばかりではなく, アミノ酸バランスを十分考慮する必要がある。

現在, コーネル大学で最初に開発された正味炭水化物・たんぱく質システム(CNCPS)に基づく飼料設計ソフトが入手でき, ルーメン内窒素・ペプチドバランスおよびアミノ酸バランスを考慮した飼料設計が可能である。しかし, CNCPSはまだ理論的段階であり, 実用的には多くの研究の積み重ねが必要と考えられることから, 当面, ルーメン内窒素・ペプチドバランスや制限アミノ酸を検討するための参考程度に利用すべきである。

## 2 保護アミノ酸製剤添加および魚粉給与による乳たんぱく質の向上

著者らは牧草サイレージ主体飼養において, 乳合成の制限アミノ酸といわれるメチオニンおよびリジンを保護アミノ酸製剤として添加した試験を2回実施した。試験1では保護メチオニン製剤(DLメチオニン量で30g)を分娩後16週間添加し, 試験2では保護メチオニン・リジン製剤(DLメチオニン量で15gとリジン量で20g)を分娩後12週間添加した。給与飼料は粗濃比50:50の混合飼料とし, 養分含量は試験1ではC P16%, TDN79%, 試験2ではC P15%, TDN77%であった。乾物摂取量は, 試験1, 2とも処理間に大きな差はなく,

採食量への影響はみられなかった。

実乳量は試験1では分娩後3~8週で添加区, 対照区各々36.9, 37.8kg/日, 試験2では分娩後3~12週で各々37.9, 38.0kg/日と処理間に差がみられなかった(表2)。保護アミノ酸添加により乳量が高まったとする報告もあるが, 多くの報告では乳量の向上効果が認められず本試験でも同様の結果であった。

乳たんぱく質率は試験1の分娩後3~8週では添加区3.07%, 対照区2.87%(表2)と, 添加区で0.20ポイント高く( $P < 0.05$ ), 分娩後9~16週でも各々3.20, 3.09%と添加区が高い傾向にあった。試験2では分娩後3~12週では添加区3.00%, 対照区2.80%と添加区で0.20ポイント高かった( $P < 0.15$ )。乳たんぱく質量は試験1では分娩後3~8週で添加区1.131kg/日, 対照区1.090kg/日と添加区が0.041kg/日多く, 試験2では分娩後3~12週で添加区1.130kg/日, 対照区1.062kg/日と, 添加区が0.068kg/日多かった。

これまでの保護アミノ酸製剤の添加試験では, 乳たんぱく質率が約0.1ポイント(0.04~0.21ポイント)高まると報告されており, 試験1, 2でも泌乳初期の乳たんぱく質率が0.2ポイント高くなった。これは牧草サイレージ主体飼養において制限アミノ酸と推察されるメチオニンが効果的に補給され, 乳たんぱく質合成が高まったためと考えられた。血清遊離メチオニン濃度は試験1では分娩後4~8週の平均で添加区, 対照区各々3.14, 2.09  $\mu\text{mol}/\text{dl}$ と添加区が1.05  $\mu\text{mol}/\text{dl}$ 高く( $P < 0.01$ ), 試験2では分娩後4~12週で添加区, 対照区各々2.57, 2.08  $\mu\text{mol}/\text{dl}$ と添加区が0.49  $\mu\text{mol}/\text{dl}$ 高く( $P < 0.01$ ), 添加区が添加量に比例して高くなり, 添加区では少なくともメチオニンが制限アミノ酸となっていなかったものと考えられた。試験2の血清遊離リジン濃度は, 分娩後4~12週で添加区, 対照区各々8.06, 7.92  $\mu\text{mol}/\text{dl}$ と両区に差がみられず, 本試験での保護リジン製剤添加の効果は少なかったものと推察された。



表2. 保護アミノ酸添加および魚粉給与試験における飼料摂取量, 泌乳成績および血清遊離アミノ酸濃度 (根釧農試, 1994, 1995)

	添加試験1		添加試験2		魚粉給与試験	
	添加区	対照区	添加区	対照区	魚粉区	対照区
<b>飼料摂取量</b>						
乾物摂取量 (kg/日)	20.8	21.4	20.5	20.1	19.5	20.3
C P 摂取量 (kg/日)	3.49	3.48	3.11	2.99	3.00	3.00
TDN 摂取量 (kg/日)	16.4	16.8	16.0	15.4	14.9	15.6
<b>泌乳成績</b>						
乳量 (kg/日)	36.9	37.8	37.9	38.0	39.6	38.6
乳たんぱく質率(%)	3.07 <sup>a</sup>	2.87 <sup>b</sup>	3.00	2.80	3.00 <sup>a</sup>	2.82 <sup>b</sup>
乳脂肪率 (%)	4.07	3.93	3.72	3.72	3.85	3.83
乳たんぱく質量(kg/日)	1.13	1.09	1.13	1.06	1.18	1.08
乳脂肪量 (kg/日)	1.50	1.49	1.41	1.41	1.52	1.48
<b>血清遊離アミノ酸</b>						
メチオニン (μmol/dℓ)	3.14 <sup>A</sup>	2.09 <sup>B</sup>	2.57 <sup>A</sup>	2.08 <sup>B</sup>	2.32	2.13
リジン (μmol/dℓ)	10.2	8.37	8.06	7.92	8.43	7.83

注) 異文字間に有意差あり (A, B ; P<0.01, a, b ; P<0.05)

次に、非分解性たんぱく質の割合が高く、メチオニンおよびリジン含量の高い魚粉の給与により、保護アミノ酸添加と同様に乳たんぱく質の合成量が高まるか検討した。給与飼料は粗濃比50:50の混合飼料とし、たんぱく質源に対照区では大豆粕を用い、魚粉区ではその約半量を魚粉に置き換え、養分含量はほぼ等しくなるように設計した。乾物摂取量は分娩後3~8週で魚粉区、対照区各々19.5, 20.3kg/日と魚粉区がやや低かったが有意差は認められなかった(表2)。魚粉は嗜好性が劣る上に脂肪含量が高いため、ルーメン発酵を抑制し乾物摂取量を低下させるといわれるが、本試験で用いた魚粉は良質で臭いも少なく、混合飼料として給与したため、乾物摂取量への影響は少なかったものと考えられた。魚粉給与による乳生産への影響については多くの報告があり、乳量および乳たんぱく質量が向上するという報告もあれば、12指腸へのアミノ酸流量は増加したが乳生産の向上効果が認められなかったとする報告もある。ATWALらはこれらの成績の違いの要因に乳量水準が関係あるとして、27kg/日以下では魚粉の給与効果は少ないと考察している。

本試験では、実乳量は分娩後3~8週で魚粉区、対照区各々39.6, 38.6kg/日と差がみられなかった。乳たんぱく質率は各々3.00, 2.82%と魚粉区が0.18ポイント高く(P<0.05)、分娩後3~16週

でも各々3.08%, 2.91%と、魚粉区が0.17ポイント高かった(P<0.10)。また、魚粉に含まれる長鎖の不飽和脂肪酸の影響で乳脂肪率が低下するという報告もあるが、本試験では魚粉区3.85%, 対照区3.83%と差がみられず、ルーメン発酵への影響は少なく、魚粉の品質の違いによるのかもしれない。血清遊離メチオニン濃度は分娩後3~8週では有意差がみられていないが、分娩後4~16週では魚粉区、対照区各々2.41, 2.14μmol/dℓと魚粉区が明らかに高かった(P<0.05)。血清遊離リジン濃度も魚粉区が高い傾向にあった。こ

のように、血清遊離メチオニンおよびリジン濃度は魚粉区で高く、魚粉に含まれるメチオニンおよびリジン含量の高さを反映したものと考えられた。

このように保護メチオニン製剤添加および魚粉給与により、乳たんぱく質の生産量が向上したことから、非分解性たんぱく質のアミノ酸組成を乳たんぱく質のアミノ酸組成に近づけるために、制限アミノ酸を効率的に給与することにより、乳たんぱく質合成が高まるものと期待される。しかしながら、乳たんぱく質生産にとって、ルーメン内微生物たんぱく質の合成量を最大にすることがもともと基本的なことであり、摂取エネルギーが不足した飼養条件では保護アミノ酸製剤添加や非分解性たんぱく質給与の効果は少なくなる。また、保護アミノ酸製剤および魚粉はやや嗜好性が悪く、特に魚粉は原材料、加工および貯蔵等の違いにより嗜好性にバラツキがみられることから、混合飼料として給与するか、あるいは慣らし給与などの工夫により、乾物摂取量を低下させないように注意する必要がある。

### 3 ふん尿への窒素排せつ量の低減

これまで乳合成における制限アミノ酸と考えられるメチオニンや魚粉の給与により、乳たんぱく質生産が高まることを示してきたが、逆に、アミノ酸バランスを考慮した飼料設計により、乳生産



表3. 飼料中アミノ酸バランスとふん尿窒素排せつ量 (根飼農試, 1997)

区分	乳量	乳たんぱく質	飼料摂取量		ふん尿原物量			ふん尿窒素量			
	kg	率	量	DM CP	ふん	尿	計	ふんN	尿N	計	
											量
CP13%区	29.5	3.19	.941	20.6	2.72	52.7	10.5	63.2	161	69	230
CP15%区	30.3	3.25	.985	20.9	3.15	54.6	11.5	66.1	174	98	272
CP17%区	30.5	3.16	.964	21.5	3.58	55.2	13.2	68.4	171	125	296

注) CP13, 15%区にはアミノ酸バランスを考慮して魚粉を全乾物中2%給与した。

を低下させずにふん尿への窒素排せつ量の低減を図ることも理論的には可能である。そこで、CNCPSに基づく飼料設計ソフトを用いて、ルーメン内窒素・ペプチドバランスおよびアミノ酸要求量を考慮した飼料設計を行い、ふん尿への窒素排せつ量がどの程度低減できるか検討した。供試飼料は牧草サイレージ主体の混合飼料(粗濃比55:45)とし、全飼料中C P含量でC P13, 15, 17%区の3処理区を設け、C P13, 15%区には魚粉を全乾物中2%給与した。各区のC P含量は各々13.2, 15.0, 16.7%であり、TDN含量はともに76%であった。ルーメン内窒素・ペプチドバランスを試算してみると、C P13%区がマイナス、C P15%区がほぼバランスよく、C P17%区がプラスであり、アミノ酸バランスはC P13, 15%区がよかった。

その結果、乳量はC P13, 15, 17%区各々29.5, 30.3, 30.5kg/日とC P13%区がやや低く、乳たんぱく質量は各々0.941, 0.985, 0.964kg/日とC P13%区が低くC P15%区がもっとも高かったが、いずれも有意差はみられなかった。ふん尿への窒素排せつ量では、ふんへの窒素排せつ量に大きな差はみられなかったが、尿への窒素排せつ量はC P13, 15, 17%区各々69, 98, 125g/日とC P17%区がもっとも多く、C P17%区に比べC P13お

よび15%区では各々55, 78%に減少した(表3)。このように、飼料たんぱく質の分解性や非分解性たんぱく質のアミノ酸組成を考慮することにより、尿への窒素排せつ量をかなり減少させることが可能であると考えられた。

これらのことから、保護アミノ酸製剤の添加あるいは魚粉などの非分解性たんぱく質の割合が高い飼料を、アミノ酸バランスを考慮して効率的に給与することにより、乳たんぱく質の生産は高まり、尿への窒素排せつ量も低減できるものと考えられた。しかし、アミノ酸レベルでの飼料設計にはまだ基礎的な研究が必要な段階である。

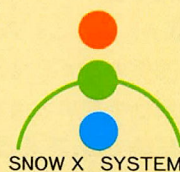


## あなたの牛舎においます!?

今、「地球環境にやさしい」畜産経営も求められています。

# スノーエックス

(土壌微生物発酵飼料・混合飼料)



- スノーエックスは、家畜の腸内微生物を良好にコーディネートします。
- スノーエックスでコントロールされた糞は悪臭がほとんどなくなるため、家畜を悪臭ストレスから守り、畜舎環境を改善します。
- スノーエックスを給与した糞は極めて分解が早く、繰り返し作業を節約して、短時間で良好な完全堆肥になります。