

極寒冷地域における放牧草地の維持管理法

第2報 排泄ふん中の窒素、りん酸、カリの土壌 および牧草への移行

袴田 共之[†] 平島 利昭[†] 奥村 純一^{††}

MANAGEMENT OF PASTURE IN THE COLD REGION

II Transfer of the Nitrogen, Phosphate, and Potassium in Dung to Soil and Forage

Tomoyuki HAKAMATA, Toshiaki HIRASHIMA & Jun-ichi OKUMURA

放牧草地における地力維持や施肥管理技術を確立するためには、放牧に伴うふん尿排泄物の評価がきわめて重要である。本研究では、その一環として、とくに排ふん地点におけるふん→土壌→牧草への窒素、りん酸およびカリ成分の移行について実態調査をした。その結果排泄されたふんからのこれらの成分の放出は、初期にはふん中の水溶性部分に由来するものが多く、ふんの乾燥固化が進むと、ふん自体の分解に伴って緩慢に放出され、排ふん後3か月目でもなお土壌および牧草に影響を及ぼしていることがわかった。

I 緒 言

放牧草地における家畜のふん尿排泄は、草地管理上マイナスの評価をうける場合が多い。すなわち、草地利用の面では、ふん尿排泄地点の草は、成分組成の異常や特殊な臭気のため、家畜の嗜好性が低下して不食過繁地を形成し、草地の利用効率を低下させる^{5) 8) 13)}。また、草地の地力維持面からは、採食草中の肥料成分の大部分が、ふん尿として還元されるため、採草地に比べ、肥料成分をは場外に持ち出すことは少ないが、反面広範囲に採食された牧草中の肥料成分が、ふん尿として局所的に還元されるため地力を不均一化すること^{5) 6) 8)}、あるいは草地表面に置かれるため、その一部は揮散すること²⁾などから、施肥管理上でも控え目に評価されているようである。

草地管理技術上、不食過繁地の処理については、ふん尿成分の還元という見地から施肥管理面へ結びつけて検討された例^{8) 9)}は少なく、知見を一般化するためには、さらに検討を重ねる必要がある。

放牧草地は土→草→家畜の生態系として理解されるべきであるが、ふん尿還元現象もその立場から解明する必要がある。したがって、個々の排泄地点における養分の移動、拡散を主題とした、点としての把握とともに、草地全体への還元量やその分布特性など、いわば平面的な把握^{11) 12)}の両面を追究し、この両者を結びつけて、総合的な地力評価と施肥技術への活用をはかるべきであろう。今回、著者らはその一環として、まず排ふん地点における窒素、りん酸およびカリ成分の移動について若干の調査を行なったので、その結果を報告する。

なお本報告をとりまとめるに当たって、ご指導とご校

[†] 根釧農業試験場

^{††} 元根釧農業試験場(現天北農業試験場)

関を賜った根釧農業試験場長松村宏、中央農業試験場化学部長森哲郎および Massatussets 大学教授 Dr. Mack DRAKE の諸氏に対して深く感謝します。

II 実験方法

1. 排泄ふんからの窒素, リン酸, カリの放出と土壌中への移行

2,000分の1aのワグネルポットに、摩周統火山灰土の作土 10kg を充填し、その上に排泄直後のふん 2kg を載せて放置し、これより経時的にふんおよび土壌を採取して分析に供した。ポットは戸外で、自然降水下におき大量降雨時には下栓をはずし過剰水を排除した以外は、水分調節を行なわなかったが、極端な乾燥、湿潤状態にはならなかった。

なお、実験期間中の降雨および蒸発量を Table 1 に示した。

ふんおよび土壌の試料採取は、処理後92日目まで3〜20日ごとに10回行なった。ふん直下の土壌は15cmまで3cmごとに5層に分けて採土し、とくに30日目には、ふん側方部分についても同様に採土した。

ふんの分析は、乾燥試料を5mm以下に粉碎したものについて、牧草分析と同様の方法で行ない、水溶性部分は蒸留水で1時間振盪抽出したろ液について測定した。土壌分析は、風乾細土について、無機態Nは5% KCl 浸出液を、CONWAY微量拡散法で測定し、 P_2O_5 は2.5% CH_3COOH 浸出、 K_2O は、 $N-CH_3COONH_4$ および蒸留水浸

出の各部分について測定した。

2. ふんに由来する土壌カリの抽出実験

摩周統火山灰表土について、未墾土、牧草3要素試験5年目の無カリ区跡地、放牧地における排ふん当日および24日目のふん直下土壌など4点を供試し、 $N-CH_3COONH_4$ によるカリの連続抽出および繰返し浸出を行なった。連続抽出はフラクションコレクターのカラムに約10gの土壌を充填し、これにほぼ飽和になるように抽出液を連続滴下し、下方から抽出液 10cc ずつ分画採取した。繰返し浸出は、供試土に10倍量の浸出液を加え、振盪後ろ過し、さらにこれを2日ごと、5回繰返し浸出した。このようにした分画抽出液および繰返し浸出液について常法により K_2O を測定した。

3. 排ふん地点の牧草の窒素, リン酸, カリ含有率

根釧農試の放牧地(採草畑より更新して2年目)において、排ふん地点と非排ふん地点を各10箇所ずつ選び、経時的に牧草を採取し、常法により分析した。採取時期は、6月下旬の放牧後22日目、42日目、85日目の3回、および7月上旬の放牧後15日目、43日目の2回であった。なお、6月下旬の放牧後調査では、排ふん地点の1か所についてふん周囲の牧草を同心円状に分けて採取し分析した。

III 調査結果

一般に排ふん地点周辺の牧草は生育おう盛とな

Table 1 Rainfall and evaporation under the treatment

Date	May				June			July	August	
	24-26	27-29	30-1	2-4	5-7	8-12	13-22	23-2	3-3	4-23
Days after treatment	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-20	21-30	31-40	41-72	73-92
Rainfall (R) (mm)	0	0	0	47	137	32	13	176	56	37
Evaporation (E) (mm)	12	7	12	6	2	14	30	20	69	52
Difference (R-E)	-12	-7	-12	41	135	18	-17	156	-13	-15

り、葉色も濃い。その1例として早春放牧前の草地における調査の結果を Table 2 に示した。すなわち、排ふん地点の牧草は、非排ふん地点のものに比べ草丈がまさり、窒素含有率も高いが、その傾向はとくに養分供給に乏しいと思われる荒廃草地で顕著であった。また、ふんの分解程度によ

Table 2 Height and nitrogen contents of grass at dung patch

Grassland		State of dung		
		None	Crusty	Negligible
High production	Height (cm)	15.5	18.4	21.2
	N cont. (%)	3.23	3.30	3.61
Poor production	Height (cm)	10.0	16.7	17.0
	N cont. (%)	2.38	2.94	3.04

Notice) Investigation at the grasslands before first grazing in late May

っても異なり、未分解でクラスト状に残っている場合よりも、分解が進み、痕跡程度にしか残っていない場合の方が、早春の牧草生育に対し、より大きい影響がみられた。

この結果は、排泄ふんの肥料養分的効果の一端を示すとともに、その成分放出が、ふんの分解に左右されることを示唆していた。

1. 排泄ふんからの窒素、りん酸、カリの放出経過

上記のような排ふん地点の牧草に対する養分供

給の実態を明らかにするため、排泄ふんからの成分放出について調査した結果を Table 3 に示した。

ふんの全窒素濃度は、かなりの変動がみられるが、調査期間中明瞭な低下がみられなかった。水溶性窒素は排ふん初期にはやや高かったが、経時的に減少傾向を示した。すなわち、ふんからの窒素放出は、初期には、新鮮ふん中の水溶性部分からの放出が主体と思われ、その後はふんが固化するため、残余の水溶性部分が、降水などにより溶出することは容易でなく、ふん自体の分解に伴って放出されるものと推定された。

ふん中の全りん酸は、新鮮なふんでは比較的高含量を示したが、40日目以降ではほぼ一定の値を示した。水溶性りん酸の全りん酸中に占める割合は、窒素の場合より高かったが、経時的減少傾向は全りん酸と同様であった。これらのことから、排ふん直後は水溶性りん酸に富み、その放出も多いが、ふんの固化が進む40日目以降はふんの分解に伴って徐々に放出されるものと思われた。

ふん中の全カリは、窒素、りん酸に比べ少なかったが、大部分水溶性であった。経時的な変動は、りん酸と同様、30~40日目まで低下してゆくが、以後ほぼ一定となり、やはりふんの分解を経て初めて徐々に放出されるものと思われた。

なお、実験中の観察によれば、供試した排泄直後のふんは、2~3日後にはすでに表面がクラス

Table 3 Changes of N-P-K contents in air dried dung

Days after excretion	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Total (A) %	Water soluble (B) %	B/A × 100 %	Total (A) %	Water soluble (B) %	B/A × 100 %	Total (A) %	Water soluble (B) %	B/A × 100 %
6	2.79	0.08	2.9	1.44	0.32	22	0.35	0.36	103
9	3.30	0.04	1.2	2.27	0.44	19	0.56	0.56	100
12	2.85	0.04	1.4	1.94	0.36	19	0.34	0.29	85
15	3.48	0.04	1.2	2.34	0.17	7	0.31	0.26	84
20	2.80	0.04	1.4	1.68	0.28	17	0.26	0.19	73
30	3.15	0.02	0.6	1.91	0.21	11	0.29	0.25	86
40	3.18	0.02	0.6	1.66	0.19	12	0.19	0.16	84
72	2.98	0.03	1.0	1.69	0.16	10	0.19	0.15	79
92	3.44	0.02	0.6	1.69	0.21	12	0.17	0.14	82

ト状を呈していたが、その内部はなお水分が多く軟弱であった。しかし、20～30日を経ると内部まで乾燥し、ほとんどが固化するに至った。したがって、排泄ふんからの成分放出はごく初期は主に水溶性部分の溶出によるが、排ふん後30～40日目以降は、このようなふんの固化現象のため、各成分の放出が制限され、ふん自体の分解に依存するものと考えられた。

2. 排ふん地点における土壌中の窒素、りん酸、カリ含量の推移

ふんから放出された成分の土壌中への移行経過は、実際の放牧地で検討すべきであろうが、ここでは前項のふん中成分の放出経過との関連で追跡した。

ふん直下の土壌 pH を Table 4 に掲げた。それによると、排ふん後6～20日まではやや低い

pH を示したが、顕著な変動は認められなかった。

Table 5 には、ふん直下土壌の無機態窒素の消長を示した。これによると、表層 3 cm までの無機態窒素は、排ふん後12日目ころより明らかに増加し3～6 cm 層でも若干の増加が認められた。しかも、これらの大部分は硝酸態窒素の増加であった。このような増加は、おそらく、この時期の降雨(10～12日目に 47mm, 13～15日目に 137mm)によってふん中の水溶性窒素が土壌中に移行したものと考えられ、また下層への影響が少ないのは、放出速度が緩慢で、放出量が少ないためと思われる。20～40日目以降、日を経るに従って表層の無機態窒素が減少していたが、この機作については別途検討中である。

ふん直下の土壌りん酸は、牧草に対して比較的

Table 4 Changes of pH of soil under excreted dung

Depth of soil	Days after excretion						
	3	6	9	12	20	40	92
0- 3cm	5.65	5.35	5.26	5.40	5.60	5.77	5.60
3- 6	5.50	5.59	5.59	5.54	5.69	5.70	5.68
6- 9	5.50	5.68	5.77	5.67	5.86	5.51	5.60
9-12	5.83	5.61	5.70	5.71	5.85	5.46	5.46

Table 5 Changes of inorganic nitrogen of soil under excreted dung (mg/100g)

Nitrogen	Depth of soil (cm)	Days after excretion									
		3	6	9	12	15	20	30	40	72	92
NH ₄ -N + NO ₃ -N	0- 3	10.8	4.6	3.5	22.7	28.6	11.6	12.9	3.6	1.8	2.9
	3- 6	3.9	—	5.1	10.7	9.6	3.8	7.0	3.2	4.0	1.4
	6- 9	3.2	2.4	5.8	6.5	4.5	3.3	3.0	2.1	5.0	2.0
	9-12	3.0	2.6	5.7	5.3	3.5	2.5	2.6	2.7	4.0	1.5
NH ₄ -N	0- 3	1.1	1.4	1.2	1.4	2.9	1.1	1.7	2.4	—	1.2
	3- 6	1.5	—	1.6	2.3	1.9	1.7	2.2	1.9	—	0.5
	6- 9	1.2	1.4	1.5	1.3	3.4	1.8	2.2	2.0	0.2	1.2
	9-12	1.9	0.7	1.7	1.2	1.8	1.5	1.4	2.0	0.1	—
NO ₃ -N	0- 3	9.7	3.2	2.3	21.3	25.7	10.5	11.2	1.2	—	1.7
	3- 6	2.4	—	3.5	8.4	7.7	2.1	4.8	1.3	—	0.9
	6- 9	2.0	1.0	4.2	5.2	1.1	1.5	0.8	0.1	4.8	0.8
	9-12	1.1	1.9	4.0	4.1	1.7	1.0	1.2	0.7	3.9	—

可給度の高い 2.5% 酢酸可溶りん酸¹⁾ を測定し、Table 6 に示した。ふん中のりん酸は 30~40 日目まで多く放出されることは前述したが、土壌中のりん酸は、このころから徐々に増加し、時期的ずれがみられた。これはふんの分解に伴って添加されるりん酸が増加することの反映とも考えられるが、初期放り出りん酸が土壌中で難溶化され、後半可給度の増加となってあらわれたためと思われる。また、40 日以後 (7 月~8 月) は下層において

もやや多くなっていることから、元来土壌中にあったりん酸が、地温上昇に伴って、可給りん酸の増加²⁾ としてあらわれたのかも知れない。したがって、この場合、ふんからの放出に由来するりん酸の増加としてとらえるためには、若干割引いて考える必要がある。いずれにしてもりん酸は、実験期間中の放出量が少ない上に、移動性に乏しいことから下層土への移行はほとんどみられないものと思われた。

Table 6 Changes of 2.5% acetic acid soluble phosphate of soil under excreted dung (mg/100g)

Depth of soil (cm)	Days after excretion									
	3	6	9	12	15	20	30	40	72	92
0- 3	6.2	5.6	5.7	4.0	4.1	5.3	7.0	8.0	12.1	10.8
3- 6	5.3	5.8	4.9	4.0	5.6	4.8	5.4	6.8	7.6	7.6
6- 9	5.1	5.8	4.8	2.6	3.9	3.5	5.3	5.8	7.1	6.9
9-12	5.3	6.3	5.1	4.0	5.0	4.2	4.8	6.9	7.9	7.7
12-15	5.3	5.3	4.8	3.6	5.3	5.3	4.0	6.0	5.8	6.7

Table 7 Changes of soil potassium under excreted dung (mg/100g)

Potassium	Depth of soil (cm)	Days after excretion									
		3	6	9	12	15	20	30	40	72	92
Water soluble K ₂ O (A)	0- 3	24.7	38.3	37.6	54.0	51.2	27.6	20.0	7.3	21.3	6.7
	3- 6	7.0	5.5	5.7	13.3	13.3	10.3	12.0	6.3	10.0	5.5
	6- 9	5.2	4.3	5.2	6.0	6.3	6.0	6.0	5.7	8.5	4.6
	9-12	5.5	4.3	4.6	4.9	4.6	4.6	4.9	5.5	8.3	4.0
	12-15	5.7	4.6	5.2	5.5	4.6	4.3	4.0	4.6	5.5	3.8
Exchangeable K ₂ O* (B)	0- 3	59.3	88.0	88.7	59.8	56.6	84.9	78.0	78.7	66.7	47.8
	3- 6	30.0	33.5	32.3	45.2	53.7	65.2	60.0	62.2	58.0	42.0
	6- 9	27.3	28.2	26.8	31.0	36.7	52.5	45.0	52.8	45.0	35.4
	9-12	30.5	29.7	30.9	31.1	27.9	33.4	35.1	37.5	34.3	30.5
	12-15	31.3	29.9	30.3	29.0	27.9	29.7	30.5	29.9	32.5	26.2
Water soluble ratio** (%)	0- 3	29	30	30	48	48	25	20	9	24	12
	3- 6	19	14	15	23	20	14	17	9	15	12
	6- 9	16	13	16	16	15	10	12	10	16	12
	9-12	15	13	13	14	14	12	12	13	20	12
	12-15	15	13	15	16	14	13	12	13	15	13

* This figure is a reduction of the value of water soluble K₂O (A) from that of N-NH₄OAc soluble K₂O.

** A/(A+B) is shown here.

Table 7 には、ふん直下土壌の水溶性および置換性カリを示した。両形態のカリとも、前述のふん中のカリ含有率低下に伴って、土壌中では明らかに増加していた。すなわち、排ふん後15日目ころまでは、土壌中の水溶性カリの割合が高く、この時期までのカリ供給が多かったものと思われた。しかし、20日目以降は、ふんよりのカリ供給が漸減するため、表層の水溶性カリは減少するが、置換性カリは表層ではやや減少するが、3～9 cm では増加または横ばい状態となった。これは、両形態カリの平衡状態が、表層からの水溶性カリの供給により置換性側に進んだものと思われた。一方、置換性カリの下方移動をみると、12～15日目では6 cm、15～20日目では9 cm、20～30日目では12 cm まで浸透していたが、以下の層にはほとんど増加がみられなかった。

ふんに由来する土壌カリの特性について調査するため $N-CH_3COONH_4$ による連続抽出および繰返し浸出を行なった結果を Fig. 1 および Table 8 に示した。それによると、未墾土(雌阿寒岳火山灰)

Table 8 Soil potassium extracted repeatedly by $N-NH_4OAc$ (mg/100g)

Soils	Extraction time				
	1	2	3	4	5
Virgin soil	27.8	3.9	2.3	2.3	2.3
Soil of no potassium plot	4.1	2.1	1.6	1.6	1.6
Soil under new dung	24.7	3.0	1.6	1.6	1.6
Soil under dung 24days after excretion	75.3	8.1	2.3	1.6	1.6

は初期に抽出されるカリが比較的少なく、その上放出速度は緩慢で、連続的に永く抽出された。無カリ区の跡地土壌では、初期の放出量が最も少なく、かつ短時間にその大部分が抽出された。これらに対して、排ふん跡地土壌では、いずれも初期抽出量がきわめて多いが、無カリ区跡地土壌よりわずかに遅れる程度で、その大部分は急速に抽出された。すなわち未墾土ではカリ給源から緩慢に放出されるが、ふんに由来する土壌カリは含量が

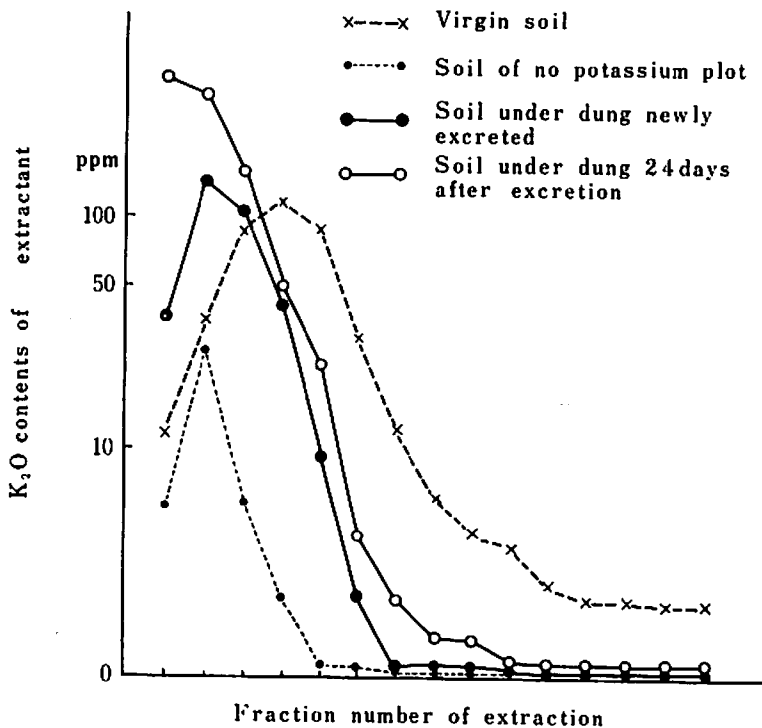


Fig. 1 Soil potassium extracted continuously by $N-NH_4OAc$

Table 9 Cubic distribution of soil inorganic nitrogen and exchangeable potassium under dung (mg/100g)

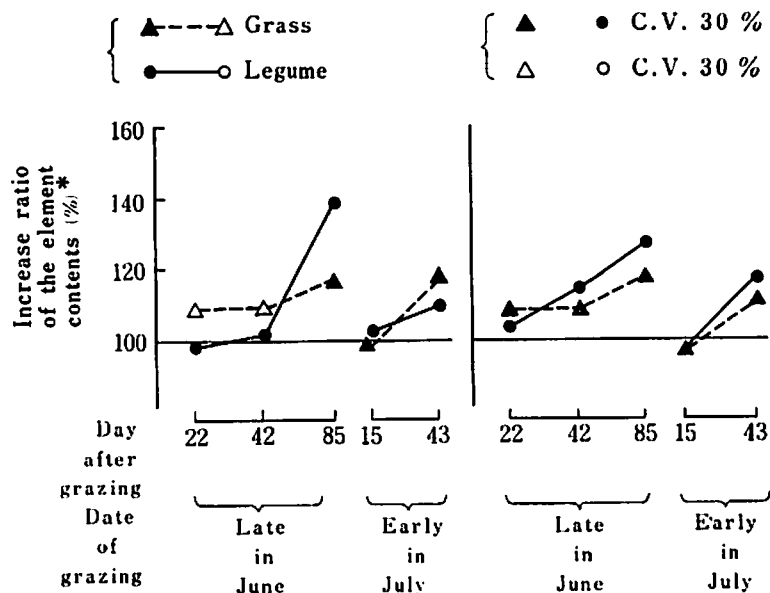
Elements	Depth of soil (cm)	Under dung	Distance from dung		Non-excreted point
			3.5cm	3.5-7.0cm	
Inorganic nitrogen	0- 3	8.8	10.3	9.1	8.6
	3- 6	8.8	8.8	8.7	8.3
	6- 9	8.9	7.9	8.5	8.1
	9-12	8.2	9.0	8.5	8.1
	12-15	6.1	8.8	9.1	8.3
Exchangeable potassium	0- 3	91	25	17	13
	3- 6	22	18	16	14
	6- 9	21	17	16	13
	9-12	16	16	16	16
	12-15	15	16	17	14

Notice) 30days after excretion

多く、しかもその大部分は容易に放出される性質をもっていた。

ふんより放出された成分の水平方向への移行をみるため、処理後30日目の土壌の窒素とカリにつ

いて調査し、Table 9 に掲げた。これによると、両成分とも糞周 3.5cm までの表層土でやや増加していた程度で、水平方向への移動はきわめて少なかった。



$$* \text{ Increase ratio of the element contents} \\ = \frac{(\text{Cont. of herbage at dung patch})}{(\text{Cont. of herbage without dung})} \times 100(\%)$$

Fig. 2 Changes of N-P-K contents of herbage at dung patch

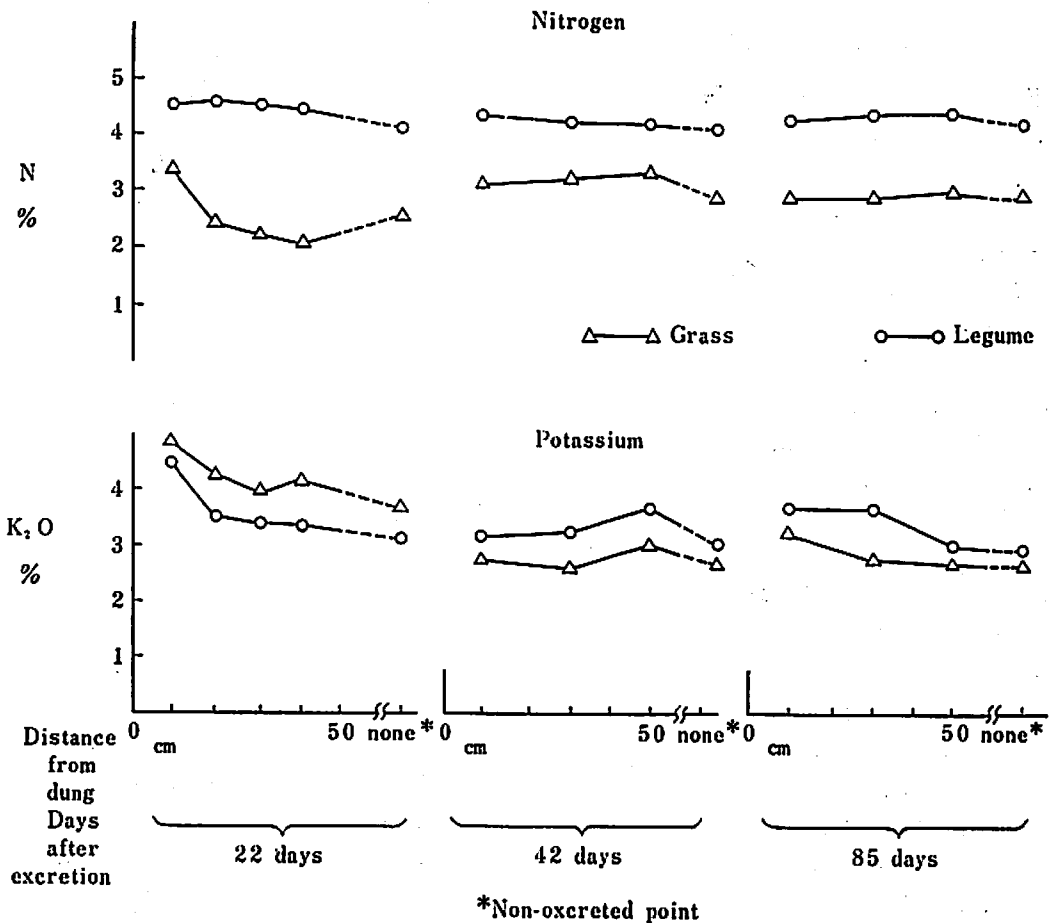


Fig. 3 Changes with time of N-P-K contents of herbage around the dung

4. 排ふんが牧草の窒素およびカリ含有率に及ぼす影響

排ふん地点および非排ふん地点における牧草中の窒素およびカリ含有率を比較した結果を Fig. 2 に示した。放牧草地の牧草成分は変動が大きく、調査点数を多くする必要があるが Fig. 2 は 10 点のサンプルの平均であり、変動係数 30% 以上のものと、それ以下のものとを分けて示した。なお、りん酸含有率は変動係数が大きい上に、一定の傾向は認め難かったので割愛した。

排ふん地点における牧草では、窒素およびカリ含有率は明らかに高く、日数経過とともにその傾向が大きくなった。また、施肥窒素に対する依存度の低いマメ科牧草についても、窒素含有率の上昇がみられた。

つぎに若干の代表地点について、排泄ふん周囲の牧草がどの位の範囲まで影響されるかを、窒素とカリについてみたのが Fig. 3 である。

これによると、イネ科牧草の窒素含有率は、22 日後の 10cm 以内でやや高いが、その後は明らかでなかった。これに対し、カリ含有率はイネ科、マメ科牧草ともに排ふん初期には排泄ふんに近いほど高く、さらに 85 日後でもマメ科牧草はふん周 30cm まで、イネ科牧草は 10cm まで高い値を示した。

以上のことから、排泄ふんは、とくに牧草の窒素とカリ濃度を高め、カリについても約 3 か月後まで、その影響が継承されていることがわかった。また、その影響の及ぶ範囲はふん周 30cm 程度と推定された。

IV 考 察

放牧草地における家畜の排ふん現象は、草地生態系における成分循環の一面面としては握する必要がある。そこで、本実験結果から、肥料成分としての窒素、りん酸およびカリについて、ふん→土壌→牧草への移行過程について考察した。

第一段階として、ふん→土壌への成分移行である。この過程は主としてふんからの成分放出過程として考えることができる。ふんからの成分放出はふんの外観的特徴と密接な関連をもつものと思われる。すなわち、排泄直後の新鮮なふんは、軟弱で水分が多く、りん酸やカリでは水溶性成分に比較的富んでおり、とくにカリではその大部分が水溶性である。したがって、この時期の各成分の放出は、比較的容易であると思われ、たとえば降雨などがあればかなりの量が土壌に移行されよう。その後ふんは表面より漸次乾燥し、クラスト化してゆくが、その初期にはなおふん内部や土壌との接触面に湿潤な部分が残されている。しかし、一旦クラスト化が進行したふん中の肥料成分は、多少の降雨では容易に洗い出されない状態となる。このような時期は、排ふん後30～40日目以降であり、ふんの成分組成がほぼ一定となる時期に相当する。しかも、まだ大半の成分がふん中に止まっており、その後ふんのクラスト化部分の分解に伴って、きわめて緩慢に放出されてゆくものと推定される。

ふんからの成分放出の大部分が、このように、ふんの分解に伴って土壌へ移行するものとする。ふんの分解時間が問題となる。ふんの分解の遅速は、気候条件に左右され、気温の高い夏や、本州以南などでは、比較的早い。が、冷涼な根釧地方などではより遅く、夏でも数か月、冬をはさめば9～10か月にわたるようである⁷⁾。この点から考えると、ふんから放出された成分が牧草に及ぼす影響は、根釧地方などではさらに長期にわたるものと思われる。

第2の段階としては、ふんから放出された肥料成分の土壌中での移行過程がある。ふんからの放出成分は、土壌に移行した後は、その要素によ

って移動の状態が異なってくる。窒素は土壌に移行した後は、表層にあることや、その量も多くないため、大部分が容易に無機化、硝化あるいは揮散を受けるものと思われる。りん酸は、たとえ水溶性で移行しても、りん酸固定力の強い火山灰土壌では、直ちに不可給態化され、ある程度以上の蓄積があった後初めて、可溶性りん酸の増加となつてあらわれる⁸⁾。カリは水溶性で比較的多く移行するので、土壌中の増加も多く、やや深くまで侵入していた。

放出成分の土壌中における拡散は、土壌の物理的条件によって大きく影響されよう。とくに実際の放牧草地では蹄圧による土壌の緊密化のため、透水性が低下している場合や傾斜地などでは、側方移動も考えられる。本実験ではこの点については検討していないが、ふんからの初期放出量が少なく、その後もふんの分解に伴って徐々に放出されるため、土壌のごく表層のみの増加に止まり、また側方への移動も少ないように思われた。

第3段階として、土壌→牧草への過程がある。ふんに由来する土壌中の可給態成分は牧草に容易に吸収される。したがって、排ふん初期に放出される水溶性成分によって牧草中の含有率も高まり、窒素とカリでこの傾向が明らかであった。りん酸は前述のように、移動性が少ないことやりん酸固定などのため、牧草に対する影響は明らかでなかった。またふん周の牧草への影響は、放出成分が土壌中に広がる範囲より30cmほど大きくなる場合があり、牧草根の横への伸長によるものと思われた。

このように排泄ふんに由来する肥料成分を吸収した牧草は、長期間にわかって家畜が忌避し、採食されないため、その養分は排ふん地点より他へ移動することがなく、結局は局所的に集積することになる。この実験条件で、1回当たり排ふん量2kgとし、排ふん地点面積を0.05m²とすれば、その地点では10a当たりおよそ窒素100kg、りん酸60kg、カリ15kgに相当する濃度で局所的に集積する計算となる。

以上、排ふん現象を3要素成分の流れとして考察してきたが、これらの結果は、草地管理上決し

で有利な現象とはいえない。現在、それを回避する手段として、実際には一部でチェーンハローなどによるふんの拡散が行なわれる程度であるが、大規模な放牧地などでは、労力的にも容易でない。今後ふんの分解や窒素揮散の実態など、排泄地点の検討やその分布様式などに基づく定量的評価を行ない、放牧地の地力維持や施肥合理化を図るべきであろう。

V 摘 要

放牧家畜の排泄ふん尿が、草地の地力維持や施肥管理上、いかに評価すべきかを知る一段階として、排ふん地点における3要素成分の移行について検討し、つぎのような知見を得た。

1. 排泄直後の新鮮なふんは窒素やりん酸では、水溶性部分に乏しく、カリでは絶対量は少ないが、そのほとんどが水溶性であった。水溶性部分は、容易に放出するが、日数経過とともにふんが乾燥固化するため、肥料成分の放出、とくに30～40日目以降は、ふんの分解に伴って徐々に進むものと思われた。
2. ふんから放出された肥料成分の土壌中への移行状況はつぎのとおりであった。すなわち、窒素では、放出量が少ないため、主にふん直下の表土で硝酸態窒素が増加し、りん酸ではやや放出量が多いが、土壌表層で固定される量も多く、30～40日目以降、表土における25%酢酸可溶性りん酸がやや増加した。カリは排ふん後の初期には水溶性、20日目以降は置換性カリの増加となって検出され、比較的下層まで移行した。なお、ふんに由来するカリは、未墾地土壌中のカリよりも移動性に富むものであった。
3. 排ふん地点の牧草は、窒素とカリの含有率が高かった。これらの傾向は、排ふん直後よりも、ふんの分解が進んだ数10日後により大きい濃度差となってあらわれた。

文 献

- 1) DAVIDSON, R. L., 1964: Theoretical aspects of nitrogen economy in grazing experiments. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 19, 273-280.

- 2) DOAK, B. W., 1952: Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pasture. *J. Agric. Sci.*, 42, 162-171.
- 3) 早川康夫・橋本久夫, 1961: 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5報, 牧草地土壌としての特性発現過程と窒素, 磷酸, 加里の供給力について, 道農試集, 7, 16-34.
- 4) ———, 奥村純一, 1961: 根釧地方火山灰土壌中における磷酸の行動: 第2報, 可給態無機磷について, 道農試集, 8, 13-23.
- 5) ———, ———, 1964: 根釧地方の牧野改良: 第4報, 放牧による土壌成分の偏倚, 道農試集, 14, 47-55.
- 6) ———, 佐藤康夫・宮下昭光, 1968: 永年放牧草地の特性と管理, 第1報, 放牧家畜の種類による利用率と地力の片寄り, 北農試集報, 93, 67-77.
- 7) 平山秀介・吉田 悟・茂野 保, 1966: 排糞周囲不食草面積の変遷と排糞処理効果, 北農, 33, 8, 42-46.
- 8) 広田秀憲, 1966: ニュージーランドの草地農業: 106-109, 畑地農業研究会, 東京.
- 9) LOTERO, J., W. W. WOODHOUSE, Jr., & R. G. PETERSEN, 1966: Local effect on fertility of urine voided by grazing cattle. *Agron. J.* 58, 262-265.
- 10) 奥村純一・袴田共之・能勢 公, 1967: 放牧草地における牛～土～草の成分輪廻, 第1報, ふん尿還元による加里の行動, 日草誌13, 別号 37.
- 11) PETERSEN, R. G., W. W. WOODHOUSE, Jr., & H. L. LUCAS, 1956-a: The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretal distribution. *Agron. J.* 48, 440-444.
- 12) ———, ———, 1956-b: The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: II. Effect of returned excreta on the residual concentration of some fertilizer elements. *Agron. J.* 48, 444-449.
- 13) 高野信雄ほか, 1969: 不食過繁地の生成要因とその抑圧に関する研究, 第1報, 放牧強度と掃除刈りの影響, 北農試集報, 94, 73-78.

Summary

The release and transfer of nitrogen, phosphate, and potassium from cattle dung to plant and soil was studied in order to evaluate the effects of excrement or dung of cattle on plant growth and composition on pasture management and on soil fertility.

Fresh dung contained relatively high levels of water soluble fraction of N-P-K which was released rapidly. In contrast, 30-40 days dung released N-P-K slowly. Potassium, mostly in the water soluble fraction, was easily released

and leached into the deeper soil layers. However in dried dung, the potassium was retained and was released slowly for three months. Water soluble fractions of nitrogen and phosphate were lower, their release resulting from dung decomposition. Most of the nitrogen and phosphate that was released did not leach into the lower soil, but was retained in the surface soil layer immediately beneath the dung pile.

Forms of N-P-K in the soil after release : nitrogen was mostly as nitrate ; after 30-40 days the soil phosphate was rich in 2.5% acetic acid soluble form ; and potassium was first in water soluble and then in exchangeable form. Potassium was much exchangeable on the soil under dung than on virgin soil.

Forage growing at the dung patches contained much higher levels of N and K.