

火山灰草地における施肥管理が草地の 経年変化に及ぼす影響*

大村 邦男 ** 木曾 誠二 *** 赤城 仰哉****

火山灰草地で15年間にわたり三要素試験を行った結果、三要素区では試験開始当初は安定した高い生産性を示したが、年次の経過に伴いマメ科牧草の減少がみられ、5年目以降減収傾向が認められた。この原因は、土壤養分環境の悪化によるもので、石灰、苦土の追肥を行った改善試験では草勢の回復が認められた。無窒素区では土壤養分含量の低下が少なく、三要素区並みの収量を示し、牧草の成分含有率及び植生の推移も安定していた。一方、無りん酸区、無カリ区では土壤養分の欠乏が著しく、牧草体成分含有率の低下と植生の悪化に伴う減収が認められた。特に、カリ欠除によるマメ科牧草の衰退は著しく、生産性の低い草種への変遷が明らかであった。以上のことから、根刈火山灰草地で長期間安定生産を保つためには、マメ科牧草の維持を図ることが重要であり、そのためには、りん酸、カリに加えて石灰、苦土を一定水準に保つ施肥管理を行う必要がある。

緒 言

草地の特徴の一つとして、は種後はほとんど耕起されることがなく、長年にわたって利用されることである。このような利用形態がもたらす結果として、機械走行や放牧、牧草根系の作用に伴う土壤の理化学性の変化を受ける。また、維持段階における施肥肥料は、表面にまかれるため、表層土壤の化学性は肥料の性質に左右され易く、特定の土壤養分の集積あるいは溶脱によって土壤の化学性に偏りを生ずるものとみられる。

土壤の化学性は、草地の生産性を規制する因子として大きな位置を占めており、施肥管理が植生の変遷に影響を及ぼし、草地の生産性に変化をもたらすことが知られている。当火山灰地帯においても、開墾当初は比較的地力に恵まれているものの、年次の経過に伴って急速に生産力が低下する

ことが知られており¹⁾、草地生産性の永年維持を図るためには、まず、牧草生産と土壤の養分環境との関連についてその内容を把握しておく必要があるものと考えられる。そのためには、管理来歴が明らかな草地において長期にわたる経年変化を観察することが望ましい。しかしながら、草地生産性の永年維持が唱えられて久しいわりには、人工草地での長期間にわたる試験事例はほとんど見当らず、既往の成績では、野草地または管理内容の異なる新旧草地の比較を行なっている場合^{2,3)}が多く、牧草生育と土壤養分環境との関連については必ずしも明らかではない。

本試験は開墾後40年余を経過した根刈農試圃場の黒色火山性土において、1967年に草地造成を行なった後、一定の栽培管理条件の下で1981年までの15年間にわたって三要素試験を実施した。その結果、施肥管理の違いが牧草生育及び草地土壤に与える影響が明らかになった。さらに、三要素区における収量低下をもたらす要因が確かめられるとともに、その改善対策の指針が見出されたので併せて報告する。

* 本報の一部は、1978年日本土壤肥料学会北海道支部会で発表した。

** 北海道立根刈農業試験場（現北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町）

*** 北海道立根刈農業試験場（086-11 標津郡中標津町）

**** 北海道立根刈農業試験場（現三菱化成工業株式会社、060 札幌市中央区）

試験方法

試験—1 牧草三要素試験

根釧農試の場内圃場（黒色火山性土）に1967年6月草地を造成した。草種はチモシー、オーチャードグラス、アカクロバ、ラジノクロバの4種混播とし、各々10a当り0.5kg, 0.75kg, 0.5kg, 0.25kg播種した。造成時における施肥量は、土改材として炭カルを10a当り120kg施用し、N, P₂O₅, K₂Oを硫酸、過石・ようりん、硫酸ににて各々要素量で10a当り3kg, 8kg, 6kg共通施用した。また、2年目以降の追肥はN, P₂O₅, K₂Oを硫酸、過石、硫酸ににて各々要素量で年間に10a当り9kg, 15kg, 24kgとし、早春及び1番草、2番草の刈取り直後の3回に均等分施した。刈取りは、造成年は掃除刈りを兼ねて9月30日、2年目は6月27日と8月20日の年2回、3年目以降は主体草種であるオーチャードグラスの生育ステージに合わせて6月14日～6月19日、7月29日～8月3日、9月7日～9月27日の各期間に行ない年3回刈りとした。施肥処理は2年目から行ない、三要素（3F）区、無窒素（-N）区、無リン酸（-P）区、無カリ（-K）区、無肥料（-F）区の5区を設けた。各区の面積は40m²（5m×8m）である。供試土壌の採取は0～10cmの層位とし、3年目、5年目、7年目、9年目、11年目、15年目に行なった。また、10年目には養分の垂直分布をみるために、0～2cm, 2～5cm, 5～10cm, 10～20cmの各層位に分けて採取し、分析に供した。なお、土壌及び牧草体の分析法は常法とし、文献りに示す方法によって行なった。

試験—2 三要素区に対する施肥改善試験

上記試験の三要素区を分割して石灰、苦土の追肥試験を行なった。まず、11年目～13年目に三要

素区を2つに分け、一方を従来の三要素（N, P₂O₅, K₂O施用）とし、他方の区には早春に石灰及び苦土の追肥を行なった。施肥量は石灰を炭カルで10a当り120kg, 苦土を硫マグで要素量として6kg施用した。施肥は11年目に石灰と苦土を併用し、2年目（12年目）以降は苦土のみを追肥した（表—1）。

表—1 施肥改善試験（試験—2）の処理

区	年	11	12	13
3F慣行区		3F	3F	3F
改善区		3F+Ca, Mg	3F+Mg	3F+Mg

区	年	14	15	16
3F慣行区		3F	3F	3F
改善区		3F+Ca, Mg	3F+Mg	3F+Mg
		3F+Ca	3F	3F
		3F+Mg	3F+Mg	3F+Mg

注）3F（N, P₂O₅, K₂O施肥）

また、14年目～16年目にかけて三要素区を4つに分け、三要素慣行（3F）区、石灰・苦土併用（3F+Ca, Mg）区、石灰併用（3F+Ca）区、苦土併用（3F+Mg）区の4区とし、追肥成分の単独効果についても検討した。施肥量は上述と同様で施肥設計は表—1に示すとおりである。

なお、改善試験における調査は試験—1に準じて行なった。

試験結果

1. 牧草三要素試験の経過

(1) 牧草収量の推移

牧草の年間乾物収量の推移（表—2、図—1、）

表—2 年間乾物収量

(kg/10a)

年次 (年)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2～15年 平均値	2～15年の 回帰式
処理	(1967)	(1968)	(1969)	(1970)	(1971)	(1972)	(1973)	(1974)	(1975)	(1976)	(1977)	(1978)	(1979)	(1980)	(1981)		
3 F	294	762	936	985	763	838	812	688	652	832	615	737	597	490	580	738	$y = 968 - 27x$
- N	166	835	890	901	810	857	838	563	604	880	701	798	667	818	773	781	$y = 863 - 10x$
- P	156	662	761	685	445	494	335	316	211	249	147	201	77	25	56	337	$y = 811 - 56x$
- K	148	246	259	244	149	81	30	75	51	77	26	39	14	49	66	101	$y = 243 - 17x$
- F	265	462	258	188	70	45	29	45	31	48	18	40	13	18	28	92	$y = 282 - 22x$

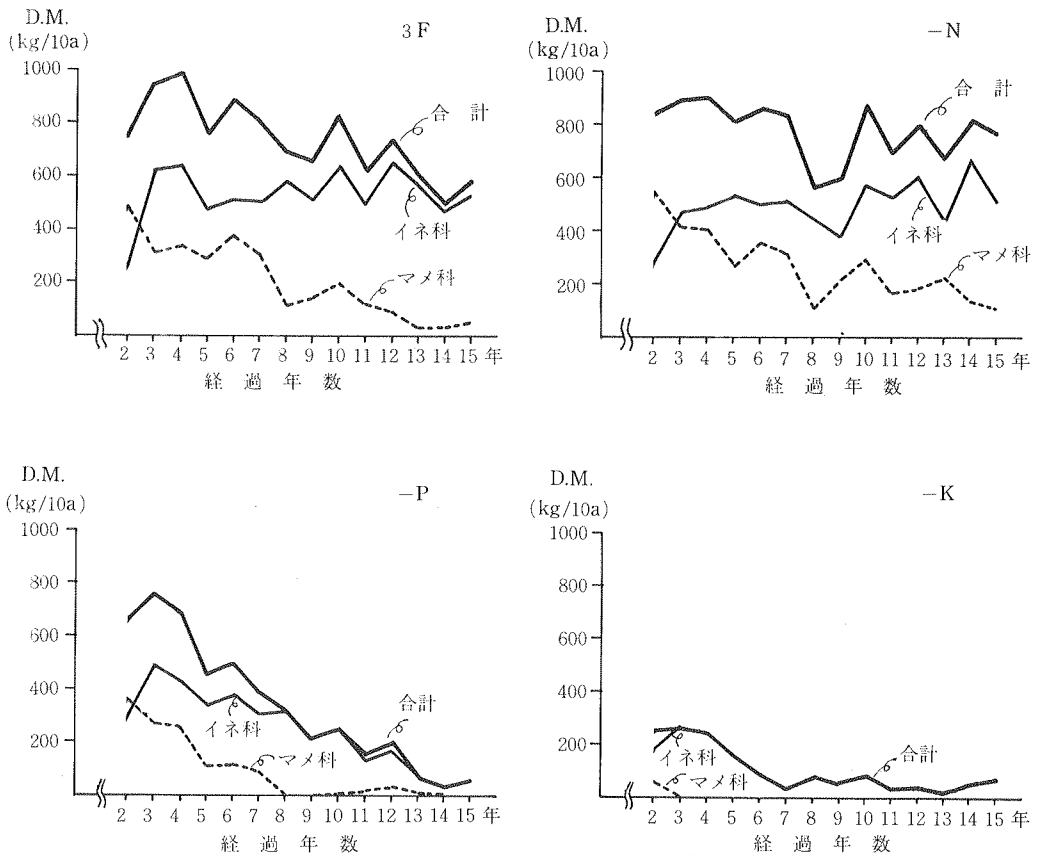


図-1 年間乾物収量の推移

にはそれぞれの施肥処理に伴う特徴が認められたので以下に記す。

三要素区(以下3 F区)は、3～4年目に900kgを越える高い収量水準を示したが、5年目以降減収傾向がみられ、8年目以降その傾向がより一層明らかとなった。これを草種別にみると、イネ科牧草では500～600kgのはぼ一定した収量水準が維持されていたのに対して、マメ科牧草では2年目をピークに減少する傾向がみられ、その推移は合計収量に対応していた。このことは、収量構成上マメ科牧草のもつ役割りが大きいことを示唆した。

無窒素区(以下-N区)は、一時的に減収を示す場合もみられたが全般に高い収量水準にあり、14年間の平均収量では3 F区を上回った。特に、3 F区に比べてマメ科牧草の収量水準は高く、10年目以降でも約200kgを示した。無りん酸区(以下

-P区)は4年目までは3 F区の約8割の収量水準にあったが、5年目以降イネ科牧草、マメ科牧草の両草種の減収が明らかであり、経年化に伴う減収割合は収量回帰式の傾きに示される(表-2)ように欠除区中最も大きかった。なかでも、マメ科牧草の減収は著しく8年目ではほぼ消滅した。このような収量推移は根室管内の草地実態調査の結果に類似しており、低収化要因の一つとして土壌りん酸の不足が指摘された⁵⁾ことと一致する。無カリ区(以下-K区)は試験開始当初から低収で、2～5年目においても3 F区の2～3割の低い収量水準を示し、その後は無肥料区(以下-F区)並の低収で推移した。なお、-F区では前年まで行っていた三要素施肥による輪作試験の残効がみられたことから、試験開始当初は-K区よりも高い収量水準にあったが、3年目以降は最も低い収量で推移した。

以上、草地の経年化に伴う収量推移は、3 F区、-P区で5年目以降、-K区では2年目から明らかに低下した。これに対して、-N区は一時的に減収を示す場合もみられたが、15年間にわたってほぼ一定の収量水準で推移するとともに三要素区並の収量を示した。

(2) 植生の変遷

造成時にチモシー、オーチャードグラス、アカクロバ、ラジノクロバの4草種を播種したが、植生は年次の経過とともに変化した(図-2)。すなわち、イネ科牧草は2年目の2番草からオーチャードグラスが主体を占め、チモシーはオーチャードグラスの生育が抑制された-P区、-K区、-F区で少量残っているにすぎなかった。また、マメ科牧草はアカクロバが3-4年目で消滅し、3年目以降はラジノクロバが主体を成した。

各処理区ごとにその特徴をみると、3 F区は7年目までオーチャードグラス、ラジノクロバの2草種で占められる安定した植生推移を示した。しかし、8年目以降にマメ科牧草が減少し、12年目以降はマメ科割合が20%以下となり、これに代

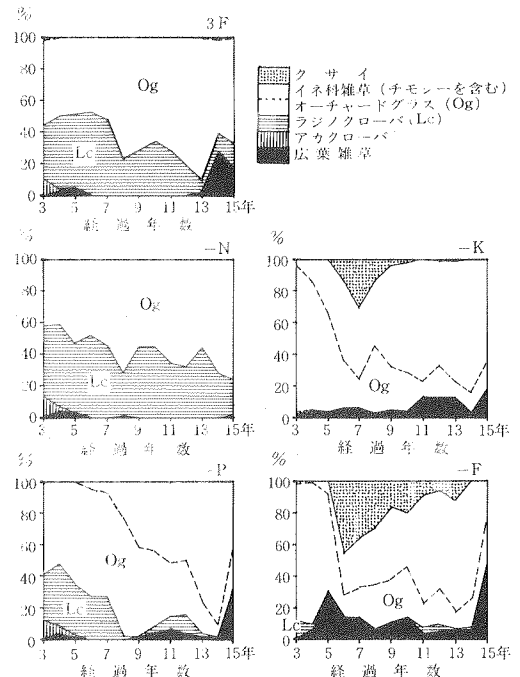


図-2 植生の推移(1番草)

表-3 相 対 優 占 率 (SDR₃%)

(15年目草地、1番草)

区	草種	ク サ イ	イネ科雑草			チ モ シ ー	オー チャード グラス	ラ ジ ノ ク ロ ー バ	広 葉 雑 草			ス ギ ゴ ケ	裸 地
			ケン タツ キ	ブル ー グ ラ ス	レ ッド ト ッ プ				ヒ メ ス イ バ	タン ポ ポ	そ の 他		
3 F		5	4				40	19	19				12
-N		—					45	54			—		1
-P					50		20	3	9			1	18
-K		4	46	11	7		13		1				18
-F		15	11	9	9		12	5	3	7	1	6	22

って広葉雑草(ヒメスイバ)の侵入が著しく、15年目に行なった植生調査(表-3)の結果、その相対優占率SDR₃は19%を占めた。これに対して、-N区では15年目のSDR₃は、オーチャードグラスとラジノクロバがほぼ半分を占める構成比を示し、長期間にわたって安定した植生で推移した。-P区は7年目までは3 F区と同様の植生であったが、8年目にマメ科牧草がほぼ消滅した後、これに代って雑草等の侵入がみられ、その中でイ

ネ科牧草はレッドトップが、また、広葉雑草ではヒメスイバが主体を成し、前者は15年目のSDR₃で50%を占めた。-K区は3年目でマメ科牧草が消滅するとともにオーチャードグラスの衰退も認められ、6年目以降は不良イネ科草の侵入が著しく、その大部分はケンタッキブルーグラスで15年目にはSDR₃で46%を占めた。また、6-9年目にかけてはイグサ科雑草であるクサイの発生が認められた。このように、-P区、-K区では生産性

の低い草種への変遷が明らかであった。-F区の植生推移は-K区に類似しており、6～10年目においてクサイが大量に繁茂したのを除くと特定の草種が優占することではなく、15年目のSDR₃にみられるように多種類の雑草が認められた。また、一部にスギゴケの群落もみられるなど荒廃化の様相を呈した。

以上、施肥処理に伴う植生の変遷は大きく、2つのタイプに分けられた。一つは、3 F区、-N区のように比較的長期にわたって造成時には種された2草種で占められる場合、もう一つは-P区、-K区のように土壤養分環境に適合した生産性の低い草種へと変遷する場合である。なお、上述の植生変化は、草種の永続性及び施肥反応の違いとともに、3年目以降の刈取りが3回行なわれたため、再生力が劣る草種の衰退が早められたことも影響していると考えられた。

(3) 牧草体成分含有率の経年変化

牧草体成分含有率はイネ科牧草、マメ科牧草の各主体草種であるオーチャードグラス、ラジノクロバについて示した。なお、土壤養分の違いは生育量の多い1番草において大きく反映するのが一般的であるが、当試験圃では年によってオーチャードグラスに冬損の影響がみられ収量変動が大

きかったことから、収量が最も安定していた2番草についてその含有率の経年変化をみるととした(図-3)。N含有率は3 F区、-N区ともにイネ科牧草、マメ科牧草の両草種で同じような傾向を示した。すなわち、両方とも年次による変動はみられたがほぼ一定の水準を維持しており、-N区においてもN含有率が15年間をとおして3 F区並の値であった。このことは、混播草地でマメ科牧草の割合が一定程度保たれている場合には牧草体N含有率が安定していることを示唆した。 P_2O_5 含有率は3 F区で経年変化に伴い緩慢な低下傾向がみられたのに対し、-P区では試験開始当初から低い値を示した。また、牧草の草丈は低く、葉色が濃緑色を呈し、典型的なりん酸欠乏の症状を表わした。すなわち、りん酸不足の影響は牧草収量の減少となって表われる前に、牧草体 P_2O_5 含有率に反映するものとみられた。 K_2O 含有率は3 F区ではほぼ一定の水準を示し、施肥により長期にわたる維持が可能であることを表わした。これに対して、-K区の K_2O 含有率は試験開始当初から著しく低い値を示すとともにカリ欠乏症が明らかに認められた。このように、カリ不足は牧草収量の減少とほぼ時を同じくして牧草体 K_2O 含有率の低下をもたらした。

一方、造成時に降追肥されなかった石灰、苦土についてみると、牧草体CaO含有率はイネ科牧草では経年変化が判断としなかったが、マメ科牧草では低下傾向が明らかとなった。また、MgO含有率はイネ科牧草、マメ科牧草ともに経年化するにつれて低下する傾向が認められた。このことは、当地方の草地で牧草の正常な生育を維持するためには、窒素、りん酸、カリの三要素だけでなく、石灰、苦土の補給が必要であることを示した。

以上、3 F区では牧草体の P_2O_5 、CaO、MgOの各含有率に経年変化が認められ、なかでもMgO含有率の低下が著しかった。また、窒素欠乏による影響はほとんどみられず、イネ科牧草においてもマメ科牧草からの移稈窒素によってN含有率が補償されるものと考えられた。これに対して、りん酸、カリを欠乏した場合には試験開始当初から含有率の著しい低下が認められた。

(4) 土壌化学性の経年変化

土壌の経年変化については、火山灰草地で特に問題となる化学性を中心にとりあげ、その特徴を

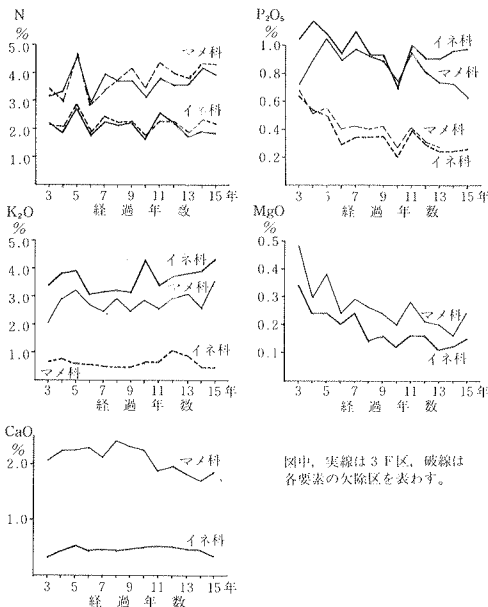


図-3 牧草体成分含有率の推移(2番草)

述べる(表-4)。3 F区では経年化に伴う土壌pHの低下が認められ、15年目には4.7の著しく低い値を示し酸性化現象が明らかであった。牧草収

表-4 土壌化学性の経年変化(0~10cm)

		(mg/100g)					
区	年次 (年)	3 (1969)	5 (1971)	7 (1973)	9 (1975)	11 (1977)	15 (1981)
3 F	pH	6.1	5.9	5.4	4.9	5.2	4.7
	0.2N-HCl P ₂ O ₅	23.6	38.0	38.2	46.8	60.9	78.0
	Ex- K ₂ O	7.4	7.6	11.4	8.9	6.7	14.7
	Ex- CaO	412	218	183	67	72	47
	Ex- MgO	7.8	4.3	4.2	2.5	1.8	2.0
-N	pH	6.1	6.3	6.0	5.8	6.2	5.8
	Ex- CaO	417	403	379	354	207	230
-P	0.2N-HCl P ₂ O ₅	10.3	12.1	7.5	5.8	6.3	7.2
-K	Ex- K ₂ O	4.3	4.8	4.8	1.6	1.5	3.5

量を上回る施肥が行なわれたりん酸は蓄積傾向を、また、収量とほぼ同量の施肥を行っていたカリは低い値ではあったが一定の水準を保った。これに対して、造成後追肥されなかった石灰、苦土は経年化に伴う減少が明らかであった。すなわち、9年目以降では置換性石灰が100mg以下に、また、置換性苦土は3mg以下を示した。この値は以前に行なった試験^{7,8)}の結果からみて、牧草

生育に悪影響をもたらすほどの低い値であると考えられた。-N区では牧草による養分収量が3 F区とほぼ同等であったが、3 F区に比べると経年化に伴う土壌の酸性化及び石灰含量の低下は小さかった。このような差は窒素施肥の有無によるものとみられ、生理的酸性肥料の連用が土壌塩基含量に大きな影響をもたらすことを示唆した。-P区、-K区では各欠除養分が短期間のうちに著しく低い値を示しており、当地方の土壌がこれら養分の天然供給量に乏しいことが裏付けられた。

また、草地の経年化に伴う土壌養分の分布の特徴をみるために10年目跡地について養分の垂直分布を調べた(図-4、図-5)。pHの変化は表層ほど顕著で施肥に伴う石灰溶脱が著しいことを反映した。その低下割合は、3 F区、-P区、-K区で大きく、施肥による影響が10cmの下層にまで及んでいることが示された。施肥による直接の影響を受けないT-Cは各区とも表層部位0-2cmにおける集積が認められ、その値は各々の牧草生育量に対応した-N、3 F>-P>-K、-Fの順に多い傾向となった。これは牧草根の分布と対応することから、主として牧草根系の堆積によるものと思われ、年次の経過に伴って多くなる⁹⁾ものとみられた。T-Cと関連の深いT-NはT-C

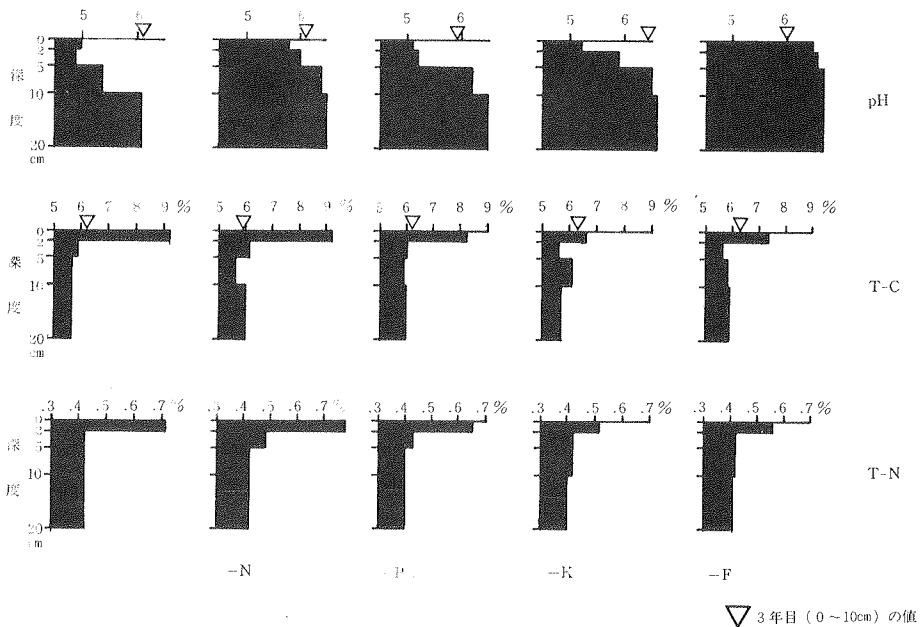


図-4 施肥処理が土壌のpH、T-C、T-Nに及ぼす影響(10年目跡地)

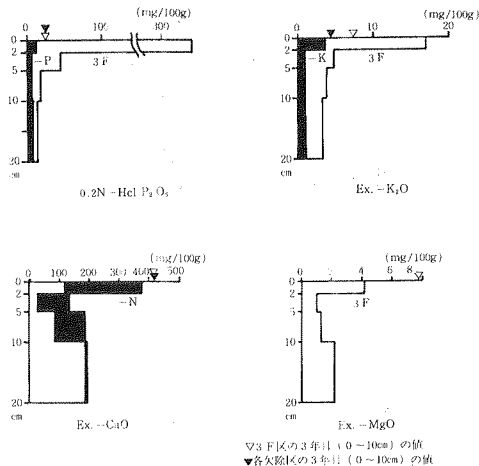


図-5 土壌養分含量の層別分布(10年目跡地)

と同様の傾向を示した。なかでも、-N区では長年にわたって窒素を欠除してきたにもかかわらず3 F区並の値を表わした。

次に、施肥による直接の影響が考えられるりん酸及び各塩基類については3 F区を中心に述べることにする。表層の養分集積は $P_2O_5 > K_2O > MgO > CaO$ の順に大きく、りん酸の集積が顕著で石灰の移動が大きいことを表わした。特に、りん酸の分布は0-2 cmのごく表層に限られ、下層への移動はほとんど認められなかった。カリは集積層(0-2 cm)で高い値を示したが、下層では低く特にカリ欠除区で著しいことから牧草による下層からの収奪が大きいものと思われた。石灰、

苦土は集積層における値も小さく、2-10 cmの中間層での低下が著しかった。このことは、表層で養分が不足する場合には牧草による養分収奪の影響が下層にまで及ぶことを表わした。なお、石灰含量は3 F区と-N区で異なる傾向を示しており、施肥の有無が石灰の土層内分布にまで影響を及ぼしていることが認められた。

以上、各要素欠除区においてはいずれも草地の経年化に伴うその養分の低下が明らかであり、土壌養分を適正な水準に維持するためにはりん酸、カリ及び石灰、苦土の補給が不可欠であることが示された。また、土壌養分の垂直分布は牧草根による養分吸収と施肥に伴う溶脱の影響を強く受けることを表わした。

2. 石灰、苦土追肥による施肥改善試験

試験-1の3 F区では10年目以降の減収が明らかであった。この原因としては牧草の成分含有率及び土壌養分含量の経年推移からみて、土壌の石灰、苦土の不足が考えられた。そこで、本試験では炭カル、硫マグを追肥することにより牧草生育の回復と植生の安定化を狙った。なお、石灰追肥は11年目と14年目に行ない、他の年はその残効をみることにした。一方、苦土追肥は毎春行ない、その連用効果についてみたものである。

三要素慣行区(以後3 F区)では10年目以降の減収が大きく、高収であった3-4年目収量の5-6割まで収量が低下した。これに対して三要素に石灰、苦土併用を行なった施肥改善区では、3

表-5 施肥改善に伴う牧草乾物収量の推移

		(kg/10a)					
処 理	草 種	年 次 (年)					
		11 (1977)	12 (1978)	13 (1979)	14 (1980)	15 (1981)	16 (1982)
3 F	イネ科	494	646	564	464	527	557
	マメ科	121	91	33	27	53	42
	計	615	737	597	491	580	599
3 F+Ca,Mg	イネ科	578	686	758	566	764	631
	マメ科	114	235	126	189	136	271
	計	692	921	884	755	900	902
3 F+Ca	イネ科				458	654	743
	マメ科				62	110	145
	計				520	764	888
3 F+Mg	イネ科				641	797	778
	マメ科				52	50	71
	計				693	847	849

—4年目収量の8—9割の収量を示し回復現象が明らかであった(表—5)。これを草種別にみると、改善区におけるマメ科牧草の著しい草勢回復が全体収量の向上に大きな影響をもたらしていることがわかった。すなわち、混播草地において安定した収量を維持するうえでマメ科牧草の果す役割の重要性が示された。また、施肥改善による牧草体成分含有率の向上はイネ科牧草、マメ科牧草の両草種で明らかであった(図—6、図—7)。石灰施

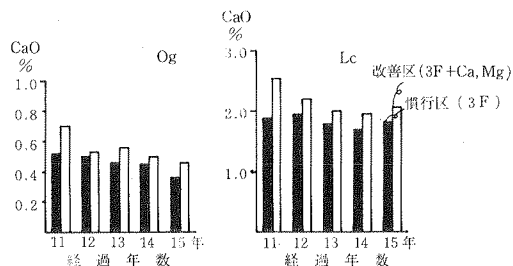


図-6 石灰追肥による牧草体石灰含有率の変化(2番草)

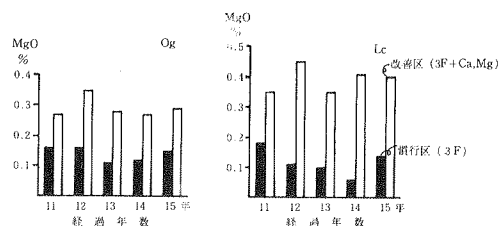


図-7 苦土追肥による牧草体苦土含有率の変化(2番草)

用が牧草のCaO含有率上昇に及ぼす効果は、初めて追肥を行なった年(11年目)で明らかであったが、翌年以降の上昇割合は追肥初年目ほど大きくはなかった。これに対して、苦土連用による牧草のMgO含有率の上昇は著しく、各年とも改善区は3F区の数倍の値を示しており、土壌中の苦土不足が著しいことが認められた。

また、14年目以降設定した三要素+石灰併用区(以後3F+Ca区)、三要素+苦土併用区(以後3F+Mg区)においては各々の区で特徴がみられた。3F+Ca区では主としてマメ科牧草の草勢回復が認められたのに対して、3F+Mg区ではイネ科牧草の増収効果が明らかであり、石灰と苦土ではその施用効果の内容が異なるものとみられた。

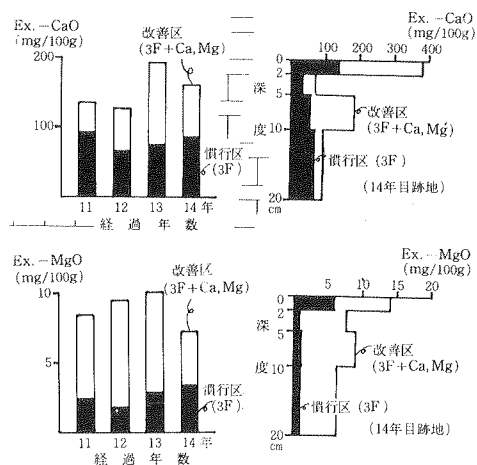


図-8 施肥改善による土壌養分含量(0—5cm)の変化及びその分布

なお、跡地土壌の石灰、苦土含量及びその分布は施肥処理に対応した傾向を示し(図—8)、施肥改善による土壌養分の向上が認められた。

以上の結果から、三要素のみの施肥来歴を持ち、マメ科牧草が衰退し、低収化した経年草地に対して石灰、苦土の追肥を行なった場合、牧草の石灰、苦土含有率を高め、マメ科率の著しい向上とともに草勢全般の回復がもたらされるものとみられた。

考 察

根釧地方の採草用草地では造成後4—5年目までは安定した生産性を示すが、6—7年目を境にしてその後減収する傾向が認められる。このような経年化に伴う生産性の低下をもたらす要因の一つとして土壌環境の悪化が考えられる。このうち、土壌の理学的性の変化については、草地の経年化に伴う有機物集積、土壌の堅密化による通気性不良が、有害物質の生成、微生物活動の抑制をもたらすといわれている^{2,9,10,11,12}。しかし、火山灰草地においては土壌の理学的性の悪化が直接牧草生産に悪影響をもたらすとする明確な成績には乏しく不明な点が多い。一方、土壌の化学性に関しては、これが牧草生育に及ぼす影響は明きらかで、本試験においても牧草の収量、含有率、植生の変遷と土壌養分含量との間に関連性が認められた(図—9)。

窒素、りん酸、カリを連用した標準施肥の3F

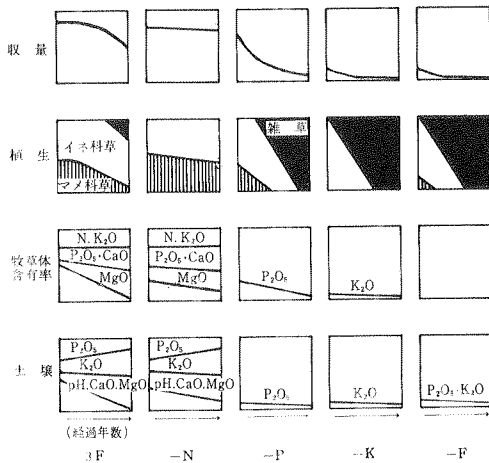


図-9 草地の経年変化の模式図

区で、5年目以降牧草収量が減少し、8年目以降減収が明らかになった。このような収量の経年推移はマメ科牧草の生育量にほぼ対応することから、マメ科牧草の衰退をもたらす要因に基づくものと思われた。この要因は、牧草体成分含有率及び植生と土壌の化学性との関連から、土壌の酸性化及び石灰、苦土の不足が考えられた。その結果、経年化に伴うマメ科牧草の衰退とそれに代る好酸性植物であるヒメズイバの侵入をもたらすとともに、牧草体成分含有率の低下を招いたものと思われる。

牧草の正常な生育を維持するために必要な土壌の苦土含量は置換性苦土 (MgO) で10mg 以上であり、5 mg 以下では減収傾向が認められている⁷⁾。本試験の土壌苦土含量の経年推移をみると、5年目以降 5 mg 以下を示し、さらに、11年目以降は 2 mg 以下のごく低い苦土含量となった。すなわち、牧草の収量推移、MgO 含有率の変化は土壌の苦土含量を反映した結果を表わしており、経年化に伴う収量低下が土壌苦土の不足に基づくものと考えられた。マメ科牧草はイネ科牧草に比べて土壌の苦土含量の低下に対して敏感な反応を示し、ごく低苦土壌では枯死するものがみられることが指摘されている⁷⁾。本試験の11年目以降におけるマメ科牧草の急速な衰退は土壌苦土含量の著しい低下と関連があるものと思われ、苦土不足が、草地の植生変遷に影響をもたらすことを示唆した。

また、経年化に伴う表層土壌の石灰含量の著し

らかな減収を示すのは置換性石灰 CaO で30mg 以下の極低石灰土壌の場合に限られる⁸⁾。しかし、好石灰植物であるマメ科牧草では土壌の石灰含量の減少に対する反応も敏感であると考えられる。本試験でも土壌の石灰含量が100mg 以下となった9年目以降にマメ科牧草の CaO 含有率の低下が明らかとなり、さらに低い水準となった11年目以降にはマメ科牧草が減収傾向を示した。これに対しイネ科牧草では石灰含量が50mg 以下となった15年目で牧草体 CaO 含有率がやや低下したのみで、土壌の石灰含量の減少に対する反応はマメ科牧草に比べて鈍く、草種によって低石灰土壌に対する反応に差が認められた。なお、石灰含量の減少に伴って土壌の酸性化も進行するが、マメ科牧草の生育は pH よりも土壌の石灰含量との間に密接な関係があるといわれており¹⁰⁾、草地の植生を安定に保つためには石灰の補給が重要な意味をもつものと考えられた。

灰の補給が重要な意味をもつものと考えられた。

施肥改善試験の結果から、経年草地に対する石灰、苦土追肥の効果が認められ、苦土追肥による牧草体 MgO 含有率の向上とイネ科牧草の増収、石灰追肥によるマメ科牧草の草勢回復が明らかであった。すなわち、3 F区における経年化に伴う減収、牧草体成分含有率の低下及び植生の悪化をもたらした要因の一つとして、土壌の石灰、苦土の不足が関与していることが裏付けられた。

なお、経年化に伴って土壌のりん酸含量は増加したが、牧草体 P_2O_5 含有率は低下する傾向を示した。この原因としては、表層土壌の酸性化が著しいこと、また、牧草根の生理的な活性の低下などが推測されたがさらに詳細な検討を要するものとする。

マメ科牧草の適正維持については、草地の生産性及び土壌肥沃度の面からその重要性が指摘されているが、本試験でもこれらの点が明らかにされた。-N区では15年間にわたる窒素欠除にもかかわらず、牧草の収量及びN含有率は3 F区並の値を示した。その上、雑草の侵入はほとんどみられず、15年経過後もオーチャードグラスとラジノクローバで占められ、3 F区よりも安定的に植生が維持された。したがって、一定程度のマメ科割合を維持することで混播イネ科牧草に対する窒素供給が円滑に行なわれるものとみられ、長期的に安

定した生産性が確保できるものと思われた。

りん酸、カリ欠除による牧草の減収と各成分含有率の低下は顕著で、植生は生産性の低い草種への移行が認められた。りん酸欠除の影響は初めは牧草体 P_2O_5 含有率の低下となって表われ、その後徐々に植生の悪化、収量の低下へと進行する。これに対しカリ欠除では試験開始当初から植生の変化が著しく、生産性の低下が急速に進行した。このように植生の悪化が著しい場合には、その後の施肥管理による生産性の回復は困難であり、りん酸、カリの不足は草地の荒廃化現象を助長するものと考えられた。なお、りん酸、カリを欠除した場合の侵入雑草は各々種を異にしており、低りん酸、低カリ土壤に対する適応性の高い草種が優占する傾向がみられた。

草地の経年化に伴う土壤の化学性の変化で特徴的なことは、養分の集積と溶脱が¹⁴⁾あげられる。ごく表層における養分の集積は T-C、T-N をはじめりん酸、カリで認められ、逆にその下層部での低下が著しかった。これは施肥が表面に行なわれることと牧草根による旺盛な吸収作用に基づく¹⁵⁾ものと推察された。特に、りん酸は下層への移動がほとんどないことから、経年化に伴いごく表層に蓄積されてゆくが、酸性化が進行した場合には、牧草のりん酸吸収が阻害されることも懸念された。一方、施肥に伴う養分の溶脱^{14), 16)}は生理的酸性肥料を運用した区で明らかであった。牧草の養分収収量がほぼ同じである 3 F 区と -N 区との比較で跡地土壤の石灰含量及びその層別分布には大きな差がみられ、施肥アニオンによる塩基の溶脱の著しいことが示された。

以上、根釧火山灰草地で安定した生産性を得るうえで、マメ科牧草のもつ役割は重要であり、マメ科牧草を維持するためにはりん酸、カリに加えて石灰、苦土を一定水準に保つ施肥管理が必要と考えられた。

謝 辞 本試験を遂行するにあたり、御助言をいただいた根釧農試土壤肥料科長、野村琥氏（現札幌市下水道資源公社）、同研究員山口宏氏（現道南農試専門技術員）、同研究員関口久雄氏（現中央農試化学部土壤肥料第1科長）に深く感謝する。また、本稿の御校閲をいただいた道立中央農試化学部長大垣昭一氏、同環境保全部長高尾欽弥氏、道立北見農試土壤肥料科長菊地晃二氏に厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 石塚喜明, 早川康夫, "根釧地方に分布する摩周統火山性土の特性とその地力維持に関する研究, II, 開墾後における地力推移について", 日土肥誌, **25**, 145-153 (1954).
- 2) 沢田泰男, 五十嵐孝典ら, "永年草地における土壤の理化学性の変化", 北海道農試集報, **77**, 68-78 (1962).
- 3) 小原道郎ら, "野草地に対する施肥効果, 1, 肥料要素試験", 畜試研報, **2**, 123-145 (1963).
- 4) 大村邦男, 赤城仰哉, "根釧火山灰草地の施肥法改善, 1, 採草地における土壤と牧草の無機組成の実態", 北農, **48**, 20-37 (1982).
- 5) 北海道立根釧農試土壤肥料科, "草地の低収化の実態とその要因", 昭和48年普及奨励ならびに指導参考事項第II編 北海道農務部, 136-146 (1983).
- 6) 沼田 真, "草地の状態診断に関する研究", 日草誌, **12**, 29-36 (1966).
- 7) 大村邦男, 赤城仰哉, "根釧火山灰草地の施肥法改善, IV, 牧草体苦土欠乏症の発現について", 北農, **49**, 29-42 (1982).
- 8) 大村邦男, 赤城仰哉, "根釧火山灰草地の施肥法改善, V, 土壤中石灰含量が牧草生育におよぼす影響", 北農, **49**, 1-12 (1982).
- 9) 大村邦男, "火山灰草地の経年変化とその問題点", 北海道草地研究会誌, **11**, 3-8 (1977).
- 10) 早川康夫, 橋本久夫, "根釧地方火山灰地における牧草地土壤の理化学的特性とその施肥法に関する試験, V, 牧草地土壤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", 北海道立農試集報, **7**, 16-34 (1961).
- 11) 大崎玄佐雄, 奥村純一, "根圏土壤の理化学性が牧草生育に及ぼす影響, 1, 土壤密度と牧草生育との関係", 北海道立農試集報, **27**, 77-88 (1973).
- 12) 村上 馨, 金子幸司ら, "根釧地域における牧草地の実態調査", 根釧地域総合開発調査報告, 北海道開発局, 1955, p. 1-15.
- 13) 酒井寛一, "生態遺伝学 3", 遺伝, **9**, 73-79 (1976).
- 14) Clenton, E.; Owensby, Kling, L., "Some chemical properties of a silt-loam soil after 20 year's nitrogen and phosphorus fertilization of smooth bromgrass", Soil. Sci. **108**, 24-19 (1969).
- 15) 佐藤辰四郎, "根圏土壤の化学性と牧草生育", 土壤肥料研究通信, **21**, 23-32 (1975).
- 16) 赤城仰哉, "草地の維持管理と更新方式", 北海道草地研究会誌, **14**, 14-22 (1980).

Influences of Manuring Management on Changes in Productivity and Nutritional Environment of Volcanic Ashy Grassland

Kunio OHMURA*, Seiji KISO**, Takashi SEKIJO***

A three elements experiment was carried out on a volcanic ashy grassland to examine the relationship between changes in the productivity and those in the nutritional environment of the land.

In the three elements plots (treated with N, P and K), stable and high grass yields were obtained during the early years of the experiment. However, in subsequent years, the vigor of legumes declined, and this led to a decreasing trend in grass yield in and after the fifth year of the experiment. Since this trend was attributed to possible deficiency of Mg and Ca, these elements were applied to some of these plots. This treatment proved to be effective in recovering grass vigor.

The non-N plots (treated with P and K) showed no significant decrease in soil nutrient contents, offering a stable vegetation with small fluctuations in grass yield and component contents. This suggests that nitrogen application can be reduced by maintaining a stable growth of legumes.

In the non-P and non-K plots, marked deficiency of soil nutrients caused a decline in component contents and a deterioration in grass vegetation, which led to reduction in grass yield. Especially remarkable was a decline in the growth of legumes accompanied by an apparent transition to less productive grass species.

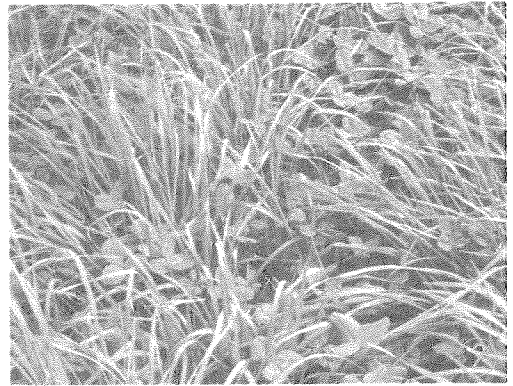
Major changes in soil conditions of the grassland were accumulation of nutrients in the surface layer, acidification of soil from prolonged manuring, and progressed leaching of nutrients.

The results indicate that, in the Konsen region, prolonged and stable grass production on volcanic ashy grasslands requires a long-term maintenance of legumes through a manuring management which can keep not only the contents of P and K but also those of Ca and Mg in the soil at appropriate levels.

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

** Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-11, Japan

*** Mitsubishi Transformation Industry Limited, Chuo, Sapporo, Hokkaido, 060, Japan



写真一① 10年目草地(三要素区)
 写真一② " (無窒素区)
 写真一③ " (無りん酸区)
 写真一④ " (無カリ区)
 写真一⑤ 15年目草地(三要素慣行区)
 写真一⑥ " (三要素改善区)