

水質環境からみた牛糞尿の許容限界量*¹

大村 邦男*² 黒川 春一*³

牛糞尿の適正施用量について、牧草生育、牧草体内成分の面から整理するとともに、糞尿を大量に施用した場合に流出する窒素成分量から、水質環境を保全するための許容限界量を検討した。牛糞の大量施用が、牧草の発芽率及び生育にもたらす影響は判然としなかった。しかし、糞を大量に施用した場合には窒素の流出が増加することから、水質保全を考慮した施用量（許容限界量）は裸地条件で10 t / 10 a、草地では50 t / 10 aまでと考えられた。

一方、草地に対する牛尿の施用量は、飼料の品質を考えた場合〈適正品質維持容量〉は4 t / 10 a (N 20kg相当)、また、牧草生育を維持するための施用限界量〈生育維持容量〉は10 t / 10 a (N 50kg相当)と区分された。なお、尿を大量に施用(20 t / 10 a)した場合には牧草生育が阻害されると共に高濃度の窒素の流出が認められた。このことから、水質保全を考慮した場合の尿の許容限界量は10 t / 10 a・年(N 50kg相当)までと考えられた。

緒 言

近年、湖沼や内海等の閉鎖系水域で問題になっている富栄養化は、水域周辺から流入する栄養塩類の富化に起因するといわれており、その発生源の一つとして農業地域から流出する肥料成分等が挙げられている^{1) 2)}。なかでも、畜産農家から排出される大量の糞尿は、高濃度の肥料成分を含むことから、その処理によっては周辺の水質環境に大きな影響をもたらすものと考えられる。

道内の酪農家における排泄物処理の実情をみると、多くの農家で有効利用に努めており、未利用の糞尿から発生する栄養塩類の流出は最小限に抑えられている。しかし、飼養規模の拡大に伴って、

排泄物処理が円滑に進められなくなる傾向がみられ、限られた農地に大量に施用するケースが増えつつある³⁾。

このような背景から、糞尿を施用した場合の影響については従来のように作物の生育やその成分内容だけではなく、農業系外に流出する部分をも含めた検討が求められている。

本試験は、牛糞尿の有効利用を含めた限界量について既往の試験^{4) 5) 6) 7)}を参考に整理するとともに、土壌を経由して流出する成分(N, P)について、水質保全からみた許容限界量を見いだそうとしたものである。

試験-1, 牛糞尿の大量施用が牧草の生育および体内無機成分に与える影響

1) 試験目的

牧草生育を正常に維持すると共に、牧草体内の無機成分を適正に保つための施用限界量を明らかにする。

2) 試験方法

糞尿の用量試験はa / 5,000ポットで、発芽試験はノイヴァイエルポットで行った。供試した土壌は表-1に示す疑似グライ土、黒色火山性土で、

1991年10月21日受理

*¹ 酪農地帯における肥料成分の流出と水質保全(第6報)。本報の一部は、1988年度日本土壤肥料学会北海道支部会で発表した。

*² 北海道立中央農業試験場(現、道立天北農業試験場, 098-57 枝幸郡浜頓別町)

*³ 同上(現、電気化学工業株式会社、石灰窒素普及会, 060 札幌市中央区)

表1 供試土壌の理化学性

項目 土壌	粒径組成 (%)				容積重 (g/100cc)		T-N	T-C	C/N	CEC	磷酸吸
	粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	粗	密	(%)	(%)		(me)	収係数
疑似グライ土	2	40	25	33	97	101	0.21	2.54	12	24	1,850
黒色火山性土	58	15	12	15	82	87	0.65	8.78	14	35	2,090

各土壌をポット当たり 3 kg 充填し、供試牧草は道内の主要イネ科草の中で比較的 N 含有率の高いオーチャードグラスを用いた。

試験処理は糞施用が 0, 20, 50, 100 t/10 a 相当 (N 換算で 63, 158, 316 kg/10 a) の 4 処理区、尿施用は土壌水分を各土壌の最大容水量の 40, 50, 60, 70% に調整した系列に 0 (水分 60% 区のみ設定), 4, 10, 20, 50 t/10 a 相当 (N 換算で 0, 20, 50, 100, 250 kg/10 a) の 5 処理区を設けた。

供試した糞尿の主な成分内容は、糞が N 0.32%, K 0.14%, COD 2.06%, 尿は N 0.5 (約 90% は $\text{NH}_4\text{-N}$), K 0.24%, COD 0.4% で、共通肥料としてポット当たり硫安 2 g, 過石 2 g, 硫加 1 g を施用した。なお、尿施用区ではりん酸肥料のみ施用した。

各処理は、牧草移植及び糞施用が 5 月 19 日、尿施用は 6 月 3 日で、収穫は 7 月 27 日 (出穂初期), 9 月 2 日, 10 月 11 日の 3 回行った。

3) 試験結果及び考察

① 牛糞施用が牧草生育に及ぼす影響

草地に対する牛糞の大量施用は、一般的には更新時に限られている。そこで、生育試験に先立っ

て牛糞の大量施用が牧草の発芽性に及ぼす影響についてみた (表-2)。その結果、ポット条件で糞を 100 t/10 a 相当施用した場合でも発芽率が低下することではなく、腐熟の遅い牛糞では大量に施用した場合でも、牧草の発芽に障害を与えることは少ないものと考えられた。

次に、糞の大量施用が牧草生育に及ぼす影響をみるため、土壌水分が約 60% の条件下で試験を行った。両土壌とも糞の増施に伴って年間乾物収量は高まっており、糞を 100 t 施用した場合でも生育の阻害はみられなかった。また、糞を大量に施用した場合でも、牧草体内の窒素濃度は極端に高い値は示さなかった。しかし、K 濃度の上昇は著しく、両土壌とも 50 t 以上の区では K/Ca + Mg (m. e) が⁸⁾ 2.0 を上回っており、糞の大量施用が塩基バランスの面で問題になることを示した。

すなわち、土壌水分が潤沢な場合は、牛糞を大量に施用 (N 316 kg) しても発芽および生育量が低下することはないが、牧草の塩基バランスに不均衡をもたらすことがわかった。以上の結果は、牛糞中の窒素が緩効的であることと、カリウムが速効的である面を反映しているものとみられる。

表2 糞施用が牧草の発芽率、生育量等に及ぼす影響

項目 土壌	糞施用量 (t/10a)	発芽率 (%)	年間乾物 収 量 (g/pot)	1 番 草 N 含有率 (%)	1 番 草 K/Ca + Mg (me)	跡地土壌 の EC (mS/cm)
疑似グライ土	0	76	8.1	1.46	1.9	0.49
	20	78	8.6	1.25	1.9	0.52
	50	88	15.3	1.43	2.6	0.74
	100	87	24.4	2.90	3.3	1.12
黒色火山性土	0	84	7.6	1.73	2.7	0.57
	20	88	8.9	1.26	2.0	0.63
	50	82	15.4	1.57	3.4	0.89
	100	86	31.5	1.94	5.0	0.95

② 牛尿施用が牧草生育に及ぼす影響

次に、尿の大量施用が牧草生育に及ぼす影響について、尿中の窒素含量を対象に検討した。

まず、牧草の生育量についてみると（図－1）、

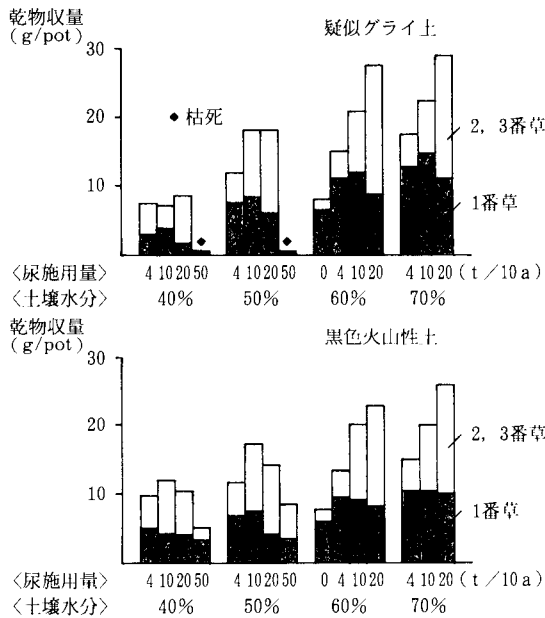


図1 牛尿の施用が牧草生育に及ぼす影響

1 番草では両土壌とも尿10 tまでは施用量の増加に伴ってほぼ増収となった。しかし、尿20 t以上では頭打ちの傾向がみられ、水分が少ない系列では収量が減少した。この影響は2, 3 番草の生育に強く表われ、疑似グライ土の低水分系列では、尿を50 t 施用した区で牧草が枯死した。

次に、牧草体の窒素含量についてみると、両土壌とも尿の施用量が増すにつれて T-N 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ の値が上昇した（図－2）。特に、T-N の値がほぼ頭打ちになる尿10 t（N50kg相当）区では $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度が急激に高まり、飼料とし

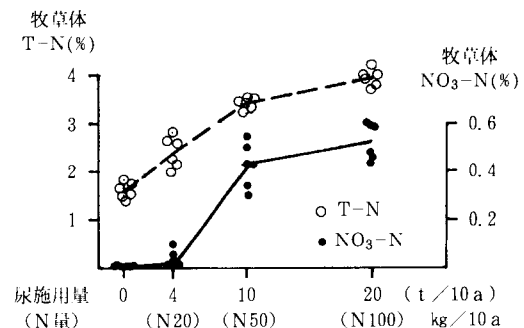


図2 牛尿施用と牧草体のT-N、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（土壌水分60%調整区）

表3 尿施用量と土壌のEC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量（1 番草収穫時）

土壌水分	土壌 尿施用量 (t/10a)	項目	疑似グライ土		黒色火山性土	
			EC (mS/cm)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/100g)	EC (mS/cm)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/100g)
40%	4		0.75	23.7	1.09	6.3
	10		1.07	27.5	1.65	16.2
	20		1.93	53.6	2.50	44.1
	50		3.06	99.7	2.70	174.5
50%	4		0.85	0.6	0.74	1.4
	10		0.93	11.4	1.36	1.3
	20		1.62	46.4	3.68	39.1
	50		4.02	149.1	4.00	82.2
60%	0		0.64	0.5	0.13	—
	4		0.89	0.3	0.47	0.1
	10		0.93	8.7	0.50	0.4
	20		1.40	53.7	0.89	1.1
70%	4		0.38	0.2	0.42	0.4
	10		0.42	0.4	0.50	1.0
	20		1.02	36.6	0.43	0.5

での濃度が危険値とされている0.2%を上回った。

また、1番草刈り取り後の跡地土壌のEC及び無機態N含量は(表-3)、両土壌とも土壌水分が少ない系列で高く、各々の土壌水分、尿施用量に対応した値を示していた。なかでも、減収が著しかった処理区のECは高く、尿中の成分内容からみて¹⁴⁾アンモニアやC1を中心にした濃度障害によるものと推察された。

以上、牧草生育を正常に保つための尿の施用限界量は、Nで50kg(10t/10a)相当、生育限界量はNで100kg(20t/10a)以下である。

また、牧草体の硝酸態窒素濃度を飼料として適正に保つためには、出穂初期に牧草を利用する場合でも、一度に施用する尿の量はNで20kgに届める必要があると考えられた。

試験-2、牛糞尿施用による肥料成分の流出

1) 試験目的

牛の糞・尿を土壌に施用した場合に浸透流出する肥料成分の濃度および量について検討し、農地周辺の水質環境を保全するための許容限界量を推定する。

2) 試験目的

1983年6月～1986年5月の3カ年、ライシメータによる肥料成分の流出に関する試験を行った。試験の規模は裸地系列が直径20cm、長さ3m、草地系列は直径30cm、長さ1.2mで、供試土壌は試験-1と同様とした。試験処理は、裸地系列が糞、尿各々10t、50t/10a区、草地系列は糞施用0、5、10、20、50t/10a、尿施用0、4、10、20、

50t/10aの各5処理区を設け、草地系列にはオーチャードグラスを栽植した。糞は試験-1と同じものを試験開始時に深さ20cmまでの土層に混和し、尿はN濃度を0.5%に調整したものを春と秋の2回に分けて表面施用した。

試料の採取は、牧草は出穂期(1番草)を目安に年3回刈取り、流出水は貯溜槽に溜まったものを月1回計量し、それぞれ分析に供した。なお、裸地系列では草地系列と同じ深度に当たる地表下1m部位からポンプによって間欠的に吸引し採水した。

各試料の分析は、牧草、流出水、跡地土壌とも前報⁹⁾に準じて行った。また、窒素の揮散量は採取ガスをアルカリ液に通した後、硼酸液で捕集し、硫酸滴定によって求めた。

3) 試験結果及び考察

① 水分収支

ライシメータの水管理は、道内の年平均降水量(約1,400mm)に合わせ、降水量の少ない5月～9月には人工的に散水し、また、冬期間は積雪深を調整した。

まず、全体的な傾向としては、表-4に示すように、3年間を通した水収支には土壌間で大きな差はみられなかった。また、処理別にみると、裸地系列の流出量は流入した水分量の57～71%を示し、尿施用区では施用量に応じて増加する傾向がみられた。一方、草地系列では牧草生育に伴う水分蒸散量の増加を反映して流出水量が少なかった。

表4 水分の流出割合

〈裸地系列〉

処理区 土壌	無処理	糞(t/10a)		尿(t/10a)	
		10	50	10	50
疑似グライ土	63 (2,629)	62	64	68	70
黒色火山性土	57 (2,378)	59	63	65	71

〈草地系列〉

処理区 土壌	無処理	糞(t/10a)				尿(t/10a)			
		5	10	20	50	4	10	20	50
疑似グライ土	46 (1,912)	48	46	44	38	45	39	36	38
黒色火山性土	41 (1,700)	42	38	39	32	41	35	34	32

試験期間中の水分収入は、降水2,769mm、入口散水1,390mmの計4,159mm。また、()内の数字は流出量の実数1/m²を表す。

すなわち、水収支の差は土壤間の差よりも植生の有無による違いの方が大きく表れた。

② 流出水の成分濃度

浸透流出水の成分濃度の中で水質環境との係わりが予想されるN、P、CODについて表-5に示した。このうち糞尿施用に伴うP、COD濃度の上昇は小さく、Pの最大値は裸地系列、草地系列ともに0.05ppm以下で、霞ヶ浦における規制基準¹⁰⁾の3ppmを大幅に下回っていた。また、CODの値は湖沼における環境保全の基準値¹¹⁾8ppmを越える時もあったが、平均濃度はそれよりも低かった。これらの結果から、糞尿施用によって発生する土壤浸透水中のP、CODは、地下水位が高い等の特別な場合を除き、水質保全上問題にはならないものと推察された。

そこで、以下では浸透流出で問題となるNを取り上げて検討することとした。

まず、流出水中のNの形態は95%以上がNO₃-Nで占められ、浸透水中のT-Nの濃度の変動(図-3)は、両土壤とも糞尿の施用時期に対応していた。土壤別にみると、疑似グライ土では糞尿施用に伴う規則的な変化を示したのに対して、黒色火山性土ではやや不規則な変化がみられ、土壤の種類による水の動きの違いを反映していた。

また、糞尿施用によるN濃度の上昇値(施用区-無施用区の平均値)は図-4のとおりである。すなわち、裸地系列の糞10t区のN濃度は6ppm以下であったが、糞50t区では23~25ppmの高い値を示した。そして、霞ヶ浦の富栄養化防止条

表5 浸透流出水の成分濃度

〈裸地系列〉

土壤	成分	処理 項目	無処理	糞 (t/10a)		尿 (t/10a)	
				10	50	10	50
疑似グライ土	T-N (ppm)	平均値	14.6	6.0	22.9	33.0	155.4
		最大値		14.3	102.6	81.3	317.3
	T-P (ppb)	平均値	10	3	-1	2	2
		最大値		40	16	8	21
	COD (ppm)	平均値	6.9	-0.2	-0.8	0.2	3.1
		最大値		5.0	6.3	4.8	12.7
黒色火山性土	T-N (ppm)	平均値	33.5	6.1	24.7	27.3	167.7
		最大値		21.1	85.0	65.0	370.0
	T-P (ppb)	平均値	8	2	0	1	1
		最大値		15	19	12	15
	COD (ppm)	平均値	2.2	0.4	0.4	0.8	1.6
		最大値		3.1	3.9	3.0	8.2

〈草地系列〉

土壤	成分	処理 項目	無処理	糞 (t/10a)				尿 (t/10a)			
				5	10	20	50	4	10	20	50
疑似グライ土	T-N (ppm)	平均値	1.5	0	0.1	0.4	0.8	0.7	1.2	46.4	222.7
		最大値		1.7	5.1	5.9	5.0	5.5	3.8	85.2	362.9
	T-P (ppb)	平均値	9	-1	-1	0	2	0	2	4	4
		最大値		19	16	10	6	40	19	29	23
	COD (ppm)	平均値	2.9	0.2	0.4	1.0	1.5	0.5	0.5	1.0	3.8
		最大値		2.3	1.6	2.1	2.5	2.7	2.2	2.9	6.6
黒色火山性土	T-N (ppm)	平均値	0.8	-0.4	-0.4	0.4	-0.3	-0.4	0.2	35.2	222.5
		最大値		0.2	1.2	0.8	0.7	0.7	2.6	65.2	278.0
	T-P (ppb)	平均値	9	1	4	6	6	3	5	3	2
		最大値		7	9	15	16	45	21	24	9
	COD (ppm)	平均値	2.0	0.1	0.3	0.6	1.1	0.3	1.1	1.4	5.5
		最大値		1.6	2.8	1.4	3.6	10.5	7.0	11.3	6.7

各成分濃度は、無処理区が実数で各処理区は無処理区の値との差であらわした。

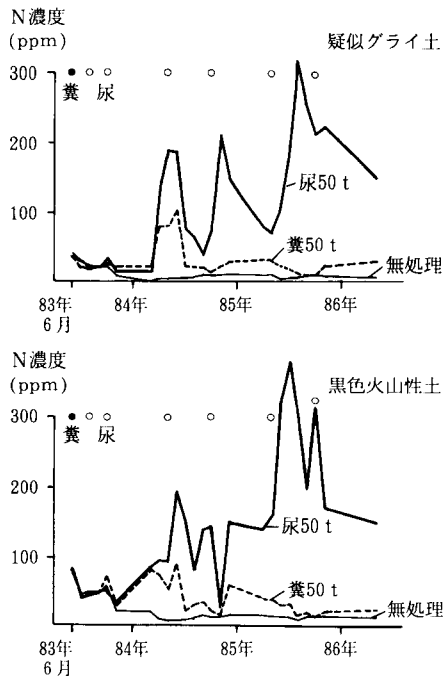


図3 浸出水中のT-N濃度(裸地系列, 1m)

例¹⁰⁾で、畜産農業(排水量20~50m³/日)に対して定められているNの排水基準値25ppm(以下、排水基準値とする)を上回るものが12~20%を占めた。

一方、同系列の尿10t区ではN濃度が30ppm前後上昇し、尿50t区では100ppmを越える高濃度のN流出が認められた。当区で上述した排水基準値を上回るものの割合は、尿10t区で36%、尿50t区では68~72%を示した。

なお、尿50t区では地表下3m部位から流出する浸透水のNも高濃度であった。

次に、草地系列では糞施用各区および尿4t、10t区におけるN濃度の上昇は僅かで、最大値も10ppm以下に留まった。しかし、尿を20t以上施用した区では裸地系列の尿施用区と同様に高い値を示しており、尿20t区で20~24%、50t区で61~70%が排水基準値を上回っていた。

以上から、草地においても尿を大量に施用した場合は、高濃度のNが地下に浸透流出するものと考えられた。

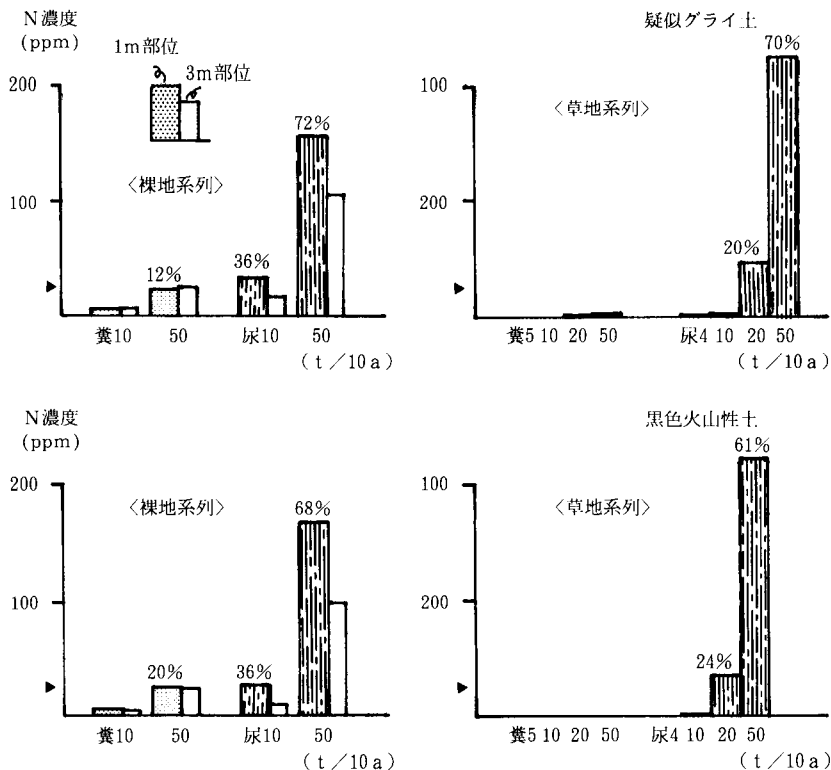


図4 糞尿施用に伴う浸出水のT-Nの上昇値
(▲印は排水基準値で、%は当値を越えたものの割合を示す)

③ 窒素の流出量と年間における流出割合

糞尿施用によるNの累積流出量（3カ年）を図-5に、また、年間流出割合について表-6に示した。

N流出量は、裸地系列では糞尿施用量の増加に伴って高まる傾向を示した。また、Nの年間流出割合は糞施用区10～14%、尿施用区12～15%で、糞尿間の差は小さかった。しかし、尿施用区の流出割合の最大値は、疑似グライ土24～26%、火山性土20～29%で、糞施用区よりも高かった。

一方、草地系列では各区とも窒素の流出量が少

なく、火山性土では見かけ上無処理区よりも低い値を示す場合もあった。また、流出割合も糞施用の各区及び尿4t、10t区では1%未満で、最大でも2%に留まった。しかし、尿を大量に施用した区の流出割合は尿20t区3～4%、50t区7～9%で、その最大値は裸地系列に匹敵する高い値を示した。

すなわち、牧草が吸収利用する量を大幅に上回る尿を施用した場合には、裸地系列と同様に窒素の流出量が増加することを表した。

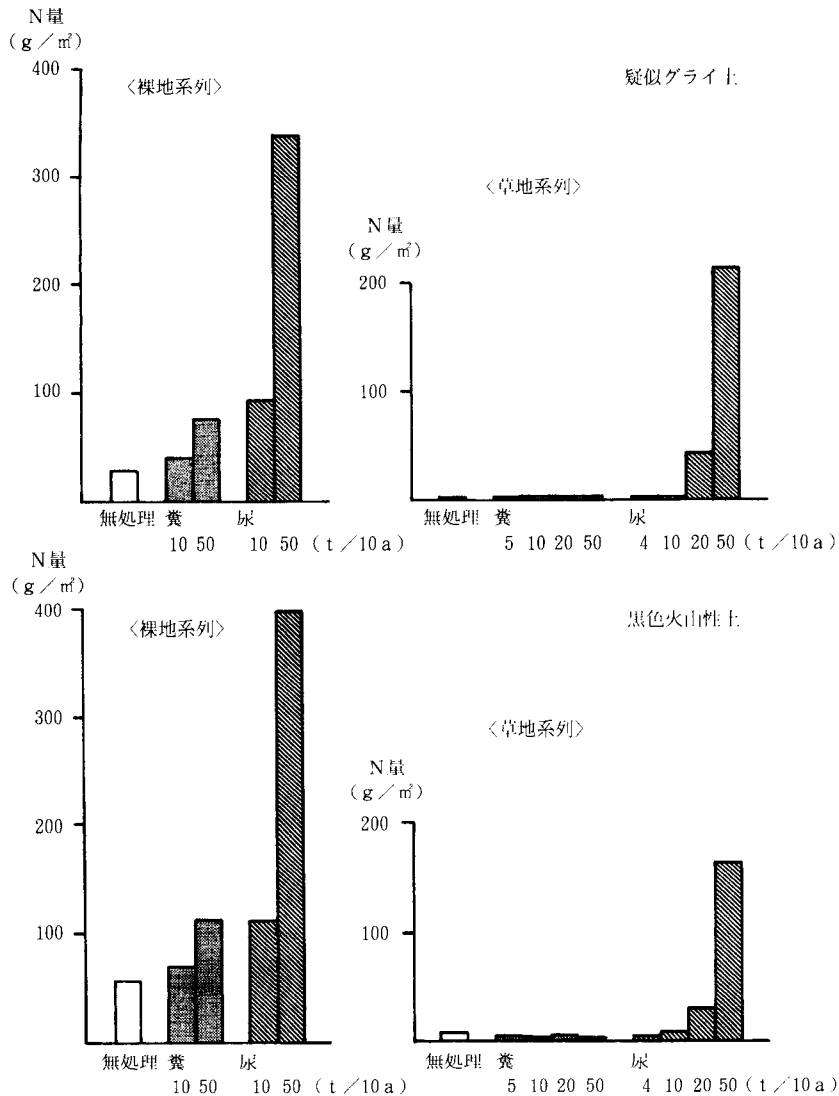


図5 糞尿施用によるT-Nの総流出量（3カ年）

表6 糞尿施用に伴う窒素の年間流出割合 (3カ年平均)

<裸地系列>

土壌	処理 項目	糞 (t/10a)		尿 (t/10a)	
		10	50	10	50
疑似グ	流出割合 (%)	11.5	9.8	14.1	13.7
ライ土	同、最大値	15.0	11.7	24.4	25.9
黒色火	流出割合 (%)	13.8	11.5	11.7	15.1
山性土	同、最大値	16.8	15.0	20.3	29.4

<草地系列>

土壌	処理 項目	糞 (t/10a)				尿 (t/10a)			
		5	10	20	50	4	10	20	50
疑似グ	流出割合 (%)	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	4.4	9.4
ライ土	同、最大値	1.1	0.8	0.7	0.3	2.2	0.9	11.7	20.2
黒色火	流出割合 (%)	-1.0	-0.6	-0.2	-0.1	-0.3	-0.1	3.1	7.3
山性土	同、最大値	-0.2	-0.1	0.1	0	0.1	0.1	8.7	16.1

④ 窒素の負荷量収支

3カ年にわたるNの収支を表-7に、またNのアウトプットの内訳を図-6に示した。

Nのインプットは施用した糞尿中の成分量から

計算し、また、アウトプットの内訳は揮散量、牧草吸収量、浸透流出量に分け、インプットされた負荷量からこれらの負荷量を差し引いた分を土壌残存N量とした。

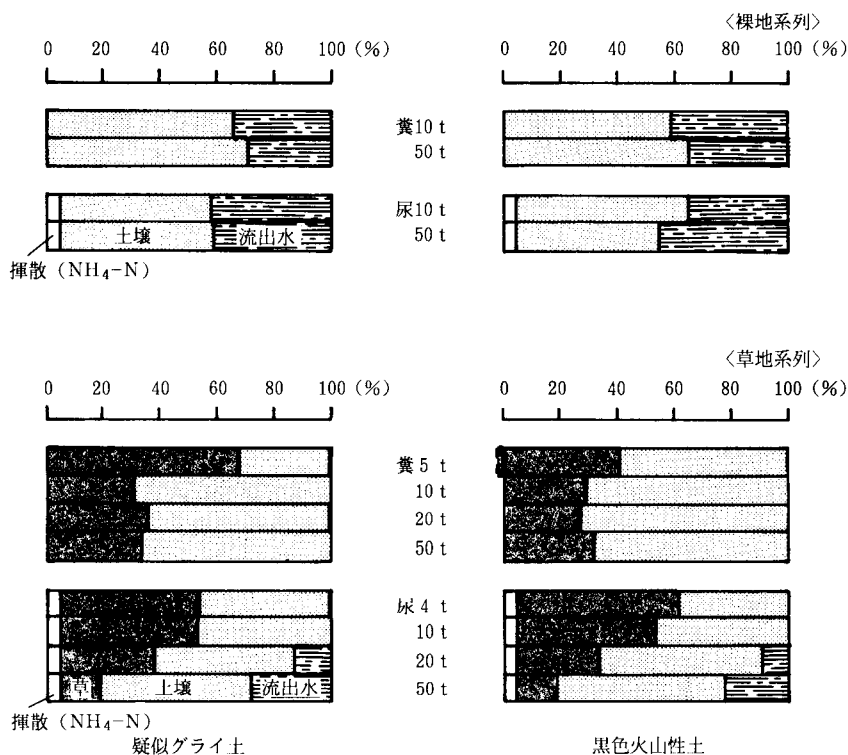


図6 糞尿施用に伴うNのアウトプットの内訳

表7 糞尿施用に伴う窒素の収支

<裸地系列>

土壌		項目	処理		糞 (t / 10 a)		尿 (t / 10 a)	
			10	50	10	50		
インプット負荷量 (g / m ²)			31.6	158.0	150.0	750.0		
疑似グ ライ土	揮散量 (g / m ²)					7.5	37.5	
	流出量 (")		10.9	46.3	63.6	308.3		
	土壌等 (") ※		20.7	111.7	78.9	404.2		
黒色火 山性土	揮散量 (")					7.5	37.5	
	流出量 (")		13.1	54.7	52.8	339.9		
	土壌等 (") ※		18.5	103.3	89.7	372.6		

※土壌等=負荷量-揮散量-流出水。

<草地系列>

土壌		項目	糞 (t / 10 a)				尿 (t / 10 a)			
			5	10	20	50	4	10	20	50
インプット負荷量 (g / m ²)			15.8	31.6	63.2	158.0	60.0	150.0	300.0	750.0
疑似グ ライ土	揮散量 (g / m ²)						3.0	7.5	15.0	37.5
	牧 草 (")		10.7	9.7	22.6	53.2	29.6	72.3	99.8	107.3
	流出量 (")		0.1	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	40.0	212.0
	土壌等 (") ※		5.0	21.7	40.2	104.5	27.0	69.8	145.2	393.2
黒色火 山性土	揮散量 (")						3.0	7.5	15.0	37.5
	牧 草 (")		6.5	9.2	17.3	51.3	34.0	73.1	86.4	106.3
	流出量 (")		-0.5	-0.5	-0.4	0.5	-0.5	-0.2	27.8	164.1
	土壌等 (") ※		9.8	23.0	46.3	107.3	23.5	69.6	170.8	442.1

※土壌等=負荷量-揮散量-牧草-流出水。

なお、揮散量については別途行った補足試験の結果¹²⁾から、施用した尿中のNの5%とした。

裸地系列のN流出割合は、糞施用区29~41%、尿施用区35~45%で、尿施用区がやや高かったが、土壌間差は判然としなかった。

草地系列の糞施用区のアウトプットの内訳は5t区を除いてほぼ同じで、牧草による吸収量は約30%、流出水中に占める割合は1%未満であった。

また尿施用区では、4t区、10t区で牧草による吸収量が約50%であったのに対して、20t以上では生育阻害によって牧草による吸収量および吸収割合が頭打ちとなった。これに伴って、尿20t以上の区では流出水中のNの割合が増加し、50t区では流出水中に占める割合が牧草による吸収量を上回った。

なお、土壌間差は殆どみられず、植生がある条件では作物生育の良否が窒素の流出を左右することを示した。

以上、裸地条件では糞尿の増施が直接流出N量

の増加をもたらすのに対して、草地では施用量が少ない条件では牧草によって吸収利用されるため流出量は小さかった。しかし、牧草生育を阻害するような大量施用では、裸地条件と同様にNの流出割合が高まった。このことから、尿の施用は牧草生育を阻害しない範囲で行うことが大切であり、このことが水質環境の保全にもつながるものと考えられた。

総合考察

農業系内における家畜糞尿の有効利用は、化学肥料の節減をもたらすばかりでなく、農業地域周辺の水質環境を保全するうえでも重要な意味を持っている。

糞尿を有効利用する場合の施用基準については、化学肥料との代替性の面で多くの検討がなされてきた。そして、飼料作物の硝酸態窒素濃度やマグネシウム含量を適正に保つための施用限界量は、乳牛スラリーで7t/10a (Nで24kg相当)⁵⁾、

また、施肥効率を考慮した場合の追肥量は年間 $4 \text{ t} / 10 \text{ a}^{6)}$ 以下といわれている。

これらは、牧草の生産量や飼料としての質的な面を考えた場合の適正限界量であって、実際に農家で施用されている量はこれより少ないのが一般的である。しかし、飼養規模の拡大に排泄物処理施設が伴わず、一部には糞尿を半ば投棄的に施用している例もみられる。こうした中で、糞尿処理に関するトラブルが発生しており、糞尿の大量施用が作物生育に及ぼす影響だけではなく、農業系外に流出する成分についても考慮する必要に迫られている。なお、糞尿中成分の系外への流出を把握しておくことは、周辺水域や地下水の水質保全に貢献するばかりでなく、農業系内における省資源を図るうえでも有効と思われる。

本試験では、以上の背景を踏まえて牧草の品質や生産面に対する施用限界量を整理するとともに、水質保全からみた家畜糞尿の許容限界量について検討を行った。

まず、窒素質肥料を大量に草地に施用した場合に問題となるのは、飼料となる牧草の硝酸態窒素濃度である。飼料作物中に多量の硝酸塩が含まれると、反芻動物では硝酸中毒症¹³⁾を引き起こすといわれており、その限界量は $\text{NO}_3\text{-N}$ に換算して 0.2% とされている。本試験でも尿を大量に施用した場合には牧草体の硝酸態窒素濃度が高まり、窒素で $50 \text{ kg} / 10 \text{ a}$ (尿 10 t) に相当する施用量で危険値の 0.2% を大きく上回った。この結果は既往のデータ⁵⁾ とほぼ同様の傾向を示しており、一度に尿を窒素用量で $20 \text{ kg} / 10 \text{ a}$ (N 0.5% の尿で 4 t) 以上施用した場合には牧草体の $\text{NO}_3\text{-N}$ が危険値を越える恐れのあることが裏付けられた。

なお、牛の糞尿中には窒素と同様にカリウムが多く含まれており、牧草の飼料としてのミネラルバランスの面からカリウムが施用量の制限因子になることも考えられた。

糞尿の大量施用が牧草の生育量に及ぼす影響は、糞では判然としなかったが、尿施用では明らかであった。尿の大量施用が牧草生育に及ぼす影響は、土壌水分含量の多少によって異なり、低水分条件下で減収が明らかであった。すなわち、牧草生育を正常に維持するための尿の施用限界量は窒素用量で 50 kg 以下で、一度に窒素 $100 \text{ kg} / 10 \text{ a}$

以上の尿を施用した場合には、牧草生育の維持そのものが困難になることを示唆した。

次に、土壤に施用された糞尿中の肥料成分の浸透流出について述べる。水質環境で問題とされる窒素、リン及び COD (化学的酸素要求量) の中で、糞尿施用に伴うリン、COD の浸透流出量は僅かで、極端に地下水位が高い時や土壤の亀裂等から流出する場合を除けば問題にはならないものとする。従って、水質保全上問題となる浸透水中の成分としては、窒素が中心になるものと思われる。

裸地条件で糞を施用した場合、 $10 \text{ t} / 10 \text{ a}$ まで流出水の窒素濃度、量とも低い値であった。しかし、 $50 \text{ t} / 10 \text{ a}$ 施用では 100 ppm を越える高濃度の窒素が流出し、その流出量は無処理区の 2 倍以上となった。さらに、当処理区では地表下 3 m から流出する水の窒素濃度も高く、高濃度の窒素流出が深層にまで及んでいた。このことから、春先にはまだ裸地条件に等しい畑地等では、耕起時に施用する糞は $10 \text{ t} / 10 \text{ a}$ 以下とするのが妥当と考えられた。なお、裸地条件下では尿施用による窒素流出が明らかであることから、尿施用は控えるべきである。

一方、草地では施用した糞尿中の肥料成分が牧草生産に寄与するため、裸地に比べると窒素の流出は少なく、糞施用では流出水の窒素濃度の変化は小さかった。すなわち、牧草生育が旺盛な条件では、糞を $50 \text{ t} / 10 \text{ a}$ 施用した場合でも浸透水による水質汚濁はほとんどみられず、大量の糞を連用しない限り水質保全上問題にならないものと推察された。

同様に、草地の尿を施用した場合も、年に $10 \text{ t} / 10 \text{ a}$ (N で 50 kg 相当) までは牧草収量に反映され、流出水の窒素濃度、流出量の変化は小さかった。しかし、 $20 \text{ t} / 10 \text{ a}$ (N で 100 kg 相当) 以上では牧草生育が停滞し、牧草による吸収量が頭打ちとなり、それに伴って高濃度の窒素流出が認められた。この結果は、牧草生育が阻害される尿施用の限界量が環境保全上問題となる許容量とほぼ一致することを表しており、牧草生育が維持できる範囲内で糞尿を有効利用することが水質環境の保全にもつながることを示唆した。

以上の結果をもとに各項目ごとに尿の施用限界量を整理したのが図-7 である。

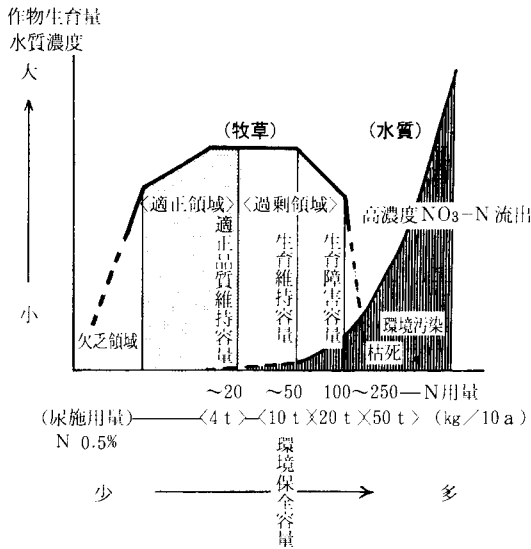


図7 尿施用量(N用量)による容量区分

すなわち、尿の施用限界量は、飼料の品質を考えた場合〈適正品質維持容量〉は4 t/10 a (N 20kg相当)以下、また、牧草生育を維持するための限界量〈生育維持容量〉は10 t/10 a (N 50kg相当)と区分された。

また、環境保全からみた糞尿の許容限界量は、裸地条件(畑条件)では糞10 t/10 a、草地では牧草生育が旺盛な条件で糞50 t/10 a、尿10 t/10 a・年(Nで50kg相当)と考えられた。

なお、当許容量はいずれも単年施用の結果で、連用に当たっては別途検討する必要がある。

謝辞 本稿を提出するに当たってご指導、ご校閲をいただいた環境資源部長菊地晃二氏、農芸化学部長相馬暁氏、天北農業試験場長大崎玄佐雄氏に対し謝辞を表す。また、本試験を行うに当たってご協力をいただいた環境保全科長土居晃郎氏はじめ同科研究員諸氏に対し感謝する。

引用文献

1) 桜井善雄.“農地排水による河川及び地下水の

汚染”. 農業土木学会誌. 43, 14-20 (1975).

2) 米田茂男.“農業排水による肥料成分の排出機構, 1-14”. 農業及び園芸. 55 (10)-57 (4). (1980-82).

3) 大村邦男.“酪農経営と周辺の水質環境”. 北海道草地研究会報. 25, 16-21 (1991).

4) 近藤秀雄, 原楨 紀.“採草地における液状きゅう肥の施用効果”. 北海道農試研究報告. 138, 31-49 (1983).

5) 北海道立新得畜産試験場.“牧草・サイレージ用とうもろこしに対する乳牛スラリーの還元法および施用効果に関する試験”. 昭和55年普及奨励事項ならびに指導参考事項. 北海道農務部編. 1980. p. 409-426.

6) 松中照夫, 小関純一, 近藤 熙.“根釧地方の混播採草地に対する液状きゅう肥の効率の施用”. 北農. 55 (9), 30-44 (1988).

7) 早川康夫, 橋本久夫, 奥村純一.“根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験, 第9報, 厩肥と糞汁の肥効について”. 北海道立農試集報. 15, 84-100 (1967).

8) Kemp, A. ;Thart, M. L. “Grass tetany in grazing milking cows”. Neth. J. Agric. Sci., 5, 4-17 (1957).

9) 大村邦男, 黒川春一.“融雪期の表面流水が河川の水質に及ぼす影響”. 北海道立農試集報. 62, 35-45 (1991).

10) 茨城県環境局編.“霞ヶ浦富栄養化防止条例関係例規集”. 1983.

11) 環境庁編.“環境白書”. 環境庁. 1988.

12) 北海道立中央農試, 環境保全部.“環境(水質)保全からみた牛糞尿の施用限界量の設定”. 昭和64年普及奨励ならびに指導参考事項, 北海道農務部. 1989. 336-338.

13) 吉田則人.“牧草類の硝酸蓄積について”. 北海道草地研究会報. 8, 94-103 (1974).

14) 大村邦男, 黒川春一.“牛ふん尿の成分特性と汚濁負荷の発生”. 北海道立農試集報. 59, 1-7 (1989).

Allowable Limit of Cattle Feces in Environmental View of Water Quality

Kunio OHMURA*¹, Haruichi KUROKAWA*²

Summary

An optimum application of cattle feces was studied in consideration of growing grass and elements of grass in vivo.

When cattle feces were applied abundantly, among the osmotic and outflow elements, allowable limit of nitrogen osmosed and flown out was estimated in concentrations and volume to maintain the environmental water quality.

When cattle feces were used abundantly, its influence on sprouting and growth of the grass have not been known clearly. However, when that was applied abundantly under the drylot conditions, outflow of nitrogen was noted at the higher concentrations, the allowable limit of which was presumed to be 10 t / 10 a in the drylot and upto 50 t / 10 a in the grassland.

On the other hand the effect of cattle urine applied was noted on growth of the grass and internal elements of the grass respectively, either one of them being defined as follows :

In consideration of the grass quality as feed, an amount of application (a volume to maintain the optimum quality) was 4 t / 10 a (equivalent to 20 kg of N), and the allowable limit to maintain growth of the grass was 10 t / 10 a (equivalent to 50 kg of N) .

Further, when urine was used abundantly outflow of nitrogen at the higher concentrations was noted even in the grassland, thus the allowable limit to maintain the water quality therearound was considered to be upto 10 t / 10 a (equivalent to 50 kg of N).

Meanwhile, under the drylot conditions, marked outflow of nitrogen associated with application of urine is expected, therefore, it is advisable to refrain from applications of urine under the drylot conditions.

*¹Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.

*²Denki Kagaku Kogyo K. K, Chuo, Sapporo, Hokkaido, 060 Japan.