

新鮮な牛尿中のBOD、COD等の変化に関する検討

谷田重遠・白石 誠・脇本進行・内田啓一

Study on variation COD and BOD in Fresh Cow Urin that get directly

Shigetou TANIDA・Makoto SHIRAIISHI・Nobuyuki WAKIMOTO・Keiich UCHIDA

要 約

家畜の尿汚水に関するBOD及びCODについては各種報告があるが、直接採取した尿(以下「新鮮尿」という。)に関するものは見当たらない。乳用牛と肉用牛の新鮮尿を用いて比較するとともに乳用牛の暑熱期や泌乳ステージによる違いを検討した。

- 1 泌乳後期にある乳用牛8頭(1日平均乳量18.0kg)を用いて24時間に体外へ排出される水分量を乳量、尿量及びふん中の水分含量で測定した。その結果、尿量は 23.0 ± 4.4 kgで全体の34.4%であった。
- 2 肥育牛のCODは、和牛繁殖牛に対して有意に($P < 0.05$)低く、乳用牛に対しても低い傾向にあった。また、給与飼料の影響によりpHは、肥育牛が有意に($P < 0.01$)低い値を示した。ただ、和牛繁殖牛と泌乳後期の搾乳牛には、差が認められなかった。
- 3 暑熱期の乳用牛では、BODは気温に平行して増減したが、CODにはその傾向は見られなかった。
- 4 1日平均乳量35kgの搾乳牛と乾乳牛各9頭で泌乳量による違いを比較した。その結果、CODは搾乳牛の $16,342 \pm 3,357$ mg/L に対し、乾乳牛は $12,933 \pm 4,346$ mg/Lで有意($P < 0.05$)に差があった。BODは有意差は無かったが、同様の傾向が認められた。尿中のクレアチニン量から、排せつ量を推定するとこの差はより明確になった。

以上の結果から、牛の新鮮尿中のBOD及びCOD濃度は、飼料給与を含む環境要因により影響を受けるとともに、代謝量に関係して増減すると考えられた。

キーワード：新鮮尿、BOD、COD、暑熱期、泌乳量、代謝

緒 言

貯留牛尿の性状について、前報¹⁾でBOD、CODなどの汚濁物質に関してその実態を報告した。また、実験室内の貯留試験では、貯留期間による変化について検討した。その結果、貯留牛尿のBOD、COD濃度は、貯留により低下する傾向があった。

畜産環境保全に関する尿汚水としてのBOD、COD濃度については各種の報告^{2、3)}がある。しかし、牛尿に関するこれらの数値は、基準的な数値として示されている^{4、5)}のみである。新鮮尿について、給与飼料や泌乳ステージなどによるBOD、CODを比較検討した報告は見当たらない。

尿の性状は、脱水などで濃縮されるとともに生体の代謝量により変化することはよく知られている。近年、乳用牛の泌乳能力は著しく向上し、飼料摂取量は大きく増加して1頭当たりのふん尿の排泄量は増加している。したがって、家畜の生産性の向上は、排せつされるふん尿の量を増大させ、結果的に環境への負荷量を高めているとも考えられる。さらに、尿に関しては排せつ量だけでなく、代謝の増加により濃度の上昇が予想される。

このような観点から、乳用牛と肉用牛の新鮮尿中の有機性物質としてBOD、CODを測定した。また、乳用牛を使って24時間の排尿量、尿クレアチニンなどを測定するとともに暑熱条件下と泌乳量で代謝量の違いによるBOD、CODの変化を検討した。

材料及び方法

- 1 肉用牛及び乳用牛の採尿
 - (1) 畜種による比較

通常の飼養管理を行っている当センターの肉用牛及び乳用牛からそれぞれ採取した。乳用牛は、泌乳後期

採尿頭数		単位:頭
区	分	頭数
	繁殖和牛	7
肉用牛	肥育牛	4
	牝スライ	4
乳用牛	ジャージー	4

(1日平均乳量18.0kg)の搾乳牛、肥育牛は採尿の関係からいわゆる「飼い戻し」の高齢雌和牛を用いた。なお、採尿頭数は、表1に示すとおりである。

肉用牛の尿採取は、尿道カテーテルを用いて行い、自然排尿したものはヒシャクで採取した。サンプリングは午前中に行い、午後から分析を開始した。乳用牛の採尿は、写真に示すように試験牛にバルーンカテーテルを装着し24時間連続して行った。なお、サンプリングは約5時間の間隔で実施した。また、採ふんは排ふん時に用具で受けるとともに後部に個別容器をセットして全量採取した。



(2) 乳用牛における比較

乳用牛の新鮮尿中のBOD及びCOD濃度と飼育環境、代謝量の関係を検討するため、表2に示すように暑熱期並びに泌乳量による比較を行った。採尿方法は、前述の肉用牛の方法と同様に尿道カテーテルと自然排尿にはヒシャクを用いた。

表2 乳用牛の採尿試験の概要

区分	実施時期	採尿延べ頭数	乳量等
	平成14年7月11日	22頭	40kg
暑熱期	～9月13日		～乾乳
	平成14年12月12日	高泌乳9頭	42～32kg
泌乳量比較	～12月20日	乾乳9頭	

2 分析項目及び方法

pH、ECはガラス電極法、CODは過マンガン酸カリによる100 30分加熱法、BODはウインクラー・アジ化ナトリウム変法、SSはガラス繊維ろ過法でそれぞれ測定した。また、クレアチニンは酵素法で分析した。

結果及び考察

1 乳用牛の24時間尿量

乳用牛における体外への水分排出は、尿及びふんの排せつ、発汗、呼気の蒸散そして泌乳である。今回行った試験のふん中水分量、乳量そして尿量並びに地域気象観測所における実施時期の気温を表3に示した。なお、供試した乳用牛は、ホルスタイン種とジャージー種がそれぞれ延べ4頭であるが、品種による差は認められなかった。

表3 24時間採尿試験の気温及び乳量、尿量とふん中の水分排せつ量 単位: 、kg

区分	期日	平均気温	乳量	尿量	ふん中水分量
前期試験	8月2～3日	29.4	18.6±4.4	19.5±4.4	25.2±6.4
後期 "	8月21～22日	24.8	16.5±1.4	27.5±3.3	26.7±9.9
-		4.6	2.1	8.0	1.5

注) 平均気温は試験期間内2日の平均気温の中間とした。

搾乳牛4頭の平均尿量は、前期、後期で19.5±4.4kgと27.5±3.3kgで8.0kgの差があった。これは、表3に示すように平均気温に4.6の差があったことから、発汗並びに呼気による水分の蒸散量に差が生じた結果、気温の低かった後期試験の尿量が多くなったと考えられた。

尿による水分排出量は、1日乳量34kgの搾乳牛で1日当たり4.5から35.4kg、乾乳牛では5.6から27.9kgであると報告⁶⁾されている。また、泌乳牛では、ふんと泌乳による水分排出が多く、尿によるものが最も少ないとされている⁶⁾。

今回の試験では、8頭の平均尿量は 23.0 ± 4.4 kgで、この報告の標準的な量と考えられた。しかし、これまでの尿量の指標^{4,5)}とされている15~20kgよりは多かった。

乳量、尿量そしてふん中水分の比率を図1に示したが、ふん中の水分排出は最も多く38.7%であった。次いで尿の34.4%、泌乳によるものは26.8%で最も少なかった。これは、供試した8頭の平均乳量が1日当たり18kgと泌乳後期の搾乳牛であったことによるものと考えられた。

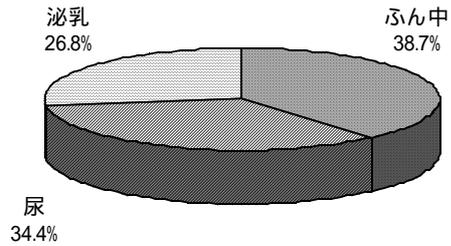


図 1 尿、泌乳及びふん中の水分排出の割合

2 畜種による尿成分の比較

(1) pH、EC

乳用牛、繁殖和牛そして肥育牛の尿pH及びECの分析値を表4に示した。尿のpHは、濃厚飼料など穀類の給与による第一胃内のpH低下を反映することはよく知られている。今回の成績でも肥育牛が低く、繁殖和牛と乳用牛の間には、有意の差(P<0.05)があった。一方、繁殖和牛と乳用牛には、ほとんど差が無かった。

区 分	pH		EC	
	件数	平均値	件数	平均値
繁殖和牛	7	8.09 ± 0.27^a	7	37.7 ± 12.0^b
肉用牛 肥育牛	4	7.05 ± 0.64^b	4	15.7 ± 7.4^c
乳用牛	32	8.20 ± 0.12^a	32	27.0 ± 4.4

注) a, b間にp<0.05、b, c間にp<0.01の有意差

これは、前述のように泌乳後期の乳牛を使用したことによるものと考えられた。ECは肥育牛が低く、繁殖和牛との間に有意の差(P<0.01)が認められた。

(2) BOD、COD及びSS

分析件数と平均値を表5に示した。pHと同様に繁殖和牛と乳用牛は、比較的良好な性状であった。また、乳用牛と肥育牛の差が大きく、CODとSSでそれぞれ有意の差があった。これには尿量の違いなど⁷⁾も影響していると考えられた。

区 分	BOD		COD		SS	
	件数	平均値	件数	平均値	件数	平均値
繁殖和牛	7	$13,016 \pm 4,045$	7	$9,594 \pm 5,065$	7	27.8 ± 8.0^b
肉用牛 肥育牛	4	$10,915 \pm 7,393$	4	$6,021 \pm 960^c$	4	53.9 ± 18.9^a
乳用牛	16	$11,916 \pm 2,473$	24	$9,529 \pm 2,908^b$	28	18.9 ± 12.5^b

注) a, b間にp<0.05、b, c間にp<0.01の有意差

3 乳用牛による比較

(1) 暑熱の影響

気温が高くなると発汗や呼吸による水分の蒸散が盛んになる^{8,9)}。このため尿成分の濃度は上昇する。暑熱期の試験は表6に示すように4回で計22頭の乳用牛を用いた。また、搾乳後の午前中に採尿したので、気温は採尿前日の最高気温と平均気温で検討した。

区 分	頭数	気温 ()	
		最高	平均
1回 (7月11日)	4	29.2	25.4
2回 (7月25日)	6	37.4	28.5
3回 (8月15日)	6	32.5	26.6
4回 (9月13日)	6	31.7	25.1

2回目の7月25日が最も気温が高く、次いで3回目、4回目であった。対象とした乳用牛は、表2に示すように泌乳量は特に限定しないで供試した。

pH、EC、BOD、COD及びSSの数値を表7に示した。また、前日の平均気温及び最高気温とBOD、CODの変化を図2に示した。

表 7 尿 pH、EC、BOD、COD及びSS 単位：mS/cm, mg/L

区分	pH	EC	BOD	COD	SS
1 回	8.23±0.10	33.9± 2.9	19,913±3,048	14,414± 894	162.1±43.1
2 回	8.47±0.18	28.8± 8.8	21,081±7,962	14,020±5,510	82.5±86.4
3 回	8.33±0.52	28.9± 4.6	20,897±7,349	15,355±4,662	26.2±15.3
4 回	8.42±0.16	34.1± 3.4	19,163±3,146	14,593±3,146	17.0±11.4

BODは、図2に示すようにサンプリング前日の気温に平行して変化している。暑熱期における乳用牛の反応として体温の上昇や呼吸数の増加等^{6,7)}で体内水分の蒸散量は増加する。また、心拍数の増加等代謝の亢進も認められる。

このような生体の反応により尿が濃縮され、BODが増加したと考えられる。しかし、CODでは、BODのような気温との関連性はうかがわれなかった。このことから、暑熱期における気温とこれらの関連は明確にはならなかった。

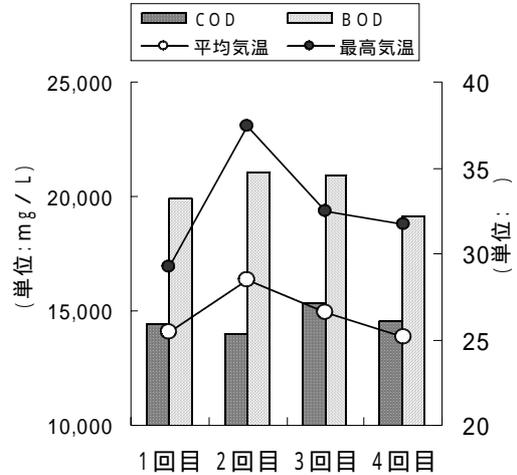


図2 気温とCOD及びBODの変化

(2) 泌乳量による影響

表8に示すように搾乳牛3頭と乾乳牛3頭を1セツとして泌乳量にともなう新鮮尿性状の比較を泌乳しているものを対象にした。

pH、EC、BOD、CODそしてSSの平均値を表9に示した。CODでは乾乳牛より、泌乳牛が有意(p<0.05)に高く、BODでも有意差は無かったが同様の傾向にあった。

表 8 分析頭数と平均乳量

区分	頭数	搾乳牛3頭平均乳量
1 回	6	36.1 kg/日
2 回	6	32.5 "
3 回	6	35.7 "

表 9 尿 pH、EC、BOD、COD及びSS 単位：mS/cm, mg/L

区分	頭数	pH	EC	BOD	COD	SS
泌乳牛	6	8.68±0.13	37.0± 3.1	22,611±5,460	16,342±3,357 ^a	199.4±153.0
乾乳牛	6	8.77±0.09	38.6± 5.8	16,704±5,057	12,933±4,346 ^b	140.4±135.3

注) 異符号間に有意差(P<0.05)

尿中の諸成分については、尿中クレアチンをインデックスとして利用し1日排泄量を推定する方法¹⁰⁾がある。

これら18頭の尿中クレアチンを測定すると表10のようになった。そこで18頭の1日のBOD及びCODの推定排せつ量の平均を計算すると表10のようになり、泌乳量による違いが一層明確になった。

近年、乳用牛の生産性は、急激に向上して大型化と摂取エネルギーの増加が著しい。泌乳量は、血流量に比例することから高泌乳牛の代謝量は極めて大きいと考えられる。泌乳1日30kgの搾乳牛は、乾乳牛の約3倍のエネルギーを必要とする¹¹⁾。したがって、尿中に排せつされる各種の代謝老廃物も当然増加すると考えられる。

しかし、牛尿のBOD、CODについては、BODが4,000mg/L、CODが3,000mg/Lが、これまで基準的な数値^{4,5)}として利用されてきた。ただ、表10に示した1頭1日当たりのBOD、CODの排出量は乾乳牛でも200~300gになり、従来の数値⁵⁾の約7倍になる。泌乳に伴う代謝の増加を考慮すると負荷量は、一層大きいものになると考えられる。

BODとCODの分析値は、変動が大きいことが知られており^{12,13)}、同一個体から24時間以内に採取した6頭のサンプルでも平均15%程度の標準偏差があった。これらを念頭に入れながら、乳用牛及び肉用牛の区分をしないで、牛の新鮮尿の平均値を算定すると表11のようになった。これらの数値は、前述のBOD及びCODの概ね4倍の数値であった。

表 10 尿クレアチンと推定BOD、CODの排出量

区分	クレアチン mg/100ml	BOD (g/日)	COD (g/日)
乾乳牛	84.8±12.8	307±144	221±41 ^a
泌乳牛	82.1±18.9	409±58	296±31 ^b

注) 異符号間に有意差(P<0.001)

農業生産や家畜の飼育が、水質汚染そして温暖化ガスの排出など地域そして地球環境に与える負荷が近年話題になってきた。この対策としてもより多くのデータを集積し、今日の飼育環境に即した標準的な数値を示す要があると考えられる。

一方、水質の主に炭素系有機物の汚染指標であるBOD、CODの新鮮尿中の濃度は、泌乳量の増加など代謝の亢進により増加することが確認できた。このように、代謝の増加は環境負荷を増加させる。また、逆にこれらの数値は、今回の試験から乳用牛等の代謝量の参考数値として活用できる可能性もあると考えられた。

表11 新鮮牛の平均的な性状

区 分	分析件数	平均 値	
p H	85	8.29±	0.43
E C	mS/cm 85	31.0±	8.1
B O D	mg/L 69	16,592±	6,391
C O D	mg/L 77	11,927±	4,633
S S	mg/L 88	67.3±	95.5

引用文献

- 1) 谷田重遠・白石 誠・脇本進行・内田啓一 (2002) : 酪農経営における牛尿の貯留実態並びに貯留牛尿の性状に関する検討 . 岡総畜セ研報, 13, 17-23
- 2) 田原玲子・白石 誠・光井 武・古川陽一・川尻鉄也 (1997) : ミルキングパーラーにおける排出汚水処理技術の検討 . 岡総畜セ研報, 8, 49-56
- 3) 脇本進行・古川陽一・白石 誠・内田啓一・日野靖興き (2000) : 廃棄物を利用した生物膜法による家畜尿汚水処理の確立 () . 岡総畜セ研報, 11, 71-76
- 4) 家畜ふん尿処理・利用の手引き(1998) : (財)環境整備機構 4-5
- 5) 家畜排せつ物の処理・利用の手引き(1978) : (社)中央畜産会 110-111
- 6) J.B.HOLTER W.E.URBAN, JR (1992) : Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows. J Dairy Sci, 75, 1472-1479
- 7) 岡野良一・堤 知子・川畑健次・横山喜世志・西村健一・大園正陽(1998) : 肉用牛繁殖雌牛における混合飼料利用技術の検討 . 鹿児島県試験場研究報告, 31, 10-28
- 8) 谷田重遠・秋山俊彦 (1999) : 高泌乳牛の代謝熱産出に対応した暑熱対策の検討 () . 岡総畜セ研報, 10, 5-10
- 9) 谷田重遠・遠藤広行 (2000) : 高泌乳牛の代謝熱産出に対応した暑熱対策の検討 () . 岡総畜セ研報, 11, 7-12
- 10) 山本泰也(2002) : 研究成果の紹介 牛の尿量及び尿中諸成分を推定するインデックスとしてのクレアチニンの有効性, 三重県科学技術センター農業技術短報, 54, 8
- 11) 農林水産省農林技術会議事務局編(1999) : 日本飼養標準・乳牛, 9-11 28-29
- 12) 坂井隆宏・脇屋裕一郎・西村 弘(2001) : 佐賀県内における家畜尿汚水調査 . 九州農業研究, 63-64
- 13) 小柳 渉(1998) : 貯留牛尿の成分と簡易測定法 . 新潟県畜産試験場研究報告, 12, 49-51

