

1. 哺乳ミルクの濃度と浸透圧

哺乳仔牛代用乳をどのくらいまで濃くしてもよいのかよく聞かれる質問です。時に20%でも大丈夫というようなことも聞かれます。この辺について、まず、イリノイ大学のDr. Drackleyに聞いてみました。以下は、その時に示された表です。

水 (L)	粉ミルク (g)	総固形分 (%)	浸透圧 (mOsm/L)
1.25	240	16.11	419
1.25	300	19.35	520
1.5	240	13.79	348
1.5	300	16.67	434
2	240	10.71	260
2	300	13.04	325

Thornsberry MSGAN 2012

表1 (*一般的ミルクの固形分は12.6%くらい)

浸透圧は、濃度が低い(溶質分子の密度が低い)ほうから高い濃度のほうへ水分子が移動する圧(強さ)を示しています。細胞溶液の浸透圧とほぼ同じものが等張液といわれるものです。それよりも高いものを高張、低いものを低張と表現したりします。大腸菌性乳房炎などに高張食塩水を静脈注射するのは、この働きを狙ったものです。乳房から、血中：全身への大腸菌毒素をいち早く体から排出させるために、より多くの水分を血液の中に引き入れてそれを尿などから排出することが狙いです。また停滞する末梢血液循環機能を高める作用も期待できます。注射された牛は、細胞などから血液の中に水分が移動するため、その反応として水を大量に飲むことになります。そしてその水分がまた循環系に入って毒素をいち早く体から洗い流してくれます。塩辛いものだけでなく甘いものなど濃度の高いものは、すべて浸透圧が高く水を吸う(引き寄せる)働きをします。塩付けされたもの、あるいは甘いものが腐敗しないのは、この浸透圧によって付着した細菌の水分が抜き取られすぐに死んでしまう(もしくは増殖できない)働きによります。一般には水分中の固形分が増えると浸透圧は高まります。

生乳の固形分は 12.6 %位ですが、実際に浸透圧計を使って調べてみるとおおよそ 290 mOsm/L でした。(表 2) これは体液の 300 mOsm/L とほぼ同じ水準で、初乳はずいぶん濃いように思いますが 310mOsm/L と体液より少し高いくらいでした。前述したように一般的なミルクの固形分は、12.6 %ですから、これは水 1.75 L に粉ミルクを 250 g 溶かしたものとほぼ同等ですが、水 2 L に粉ミルク 250 g を溶かすとその固形分は、11.1%まで低下して薄いミルクとなります。粉ミルクを溶解したものの浸透圧が 355 mOsm/L と高くなっていました。ヘッドスタートはもう少し高くなってはいますが、安全なレベルです。(いずれも推奨される溶解濃度で測定しています)

牛乳：代用乳の浸透圧

初乳 1	初乳 2	粉ミルク	バルク乳 1	バルク乳 2	バルク乳 3	ヘッドスタート
310	308	355	291	289	285	383

体液 300 mOsm/L

T H M S 2013

表 2

Dr.Drackley は、粉ミルクの濃度に関しては、15% (水 2L に粉ミルク 350g 溶解とほぼ同じ固形分) までと述べました。高すぎる総固形分は、ときに第四胃潰瘍や腸管での病原性細菌 (クロスストリジウムなど) の増殖リスクを高めるといことです。

一方、バージニア工科大学の Bob James も、高い固形分や灰分のミルクが第 4 胃潰瘍の原因になりやすく、17%以下にすると述べました。ただし、20%固形分 (表 1 から：水 2.5L で 600g 相当) で、うまくやっている農場がカルフォルニアにあるそうです。そこでは極めて高度に一貫性 (consistency) が保たれているとのこと。すなわち、同じ濃度、温度、扱い、作業、環境などへの一貫性が非常に良い (日々の変動が少ない) 農場ではそうした高い濃度も可能とも述べました。

いずれにしても、濃度を高めるときは常に水を飲めるようにしておくことが重要です。これはカーフスターターなどの摂取量が増えるときもこの浸透圧調整のための水の自由摂取環境は重要な要素になります。結論としては、あまり高くしすぎるとやはりリスクが大きくなるということで、固形分 15-16% (2 L のお湯に粉ミルク 350 ~380 g : 350/2350=14.9% or 380/2380=16%) くらいを一つの上限として考えておけばよいのではないかと思います。

2. 乳生産効率と環境負荷をちょっとだけ考えてみた

地球環境負荷の問題が論じられるときに、農業あるいは酪農が取り上げられることがありますね。環境への窒素過剰負荷と牛から排出される二酸化炭素やメタン排出の問題です。マスコミなどはこうした環境負荷に対して時に大きなキャンペーンを行うことがありますね。でも一方で最近、強い酪農の一つの選択肢としての自給飼料依存（放牧）の重要性をときに示唆するような番組を見かけます。自給飼料の重要性は言うまでもないことだけど、これがあまりに強く偏重されすぎるような気がするのは私だけでしょうか。今回この自給飼料への依存と環境負荷の関係をちょっとだけ考えてみました。

NDS プログラムでは図1のような、設計における予測窒素排出量（窒素効率）や牛乳 1 kg 生産当たりの二酸化炭素やメタン排出量を計算することができます。

Fecal excretion and wet manure			Fecal composition						
	Total kg	N g	P g	%		%		g	
Dry Feces	8.98			Total CHO	59.13	NDF/NDF diet	54.75	Protein	17.49
Wet Feces	53.31	251.44	60.24	Starch	3.32	poNDF/poNDF diet	44.15	Lipid	7.92
Urine	20.60	181.53	1.31	Soluble fiber	0.88	Starch/Starch diet	4.49	Ash	15.45
Wet manure	73.91	432.98	61.54	NDF	54.48				
Intake		652.88	102.38	uNDF	21.65				
Productive		219.90	40.82						
Productive N/Total N		33.68 %	Productive P/Total P		39.88 %	CH4 (Mcal)		6.37	
Productive N/Urinary N		1.21:1	Manure P/Total P		60.12 %	CH4 (liters/day)		693.63	
Manure N/Total N		68.32 %				CH4 (g/day)		498.64	
NH3 Potential (g)		118.00				CH4 (g/kg milk)		10.76	
						CO2 (kg/day)		15.28	
						CO2 (kg/kg milk)		0.33	

図1：NDSによる排出物にかんする評価表

3つの飼料設計を比較してみました。

赤は放牧草のみ、黄色は放牧草+コーンミール4kg、緑は、一般的高泌乳牛用飼料設計の結果です。いずれも、総乾物摂取量はまったく同じに設定しています。

同乾物摂取量での乳生産量予測

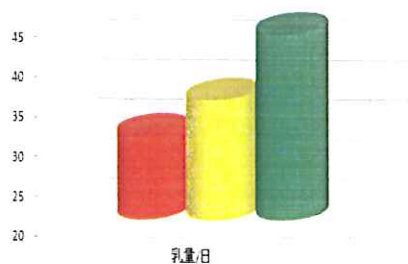


図2

乳生産の窒素効率予測



図3

まず、計算上の乳量予測は放牧草のみが 27kg/日、放牧草+コーンミール 4kg が 32kg/日、一般的高泌乳設計では 43kg/日となります。(図 2)

一方窒素の利用効率はどうでしょうか？(図 3)

乳生産に利用される窒素の量を総摂取窒素量で割ったものです。放牧草だけのものは、21%が乳生産に利用され残りの窒素分は(79%)は、糞尿などで排出されてしまうことを意味しています。グラスに偏りすぎた飼料は、利用されずに排出される窒素量がおおく環境負荷と同時に牛への負荷(血中:乳中尿素窒素は肝臓に負荷がかかります)が大きくなるのが分かりますね。

乳量1kg当たりのCO2発生量予測

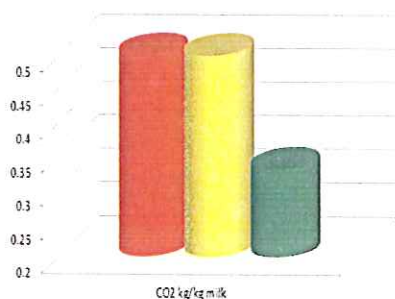


図 4

乳量1kg当たりのメタン発生量予測

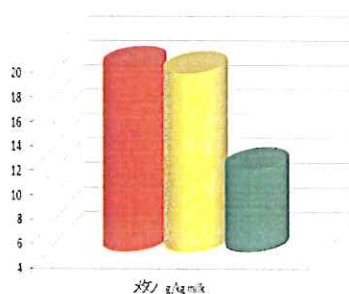


図 5

さらに、地球温暖化の元凶ともいわれる、二酸化炭素やメタンの牛乳 1 k g 当たりの排出量は、どうでしょうか？(図 4 : 二酸化炭素 図 5 メタン) 一目瞭然で、新たなバイオロジーに基づく設計によって計算されるものは飼料効率が上昇して、牛乳 1kg 当たりの排出量が激減します。さらに牛からの一日当たりのメタン総排出量に関しても、27kg しか乳量の出ない牛が 568g に対して、43kg 生産する牛のほうが 498g と少なくて済みます。それだけ設計によってより効率的に牛乳へ変換されることを意味します。これからすると、乳生産 1000 k g (1t) 当たりのメタン排出量は、前者が 21 トンの排出であるのに対して、後者は 11.6 トンとほぼ半減することになります。根室全体の年間出荷乳量がおおよそ 80 万 t ですから、それに基づいた年間メタン排出量は、前者は 1680 万トンに対して、後者は 930 万 t で済むこととなりますね。

環境負荷と酪農の生産効率そして自給飼料の関係を多角的に見ていかなければならないことを示していると思います。自給飼料の質と量をも高めることに異議はありませんが、この狭い耕地面積しかない日本のなかで、環境と酪農そして経済性を調和: 堅持させつつ、生き残る道はそう単純ではないと思います。マスコミもそのあたりの相互的關係や実態を理解して、情緒にながされない報道をしてもらえればと浅薄ながら時々思うことがあります。ご批判も受け付けます。

黒 崎